

Margareta Pecovska - Gjeorgjeviq
Danica Kërstoska
Mimoza Ristova
Oliver Zajkov

Nevenka Andonovska
Mirjana Jonoska
Aleksandar Andonovski
Zora Mitrevska

FIZIKA

Për vitin III të arsimit të mesëm profesional

Shkup, 2011

Recensent:

DR. Bllagoja VELANOSKI, profesor i rregullt në FSHN, UQdheM, Shkup
Zeqirija ZEQRIRI,
Mihail TRENOVSKI

Autor:

Dr. Margareta PECOVSKA-GJORGJEVIQ
Profesoreshë inordinare në FSHN, UQdheM, Shkup
Dr. Danica KËRSTOVSKA, profesoreshë inordinare
në UQdheM, Shkup
Dr. Mimoza RISTOVA profesoreshë ordinare
në UQdheM, Shkup
Dr. Oliver ZAJKOV, profesor inordinar
Në UQdheM, Shkup

Dr. Nevenka ANDONOVSKA profesoreshë
ordinare në UQdheM, Shkup
Dr. Mirjana JONOSKA, profesoreshë ordinare
në UQdheM, Shkup
Dr. Aleksandar ANDONOVSKI, profesor
ordinar në UQdheM, Shkup
Dr. Zora MITRESK, profesoreshë ordinare
në UQdheM, Shkup

Përkthyes:

Muzafer Beqiri

Redaktor profesional:

Doc. dr. Abdyl Koleci

Lektor i botimit në gjuhën shqipe:

Abdulla Memeti

Ilustrimet: autorët

Botues: Ministria e arsimit dhe shkencës për Republikën e Maqedonisë

E botoi: Qendra grafike doel, Shkup.

Tirazhi: 300

Me aktvendimin e Ministrit të Arsimit dhe Shkencës të Republikës së Maqedonisë,
Nr. 22-4681/1, të datës 27.08.2010, lejohet përdorimi i këtij libri.

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св.Климент Охридски", Скопје
53 (075.3)

Физика за III година средно стручно образование / Маргарета Пецовска-Ѓорѓевиќ
... [и др.]. - Скопје: Министерство за образование и наука на Република Македонија,
2010, - 403 стр. : илустр. ; 30 см

Автори: Маргарета Пецовска-Ѓорѓевиќ, Даница Крстовска, Мимоза Ристова, Оливер
Зажков, Невенка Андоновска, Мирјана Јоноска, Александар Андоновски, Зора
Митревска

ISBN 978-608-226-216-1

1. Пецовска-Ѓорѓевиќ, Маргарета [автор]

COBISS.MK-ID 85404426

Parathënia

Ky tekst i FIZIKËS është dedikuar për të gjitha profesionet të vitit III të arsimimit të mesëm profesional. Lënda është zgjedhore për të gjitha profesionet, /Mësimi zgjedhor për maturë / dhe i mbulon këto programe të ndryshme:

- Programi i fizikës për profesionin e elektroteknikës (profilet arsimore: elektroteknik-elektronik, elektroteknik-energjetik, elektroteknik për teknologjinë kompjuterike dhe automatik);
- Programi i fizikës për Profesionin e makinerisë, profesioni i grafikës dhe Ndërtimtari-geodezi (profilet arsimore: teknik i makinerisë, teknik makinerik-energjetik, teknik makinerie i aviacionit, autoteknik-mekatronik, teknik grafike, teknik për komunikacion rrugor, teknik për transport dhe shpëdicion, teknik për komunikacion hekurudhor, teknik arkitekture, teknik gjeodezie, teknik ndërtimtarie);
- Programi i fizikës për profesionin pylltarisë-drupunuese dhe profesioni kimiko-teknologjik (profilet arsimore: teknik për rebel dhe enterier, teknik për përpunimin e drurit, teknik të ushqimit, teknik prodhimtarisë procesore dhe teknik kimiko-teknologjik);
- Programi i fizikës për për profesionin shëndetësor dhe shërbime personale (profilet arsimore: motër medicinave, teknik farmaceutik, teknik dhëmbësh dhe laborant mjekësie)

Te të gjitha profesionet e përmendura, fizika si lëndë e përgjithshme arsimore është përfshirë me dy orë në javë (72 orë në vit). Çdonjëri prej programeve përmban nga 6 deri 9 tema të cilat pjesërisht mbulohen kurse pjesërisht janë të ndryshme, prandaj ky tekst detyrisht përfshin material prej gjithsej 22 temave. Detyra e arsimtarit është të udhëheq prej programit për profesionin përkatës dhe t'i ndajë vetëm përmbajtjet e kërkuara për përpunim.

Nga pikëpamja didaktike, teksti lejon edhe aktivim mendor të nxënësve. Prandaj, atj ku është e nevojshme më qartë dhe me thellësi më të madhe të të kuptuarit e materialit, janë theksuar shembuj nga eksperimentet ose shembuj të detyrave të zgjidhura. Pothuajse çdo njësi mësimore mbaron me pyetje përkatëse, detyra dhe aktivitete, shpesh të lidhura edhe me shfrytëzimin e kompjuterit ose aktivitete të lidhur me eksperimentin cili nxënës mundet vet ta bën.

Edhe gjatë të shkruarit të tekstit autorët ishin në bashkëpunim permanent, por çdo autor është bartës kryesor i temës së caktuar ose njësie mësimore. Kështu,

- d-r Nevenka Andonovska është autor i kapitujve: tërë kapitulli 7, nënkapitujt 8.1, 8.2, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12, 8.13, tërë kapitulli 9, kapitujve 10.6, 10.7, 10.8, tërë kapitulli 20, kapitujt 22.1, 22.2, 22.3, 22.4, 22.5, 22.6;
- D-r Mimoza Ristova është autor i kapitujve: tërë kapitulli 15, tërë kapitulli 16, kapitujve 19.3, 19.4, dhe kapitullit 22.7;
- D-r Mirjana Jonoska është autor i kapitujve: tërë kapitulli 1, kapitujve 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, tërë kapitulli 12, tërë kapitulli 13, tërë kapitulli 14, tërë kapitulli 18, kapitujve 19.1, 19.2, 19.5;
- d-r Margareta Pecovska-Gjorgjeviq është autor i kapitujve: tërë kapitujve: 2, 3, 4, dhe 5;
- d-r Oliver Zajkov është autor i kapitujve: kapitujve 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5 tërë kapitulli 17, dhe kapitullit 19.6;
- d-r Danica Kërstovska është autor i tërë kapitullit 11;
- d-r Zora Mitreska është autor i tërë kapitullit 6 dhe
- d-r Aleksandar Andonovski është autor i tërë kapitullit 21.

Autorët do tu falënderohen të gjithë shfrytëzuesve të ardhshëm të këtij nëse me sugjerimet e tyre, propozimet ose thënie ndihmojnë për përmirësimin e këtij teksti, në mënyrë didaktike ose aspektin teknik.

Qershor, 2010

Prej autorëve

Përmbajtja

PËRMBAJTJA

1.METODAT E HULUMTIMIT. GABIMET GJATË MATJEVE.....	1
1.1. Metodatat e hulumtimit në fizikë. Matja.....	1
Hyrje.....	1
Metodat në fizikë	1
Matja. Llojet e matjeve.....	3
1.2. Gabimet gjatë matjeve.....	4
Llojete gabimeve	4
Njehsimi i gabimeve.....	4
1.3. Njehsimi i gabimeve gjatë matjeve indirekte.....	6
Paraqitja grafike e rezultateve të matjeve.....	7
2. KINIMETIKA.....	9
2.1. Madhësitë vektoriale	9
2.2. Mekanika.....	13
2.3. Kinematike.....	14
2.4. Ligji i lëvizjes së pikës materiale.....	18
2.5. Lëvizjet njëdimensionale të pikës materijale.....	18
2.6. Ramja e lirë. Hedhja vertikale.....	19
2.7. Lëvizjet dydimensionale të pikës materijale.....	21
2.8. Hedhja horizontale dhe e pjerët.....	21
2.9. Lëvizja lakore e pikës materijale.....	26
2.10.Lëvizja e pikes materijale sipas vijës rrethre.....	26
3. DINAMIKA.....	29
3.1. Ligji i parë i Njutnit. Ligji i inercinit.....	29
3.2. Ligji i dytë i Njutnit.....	30
3.3. Ligji i tretë i Njutnit.....	32
3.4.Llojet e forcave.....	34
3.5. Qendra e masës.....	40
3.6. Zgjidhja e detyrave nga dinamika.....	41
4.GRAVITACIONI.....	44
4.1. Ligjet e Keplrit.....	44
4.2. Ligji i Njutnit për gravitacinin.....	45
4.3. Satelitët. Shpejtësitë kosmike.....	48
5. PUNA DHE ENERGJIA.....	53
5.1. Energjia.....	53
5.2. Puna e forcës.....	54
5.3. Fuqia e forcës. Efekti	55
5.4. Energjia kinetike.....	56
5.5. Energjia potenciale.....	57
5.6. Ligji për ruajtjen e energjisë mekanike.....	57
5.7. Impulsi i trupit. Impulsi i forcës.....	60
5.8. Ligji për ruajtjen e impulsit.....	61
5.9. Goditjet.....	61

Përmbajtja

6. LËVIZJA RROTULLUESE	
6.1 Kinematika e trupit të ngurtë të rrotullimi.....	64
6.2. Dinamika e lëvizjes rrotulluese. Momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit.....	67
6.3. Ligji themelor i dinamikës së lëvizjes rrotulluese.. Momenti i inercionit.....	71
6.4. Momenti i impulsit në lidhje me boshtin e rrotullimit.....	75
6.5. Ligji për ruajtjen e momentit të impulsit në lidhje me boshtin e rrotullimit.....	78
6.6. Analogjia ndërmjet madhësive dhe ligjeve gjatë lëvizjes translatore dhe rrotulluese.....	82
7. LËKUNDJET MEKANIKE.....	82
7.1. Lëvizjet periodike.....	82
Konceptet themelore dhe elementet e lëvizjes oscilator.....	82
Lëkundjet osciluese. Elementet e lëvizjes oscilatore.....	83
7.2. Madhësitë karakteristike të oscilimeve harmonike. Barazimi i shpejtësisë dhe nxitimit të lëvizjes oscilatore harmonike.....	84
7.3. Energjia e oscilimit harmonik.....	88
7.5. Oscilimet e ngulfatura.....	91
8. VALËT DHE ZËRI.....	94
8.1. Dukuritë valore.....	94
8.2. Barazimi i valës së rrafshët.....	96
8.3. Superpozita e valëve. Interferenca valore.....	98
8.4. Parimi i Hajgens-Frenelit.....	100
8.5. Difraksioni i valëve.....	102
8.6. Valët e qëndrueshme.....	104
8.7. Barazimi i valës së qëndrueshme.....	105
8.8. Valët e zërit.....	108
Karakteristikat themelore të valëve të zërit.....	108
Intensiteti i madhësisë së tingullit.....	109
8.9. Ligji gjatë kalimit të zërit nëpër dy mjedisit.....	111
8.10. Rezonanca e zërit.....	111
8.11. Metodat akustike. Auskultacioni dhe perkusioni.....	112
8.12. Lokacioni i zërit. Efekti i Binuarelit.....	113
8.13. Efekti i Doplerit. Ndërhyrja e barrierës së zërit.....	114
9. MEKANIKA E FLUIDEVE.....	118
9.1. Vetitë themelore të fluidëve.....	120
9.2. Ligji i Paskalit.....	121
9.3. Shtypja hidrostatike.....	121
9.4. Shtypja atmosferike.....	124
9.5. Matja e shtypjes. Barometri, manometri	126
9.6. Shtypja. Forca e Arkimedit.....	128
9.7. Caktimi dendësisë.....	129
9.8. Notimi i trupave dhe stabiliteti i tyre të lëngjet. Areometri.....	131
9.9. Lëvizja stacionare e fluidëve ideal. Barazimi për kontinuitet.....	133

Përmbajtja

9.10. Barazimi i Bernulit.....	134
9.11. Disa zbatime të barazimit të Bernulit.....	137
9.12. Dinamika e fluidëve real. Viskoziteti i lëngjeve.....	138
9.13. Rezistenca e mjedisit. Ligji i Stoksit.....	139
9.14. Ligji i Puazevit. Viskozimetri.....	141
10. NXEHTËSIA.....	143
10.1. Nxehtësia dhe temperatura. Matja e temperaturës. Termometri	
10.2. Përcjellja e nxehtësisë.....	145
10.3. Sasia e nxehtësisë. Kapaciteti specifik i nxehtësisë	147
10.4. Baraspesha e nxehtësisë.....	148
10.5. Ligjet e rrezatimit të nxehtësisë.....	151
10.6. Termografia dhe zbatimi i saj.....	154
10.7. Termorregulimi fizik te organizmi.....	156
11. FIZIKA MOLEKULARE.....	159
11.1. Konceptet themelore të fizikës molekulare.....	159
11.2. Temperatura. Matja e temperaturës.....	161
11.3. Ligjet themelore të gazrave.....	163
11.4. Barazimi themelor të gjendjes së gazit ideal.....	166
11.5. Barazimi themelor i teorisë molekulare-kinetike	169
11.6. Tensioni sipërfaqësor	173
11.7. Dukuritë kapilare. Njomje dhe jonjomje.....	176
12. KALIMET FAZORE.....	178
12.1. Gjendjet agregate, ndryshimi i gjendjeve agregate.....	178
12.2. Avullimi dhe kondensimi.....	181
12.3. Avulli i pa ngirë dhe i ngirë. Provat e Andrusit. Temperatura kritike.....	183
12.4. Avullimi.....	186
12.5. Rrjedhja e gazrave. Makinat e ftohjes.....	188
12.6. Sublimimi. Diagrami i gjendjes. Pika e treshit.....	189
12.7. Lagështia e ajrit.....	191
12.8. Retë. Sedimentet atmosferike.....	195
13. TERMODINAMIKA.....	198
13.1 Konceptet themelore të termodinamikës.....	198
Hyrja.....	198
Konceptet themelore.....	198
Energjia e brendshme.....	199
13.2. Ndryshimi i energjisë së brendshme. Sasia e nxehtësisë.....	201
Ndryshimi i energjisë së brendshme gjatë kryerjes së punës.....	201
13.3. Parimi i parë i termodinamikës.....	204
Puna e gazit dhe avullit.....	205
13.4. Proceset Adiabeteke	207
13.5. Proceset kthyesë dhe jo kthyesë. Procesi i Karneut.....	208
Parimi i II i termodinamikës	208
Proceset kthyesë (reverzibile).....	208

Përmbajtja

3.6. Koeficienti i efektit të dobishëm (KED). Parimi i punës së makinës së nxehtësisë.....	211
14.FUSHA ELEKTRIKE.....	213
14.1.Mbushjet elektrike. Ligji për ruajtjen e mbushjeve Dy lloje të mbushjeve elektrike.....	213
Ligji për ruajtjen e mbushjeve.....	214
14.2.Ligji i Kulonit.....	215
14.3.Elektrizimi nën ndikim.....	218
Influenca elektrostatike (induksioni.....	218
Polarizimi elektrostatik.....	220
14.4.Fusha elektrike. Vijat e forcës elektrike.....	221
Parimi i superpozitës. Fusha e përbërë.....	222
Fusha elektrike e homogjenizuar.....	223
Vijat e forcës elektrike.....	223
14.5.Puna dhe energjia e fushës elektrike.....	225
Potenciali elektrik. Tensioni.....	227
Lidhja ndërmjet fuqisë së fushës dhe potencialit Sipërfaqet ekuipotenciale.....	228
14.6.Përçues dhe izolator të fusha elektrike.....	230
14.7.Kapaciteti elektrik. Kondensatorët.....	234
Çka është kondensatori elektrik?	
14.8.Lidhja e kondensatorëve.....	237
14.9.Grumbullimi i energjisë të kondensatori. Energjia e fushës elektrike.....	238
15.RRYMA ELEKTRIKE.....	240
15.1.Rryma elektrike.....	240
15.2.Burimet e rrymës njëkahëshe.....	243
15.3.Rezistenca elektrike.....	245
15.4. Lidhja ndërmjet fuqisë së tensionit të rrymës.....	247
15.5. Rezistorët.....	252
15.6.Ligjet e Kirkovit. Zgjidhja e qarkut.....	254
15.7.Lidhja e rezistorëve.....	257
Lidhja në seri e rezistorëve.....	
Lidhja paralele e rezistorëve.....	
15.8.Puna dhe fuqia e rrymës elektrike.....	261
15.9.Shndërrimi i energjisë elektrike në nxehtësi.....	264
15.10.Emisioni termodinamik.....	266
Gypi katolik. Osciloskopi.....	
Dioda e vakuumit.Gypi i Rendgenit.....	
15.11.Rryma nëpër lëngje-elektrolitë.....	270
Disociacioni elektrolit.Elektroliza.....	
Ligjet e Faradeit. Zbatimi.....	
15.12.Rryma nëpër gazrave.....	274
Zbrazja e pavarur dhe e varur.....	
Zbrazja atmosferike-vetëtima. Zbatimi.....	
Zbrazja harkore.....	

Përmbajtja

16. GJYSMËPËRÇUESIT	277
16.1. Materialet përçuese.....	
Përçueshmëria personale.....	
Zbatimi i përçueshmërisë.....	
16.2.pn - kontakti.....	
16. GJYSMËPËRÇUESIT	277
16. 1. Materialet gjysmëpërçuese.....	277
Përçueshmëria personale.....	
Zbatimi i përçueshmërisë.....	
16. 2. pn-kontakti.....	280
Fitimi i kontaktit pn	
Ndryshimet e brendshme te pn-kontakti.....	
pn-kontakti i tensionit të jashtëm.....	
Volt-karakteristika e amperit (VA) të diodës.....	
16. 3. Diodat, fotodioda.Dioda - Led.....	285
Detektori gjysmëpërçues të rrezatim it të jonizuar.....	
Drejtuesët gjysmëpërçues.....	
16. 4. Transistori. Transostori i parë.....	288
Transistgori shtresor bipolar.....	
Shtresat e transistorit bipolar.....	
Fet - transistor.....	
16. 5. Transistori bipolar si përforcues të tensionit me emetues tokësor.....	293
16. 6. Komponentat gjysmëpërçuese elektronike.....	293
Tiristor (dijak dhe trinjak)	
Termopar gjysmëpërçues.....	
16.7. Qarqet integrale.....	295
Zbulimi i qarqeve integrale.....	
Niveli i integrimit.....	
Shembulli për integrim të mosfet transistor.....	
17.FUSHA MAGNETIKE	298
17.1 Fusha magnetike e magnetit të përherëshëm.....	298
17.2. Veprimi reciprok ndërmjet përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë dhe fusha magnetike.....	300
17.3.Veprimi reciprok ndërmjet mbushjeve elektrike dhe fushës magnetike.....	304
17.4.Fusha magnetike e përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë.....	306
Veprimi reciprok ndërmjet dy përçuesëve paralel.....	
17.5.Vetitë magnetike të substancave.....	
Feromagnetikët paramagnetikët dhe diamagnetikët.....	309
18.INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK	313
18.1.Induksioni elektromagnetik.....	313
Ligji themelor për induksionin elektromagnetik	
18.2.Rregulla e Lencit për rrymën e indukuar.....	316
18.3.Vetinduksioni. Induktivitetit.....	318
18.4.Zbatimi i induksionit elektromagnetik.....	321
Gjeneratorët e rrymës alternative.....	333
Transformatorët.....	333

Përmbajtja

19. RADIOVALËT	324
19.1.Për natyrën e radiovalëve.....	324
19.2.Spektri i radiovalëve.....	326
19.3.Radiotransmisioni.....	327
Elementet e radioteknikës	
Radio. Modulimi dhe demodulacioni. Përforcuesi	
19.4. Koncepti për përcjelljen e televizive. Telefoni celular.....	331
19.5.Mikrovalët. Zbatimi.....	333
Furra mikrovale	
19.6.Fiber komunikimi optik.....	336
Si punojnë fjet optike?	
20.BIOMEKANIKA	339
20.1.Energjia potenciale gjatë deformimit të eshtrave.....	339
20.2.Impulsi i forcës në momentin e goditjeve.....	339
20.3.Reologjia. Klasifikimi i materialeve reologjike.....	341
20.4.Modelet teologjike. Modelet e elasticitetit, plasticitetit dhe viskozitetit.....	342
20.5.Modeli i Maksvelit. Modeli i Kelvinit dhe modeli teologjik i Maksvel-Kelvinit.....	343
20.6.Mekanizmi i kontraksionit të muiskulave.....	345
20.7.Modeli teologjik trekomponecial i muskujve.....	348
20.8. Vetitë reomologjike të gjakut.....	348
20.9.Tensioni kritik i gjakut. Efekti i murit.....	350
20.10.Hematokriti i gjakut	351
20.11.Zbatimi i barazimit të Bernulit në mjekësi.....	352
20.11.1. Futja e barnave pa gjilpërë.....	333
20.11.2. Parimi i punës së makinës së turbo gazrave Për përmirësimin e pa dhembshme të dhëmbëve.....	333
21.MEKANIKA RELATIVISTIKE	353
21.1. Bazat e mekanikës relativistike	353
21.2.Parimet e Ajnshtajnit.....	360
21.3.Relativiteti i ngjarjeve të përnjëkohshme.....	364
21.4.Ligji i Ajnshtajnit për mbledhjen e shpejtësive.....	370
21.5.Masa te teoria speciale e relativitetit.....	373
22.FIZIKA E MJEDISIT JETËSOR	378
22.1.Ndryshimet klimatike globale.....	378
22.2.Efekti i kopshtit të qelqit.....	383
22.3.Mbështjellësi zonal ndryshon.....	386
22.4.Ndikimi i zhurmës mbi organizmat e gjallë.....	390
22.5.Ndikimi i rrezatimit jonizues mbi organizmat e gjallë.....	393
22.6.Mbeturina radiologjike.....	396
22.7.Burimet alternative të energjisë.....	398

1.1. METODAT E HULUMTIMIT NË FIZIKË. MATJA

Hyrja

Fizika është shkencë natyrore. Ajo, sikurse edhe shkencat tjera merret me studimin e natyrës. Fizika në sistemin e shkencave natyrore gjithmonë zen vend të veçantë, por edhe sot, ajo atë e ka. Ajo gjendje ëahtë edhe veti për shkak të këtyre shkaqeve kryesore: fizika paraqet fundament, te e cila janë ngritur të gjitha shkencat tjera natyrore; -Së treti, zbulimi i ligjeve të fizikës gjerësisht zbatohen gjatë konstruktimit të instrumenteve për fabrikimin e produkteve dhe materialeve. Fizika është baza e teknikës. Zhvillimi i fizikës në radhë të parë e mundësoi zhvillimin e tërësishëm të teknologjisë së llojllojshme bashkohore pa të cilën jeta e sotshme nuk do të mund të mendohej; -dhe në fund, fizika është në lidhje të ngushtë me filozofinë, por vijimisht njohuria dhe të kuptuarit botës që na rrethon. Zakonisht thuhet se fizika i mëson dukuritë natyrore më të thjeshta, por edhe më të përgjithshmet, për vetitë e materies dhe ligjeve të ndryshimeve të tyre. Fizika bashkohore i studion grimcat elementare, bërthamat e atomit, atomet dhe molekulat; ndërtimet mikroskopike të atyre grimcave trupave të ngurtë, lëngjeve, gazrave; fushat fizike me të cilat reciprokisht veprojnë grimcat e substancave (gravitacioni, elektromagnetike, nukleare); llojet e ndryshme të lëvizjeve të grimcave dhe mjedisve, si edhe lëvizjet kaotike të nxehtësisë. Me fjalë të tjera, , fizika bashkohore-ajo është shkencë për format e ndryshme të materies, të cilat janë

pjesë përbërëse të cilido sistem i përbërë i materies, për veprimet reciproke të atyre formave të ndryshme të materies për lëvizjet e tyre

Metodat e fizikës

Të studiuarit e dukurive fizike fillojnë me vëzhgimi, d.m.th., me studimin e dukurisë së dhënë të ndërtimi i saj natyror. Të mendojmë për moment se nuk e kemi të njohur ligjin për ramjen e lirë. Para se të kalojmë më tutje, së pari duhet ta vërejmë ramjen e trupave të ndryshëm. E ë qartë se vetëm të vëzhguarit nuk do të na jep njohuri shkencore për ligjin e ramjes së lirë. Kush e di se sa njerëz para Galileo Galilejit, 1564-1642) e kanë vëzhguar ramjen e lirë, por askush para tij nuk i ka vendos vëzhgimet në sistem, nuk ka supozuar (hipotezë personale) për atë se nxitimi të cilën Toka ua lajmëron të gjitha trupave është e barabartë. Por jo vetëm që duhet të thuhet hipoteza por duhet të gjendet rruga e asaj hipoteze dhe të vërtetohet. Domethënë, vëzhgimi sjell vetëm deri te njohuritë kualitative. Etapa e ardhshme të hulumtimit të dukurive fizike është –analiza kualitative e dukurisë nëpërmjet së cilës tregohet hipoteza për rëndësinë e dukurisë dhe trasohet rruga nga vërtetimi i saj eksperimental. Eksperimenti fizik është etapa e ardhshme e hulumtimit që, edhe pse është i lidhur me vëzhgimin është thellësisht i ndryshueshëm prej tij. Vëzhgimi vetëm e fikson atë që shtrihet në sipërfaqen e dukurisë. (Për shembull, të gjithë njerëzit, të gjithë njerëzit deri te Galilej kanë vëzhguar se trupat e lehtë bien më ngadalë se më të rëndët). Te eksperimenti jo vetë që realizohet dukuria e dhënë në kushte laboratorike, por edhe hulumtohet varësia e dukurisë prej kushteve thelbësore dhe parametrave, karakteristikat e atyre kushteve, dhe kryhen matje të caktuara.

*Fjala „fizikë „ rrjedh prej fjalës greke „fizis” që do të thotë natyrë.

Gjatë vendosjes së eksperimentit zakonisht krijohen kushte të atilla të cilat dukuria do të ndodh më qartë dhe më e zakonshme. Kështu, nëse prej ndonjë lartësie njëkohësisht lëshohen të bien copë e letrës dhe pjesë e pllakës metalike me syprina të barabarta, ato bien në mënyra të ndryshme. Që të bindemi se shkak për kohën e ndryshme të ramjes të ndikimi i rezistencës së ajrit mbi ato trupa, letrën do ta vendosim mbi pllakën metalike, me të cilën rezistencën e ajrit e barazojmë për të dy trupat dhe i lëshojmë të bien. Letra do të bie një lloj sikurse edhe pllaka metalike. Galilej, pra, sikurse trupa ka zgjedhur toptha me dimensione të njëjta.

Gjatë eksperimentimit fitohen fakte të reja për shkencën, të cilat jo gjithmonë japin parafytyrim të saktë të vërtetës thelbësore për dukurinë. Për zbulimin e rëndësisë së thellë të dukurisë është e domosdoshme të menduarit teorik të përfitimit eksperimental të fakteve, për shkak të të cilave është e domosdoshme matematikisht të formulohet e vërtetë e caktuar shkencore. Matematikisht të formulohet ligji i fizikës. Kjo ndoshta është etapa më e vështirë e të studiuarit të dukurisë, pa të cilën nuk fitohen njohuri shkencore të sakta dhe teori fizike të formuluar. Këtu, për ndihmë të kësaj që u përmend do ta citojmë Maks Born: „Para fizikës ekziston problem: se si dukuritë reale, të vëzhguara nëpërmjet organeve tona, dhe të pasuruara me instrumente të ndryshme, të sillen në koncepte të zakonshme, të përshtatshme për matje të sakta dhe më të lehta për formulimin kuantitativ të ligjeve të fizikës „.

Në këtë etapë largohet nga shfrytëzimi i matematikës dhe nga të treguarit e madhësisë së re të futur nëpërmjet operacioneve matematike më herët të mësuar. Me këtë krijohen parakushte të domosdoshme për matja e madhësive fizike. Për shembull, gjatë të mësuarit e ligjit të ramjes së lirë të trupave, në këtë mënyrë futet koncepti për shpejtësinë e fillimit dhe të mbarimit të ramjes, si edhe nxitimi i ramjes së lirë.

Analiza teorike e rezultateve eksperimentale jep mundësi me hulumtime të konstatohen ligje të reja eksperimentale të cilat më tutje sjellin deri të krijimi i teorisë së fizikës.

Teoria e fizikës, e cila e sqaron procesin e dhënë, përbëhet prej: 1) fakteve eksperimentale të cilat ajo i sqaron dhe të cilat, në masë të fundit, paraqesin fundamente të saj; 2) aparati matematik, të i cili janë formuluar ligjet themelore të teorisë dhe 3) aparati kuptimor i cili e jep „kuptimin fizik” të formulave të fituara. Kështu, fizikanët shërbehen me dy metoda të pandashme të lidhura: eksperimentale dhe teorike. Nuk është e mundshme vendosja e çfarëdo eksperimenti pa analizë teorike të vëzhgimeve paraprake të cilat i paraprijnë eksperimentit. Bashkimi i teorisë dhe eksperimentit qëndron në atë që ato nuk paraqesin metoda të pandara të lidhura të cilat njëra me tjetrën plotësohen, kurse të dy metodat janë bazë e njohurisë të njeriut për botën rreth nesh.

Madhësitë fizike. Njësitë.

Gjatë të mësuarit e proceseve fizike na i shqyrtojmë vetitë e materies dhe veçantitë e dukurive.

Tab. I. MADHËSITË THEMELORE FIZIKE			NJËSIA MATËSE		
	Emri	Simboli	Dimens.	Emri	Simboli
1	gjatësia	,s,r	L	metër	m
2	masa	m	M kilogram	kg	
3	koha	t	T	sekondë	s
4	Fuqia e rrymës elektrike	I	I	amper	A
5	Temper. termodinamike	T	ω	kelvin	K
6	Fuqia e dritës	J	J	kandela	cd
7	Sasia e substancës*	n	N mol	mol	

Vetitël e materies ose veçoritë e dukurive fizike në natyrë quhen madhësi fizike.

Çdo madhësi fizike ka madhësi të caktuar. Madhësia e madhësisë fizike është karakteristik kuantitative e saj. Madhësitë fizike ndërmjet tyre janë të lidhura. Për shkak të kësaj lidhje, me marrëveshje ndërkombëtare mund të futen njësi për vetëm numër të vogël, ndërmjet tyre madhësi të cilat quhen madhësi fizike themelore. Në SI janë shtatë. Pasqyra e tyre është dhënë te tabela I. Njësitë për të tjerat, të ashtuquajtura madhësi fizike të nxjerrura fitohen nëpër jet ligjeve që ato i lidhin me madhësi fizike.

Barazimin që e jep varësinë funksionale ndërmjet madhësisë fizike të dhënë dhe madhësive fizike themelore e përcaktojnë dimensionin e madhësisë së dhënë fizike. Zakonisht shënohet me simbolin e madhësisë themelore fizike të vendosur te kllapa këndore, ose me shkronjë të madhe latine (sikurse te tabela I).

Të gjitha njësitë e madhësive themelore dhe të nxjerra fizike të cilat janë të lidhura në mënyrë koherente, paraqesin sistem të njëjësive matëse. Në vendin tonë me ligj përdoret vetëm njësitë në SI, si edhe numrit të vogël njëjësive jashtësistimore, sikurse për shembull, natëdita, viti, minuta etj., të cilat me ligj janë të lejuara për përdorim.

Që të vërtetohet ligjshmëria e dhënë fizike, kryhen matje të madhësive fizike.

Duke i krahasuar madhësitë e madhësive fizike të llojit të njëjtë, kryejm matje të madhësive fizike. Matja e madhësive fizike të caktuara është krahasimi i madhësisë së asaj madhësie me madhësinë fizike të llojit të njëjtë madhësia e së cilës kushtimisht është njësi e zgjedhur.

Matjet mund të jenë direkte dhe indirekte. Për shembull, gjatësia e rrugës të një trupi matet direkt me instrumentet për matje të gjatësisë, ndërsa shpejtësia e trupit zakonisht përcaktohet nëpërmjet matjes së rrugës dhe kohës për të cilën ajo rrugë është e kaluar.

Gjatë matjeve indirekte maten madhësitë fizike të cilat janë me ligj të përcaktuar të lidhura me madhësinë që matet. Pastaj, me futjen e madhësive të matura te ligji, njehsohet në mënyrë indirekte madhësia fizike e matur.

Instrumentet të cilat shërbejnë për matjen e madhësive fizike quhen matës ose instrumente matëse. Për shembull, për matjen e gjatësisë shfrytëzohen vizor, shubler ose vint mikrometrik; për matjen e intervaleve kohore shfrytëzohet stoperka; vëllimi matet me menzurë, temperatura me termometër, tensioni matet me voltmetër etj.

Para se të fillohet me matje duhet të caktohet vlera e ndarjes më të vogël të shkallës te matësi i dhënë. Te figura 1 janë dhënë disa matje për disa madhësi fizike



Fig.1. Matëse të ndryshëm: lartë, instrumente për matjen e gjatësisë – vizor, vint mikrometrik dhe shubler; poshtë: termometër, menzurë dhe voltmetër

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cilat janë metodatat themelore të hulumtimit në fizikë?
2. Përmend shembull me të cilin do të tregosh se eksperimenti dhe teoria janë të pandara të lidhura dhe të plotësuar.

3. Çka janë madhësitë fizike? Cilat janë madhësitë fizike në SI? Cilat janë njësitë themelore në SI?
4. Çka është matje të madhësisë së dhënë fizike?
5. Përmendni shembuj për matje direkte dhe indirekte të disa madhësive fizike.

Sqaroni domethënien e çdonjërit nga këto koncepte.
(atje ku është e nevojshme sugjero edhe shembuj)

-metoda e hulumtimit	-madhësitë fizike themelore
-vëzhgimi	
-eksperimenti	-madhësi fizike të nxjerra
-analiza e rezultateve eksperimentale	-matja direkte
-Madhësia fizike	-matja indirekte
-matja	-matësi

1.2. GABIMET GJATË MATJEVE

Matja e madhësive fizike bëhen me ndihmën e njësisive. Të gjitha numrat, të fituara si rezultat i matjes, janë, në realitet, të përafërta.

Llojet e gabimeve

Gabimet gjatë matjeve mund të jenë: *të mëdhaja, të rastit dhe sistematike.*

Gabime të mëdhaja ndodhin nëse matja bëhet me instrumente jo të duhura, nëse eksperimentuesi nuk e njeh metodën e matjes, nëse gjatë matjes kanë qenë keq të zgjedhur kushtet për shfrytëzim të metodës së zgjedhur për matje. Gabimi i atillë do të jetë, për shembull, vlera jo drejt e lexuar e ndarjes më të vogël të instrumentit, ose gabimi është bërë për shkak të ndezjes së instrumentit matës elektrik. Gabimet e mëdhaja duhet të eliminohen. Rezultatet e matjes me atë lloj të gabimeve hidhen.

Që të zvogëlohen gabimet gjatë matjes, zakonisht bëhet numër i madh i matjeve. Gjatë përsëritjeve të shumta të matjeve mund të vërehet se rezultatet e matjeve nuk puthiten njëra me tjetrën, por ato grumbullohen rreth njëres vlerë, *vlera e vërtetë*. Gabimet që gjatë

matjeve e ndryshojnë vlerën e vet dhe shenjën prej një prove në tjetrën, quhen gabime rasti.

Shkaku i këtij lloji i gabimeve është *subjektive*, nëse rezultatet varen prej vetive individuale të personit që mat, kujdesit të tij, mprehtësia e të shikuarit etj., ose objektive (gjatë çdo prove instrumenti tregon vlera të ndryshme, për shkak se përsosshmëria e tij, ose për shkak se vet madhësia fizike që matet nuk ka madhësi rigorozë të caktuar. Ky lloj i gabimeve zvogëlohet me përsëritjet e shumëhershme të matjeve.

Gabimet sistematike janë gabimet e instrumentit. Ato e ruajnë vlerën e vet dhe shenjën për kohën e eksperimentimit. Gjatë matjeve me gabim sistematik vlerat e matura gjithmonë janë zhvendosur në njërin anë në lidhje me vlerën e vërtetë (fig. 1 b). Gabimi i këtillë ndodh, për shembull, nëse zeroa e instrumentit matës nuk është në vendin e vërtetë.

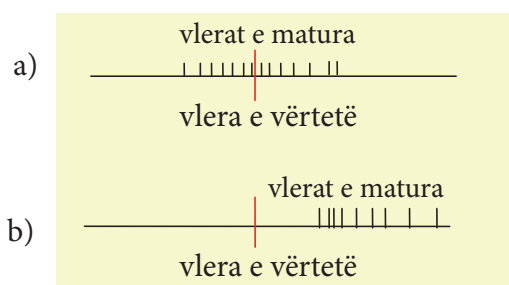


Fig. 1. Kur ekziston gabim sistematik, të gjitha rezultatet e matjeve janë zhvendosur në njërin anë.

Eliminimi i gabimeve të këtilla bëhet në atë mënyrë që kryhet krahasim të matjeve të kryera me matjet e bëra me instrument tjetër të saktë. Nëse gjatë atij krahasim konstatohet gabim sistematik dhe përcaktohet madhësia e tij, matjet më tutje mund të kryhen edhe me ndihmën e instrumentit „të prishur” me këtë që rezultati i matjeve shtohet, ose zbritet vlera e gabimit sistematik.

Njehsimi i gabimeve

Prej gabimeve të rastit te të cilat çfarëdo matje nuk mund të lirohemi. Ato duhet t'i vlerësojmë

Treguam se matjet i rregullojmë ashtu që kryejmë numër të madh të matjeve. Atëherë, **vlera mesatare** e rezultateve të gjitha matjeve e llogarisim për vlerë më të afërt matjet i llogarisim për më të afërta deri te vlera e vërtetë e madhësisë fizike të matur. Nëse gjatë matjeve të madhësisë fizike (x) janë këto vlera të fituara: x_1, x_2, x_n, \dots lera mesatare x_{ms} fitohet si

$$x_{sr} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (1)$$

Ndryshimi ndërmjet vlerës së madhësisë të madhësisë së matur te e cila do matje që të jetë dhe vlera mesatare quhet **gabimi absolut** Δx_i për matjen e dhënë:

$$\Delta x_1 = x_1 - x_{mes}; \Delta x_2 = x_2 - x_{mes}; \dots, \Delta x_n = x_n - x_{mes} \quad (2)$$

Gabimi absolut mund të jetë pozitive ose negative. Megjithatë për vlerësimin e gabimit të matjeve zakonisht kërkohet **gabimi absolut mesatar** (Δx_{mes}). Gjatë përcaktimit të vlerës mesatare të gabimit absolut të matjes, të gjitha gabimet absolute të matjeve të veçanta merren me shenjë pozitive (me vlerën e tyre absolute), ashtu që:

$$\Delta x_{sr} = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{|\Delta x_i|}{n} \quad (3)$$

Shmangëja e matjeve të vlerës mesatare mund të jenë edhe nga vlerat më të vogla dhe nga më të mëdhatat, prandaj rezultati (4) përfundimtar shkruhet edhe në këtë mënyrë:

$$x = x_{mes} \pm \Delta x_{mes}, \quad (4)$$

kurse kjo do të thotë se vlera e vërtetë e madhësisë (x) gjendet ndërmjet vlerave

$$x = x_{mes} - \Delta x_{mes} \text{ dhe } x = x_{mes} + \Delta x_{mes} : \\ x_{mes} - \Delta x_{mes} > x < x_{mes} + \Delta x_{mes} \quad (5)$$

Velra absolute gjizthmonë është numër i emërtuar dhe shprehet në të njëjtat njësi në të cilat shprehet dhe matet edhe madhësia e matur fizike (x). Gjatë njehsimit të vlerës mesatare, rezultati rrethohet në atë rend të madhësisë që është caktuar me madhësinë e gabimit absolut. Për shembull, nëse diçka është matur me gabim prej dhjetores së parë rrethoret në dhjetoren e parë, nëse gabimi është e rendit të madhësisë së vlerave të plota dhe gabimi rrethohet në vlera të plota etj. Saktësia e matjes së një madhësie fizike shumë më preciz shprehet nëpërmjet **gabimit relativ** (δ_x). Ajo paraqet raport ndërmjet gabimit mesatar absolut të matjes (Δx_{mes}). Dhe vlerës mesatare të madhësisë së matur (x_{mes}):

$$\delta_x = \frac{\Delta x_{sr}}{x_{sr}} \quad (6)$$

Ky gabim zakonisht shprehet në përqindje:

$$\delta_x = \frac{\Delta x_{sr}}{x_{sr}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Gabimi relativ është numër i pa emërtuar. Eksperimentet dhe teoria tregojnë se me shumicën e matjeve vlera e gabimeve mesatare absolute, kurse me të edhe gabimet relative bëhen më të vogla.

SHEMBULLI. Me shubler (fig. 1) është matur gjatësia e trupit të dhënë.

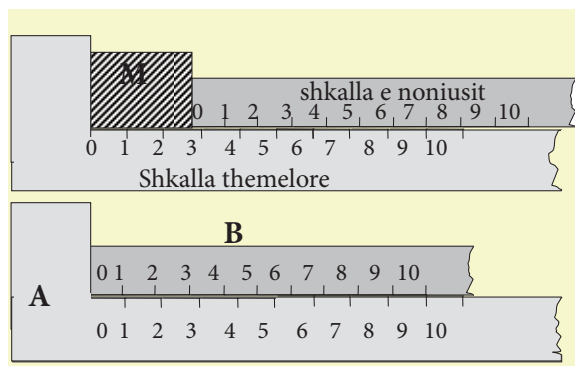


Fig.1. Matja e gjatësisë së trupit M me shubler

Shubleri mat me saktësi prej 0,1 mm. Është ndërtuar prej shkallës themelore A me ndarje të barabarta çdonjëra prej nga 1 mm dhe e dyta, shkalla B e „noniusit“. Shkalla B është e lëvizshme, ajo rrëshqet për shkallës themelore. Vlera e njëjës ndarje të shkallës së noniusit është fituar në atë mënyrë, që gjatësia prej 9 mm të shkallës themelore është ndarë në 10 ndarje të barabarta të shkallës së noniusit.

Matja bëhet në atë mënyrë që trupi vendoset ndërmjet shenjave zero të dy shkallave. Milimetrat e plotë lexohen prej shkallës themelore, kurse pjesët e dhjeta të milimetrit prej noniusit. E lexojmë atë ndarje të shkallës së noniusit që më së miri puthitet me cilëndo ndarje të shkallës themelore. Matjen e gjatësisë e përsërisim 10 herë. Rezultatet e matjes i paraqesim tabelarisht (tabela 1). Rezultatit e shkruajmë:

Matja nr.	l_i (mm)	Δl_i (mm)
1	2,7	0
2	2,6	-0,1
3	2,8	+0,1
4	2,7	0
5	2,7	0
6	2,8	+0,1
7	2,9	+0,2
8	2,6	-0,2
9	2,9	+0,2
10	2,7	0
Vlera mesatare	$l_{mes} = 2,74 \pm 2,7$	$\Delta l_{mes} = 0,9/10 = 0,09 \approx 0,1$

Rezultatit e shkruajmë:

$$l = (2,7 \pm 0,1) \text{ mm}$$

Gabimi relativ është:

$$\delta l = \frac{0,1}{2,7} \cdot 100\% = 3,7\%$$

E njëjta gjatësi e trupit M mund të matet më saktë me vintin mikrometrik. Nëse vlera mesatare është $l_{mes} = 2,71$ mm, kurse gabimi mesatar absolut $\Delta l_{mes} = 0,06$ mm, rezultatit e matjes do ta paraqesim si: $l = (2,71 \pm 0,06)$ mm, kurse gabimin relativ do të jetë

$$\delta l = \frac{0,06}{2,71} \cdot 100\% = 2,2\%$$

Shihet se matja me vintin mikrometrike është bërë me saktësi më të madhe.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çfarë lloje të gabimeve të matjeve ekzistojnë? Numëroni shembuj.

2. Sqaroni çka është gabim absolut te matja e veçantë. Si caktohet gabimi absolut të matjes së veçantë. Si caktohet gabimi relativ i matjes? Cila prej këtyre dy lloje të gabimeve e cakton saktësinë e rezultatit?

3. Lartësia e cirkut më të lartë botëror është 2,31 m. Lartësia e Kullës së Ajfelit në Pariz është 300 m. Thellësia më e madhe në Oqeanin e qetë është 11 km. Terreni në Holandë është 394 m në nivelin e detit. Nëse të gjitha këto gjatësi janë matur me saktësi prej 1 cm, si duhet t'i shkruajmë rezultatet të këtyre matjeve dhe cila prej matjeve është më precize? Radhitni këto gjatësi sipas saktësisë me saktësi.

4. Një forcë është matur me saktësi 0,01%. Madhësia e saj është 12,300 N. Si do ta shkruani rezultatit e matjes nëpërmjet gabimit absolut 5?

Sqaroni rëndësinë e çdonjëres nga këto koncepte. (Atje ku është e nevojshme tregoni shembujt)

- gabimi mesatar absolut
- gabimi mesatar relativ
- përqindja e gabimit
- të shkruarit e rezultatit të matjes

1.3. NJEHSIMI I GABIMEVE GJATË MATJEVE INDIREKTE. PARAQITJA. PARAQITJA GRAFIKE E REZULTATEVE

Shpeshherë madhësia fizike që e masim nuk fitohet me matje direkte. Për shembull, vëllimi i një kuadri caktohet nëpërmjet matjes së gjatësisë, gjerësisë dhe lartësisë së tij. Ose, dendësia e substancës të trupit të dhënë homogjen caktohet nëpërmjet matjes së masës së tij dhe vëllimit të

tij. Matjet e këtilla janë indirekte. Gabimet e matjes së madhësive fizike që maten në mënyrë indirekte, varen prej gabimeve të matjeve që bëhen gjatë matjeve direkte të madhësive të veçanta me ndihmën e të cilave njedhsohet madhësia e madhësisë së kërkuar. Kontributi i këtyre gabimeve varet prej asaj se çfarë është varësia funksionale ndërmjet madhësisë së kërkuar dhe madhësive direkt të matura. Te tabela 2 janë dhënë formulat për njehsimin e gabimeve relative të disa lidhjeve funksionale.

Tabela 2.

Madhësia fizike x	Madhësitë e matura	Gabimi i matjes
shuma algjebrike $x = a + b - c$	a, b, c	$\Delta x = \Delta a + \Delta b + \Delta c$
prodhimi $x = a \cdot b \cdot c$	a, b, c	$\delta x = \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$
herësi $x = \frac{a}{b}$	a, b	$\delta x = \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
fuqia $x = a^N$	a	$\delta x = \frac{\Delta x}{x} = N \cdot \frac{\Delta a}{a}$
^N -Rrënja me tregues $x = \sqrt[N]{a}$	a	$\delta x = \frac{\Delta x}{x} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\Delta a}{a}$

Këto rregulla për njehsimin e gabimeve për matjet e madhësive indirekte shfrytëzohen gjatë matjeve laboratorike.

Gabimet te matjet, të shkaktuara me josaktësinë e instrumentit matës, lehtë vërehen, pasi gabimi më i madh, e kushtëzuar me ndërtimin e instrumentit, zakonisht është përmendur te vet instrumenti. Nëse te instrumenti nuk ekziston shënim i atillë, atëherë si gabim llogaritet gjysma e vlerës të ndarjes më të vogël të shkallës. Për shembull gjatë matjes së gjatësisë me vizor, ku ndarja më e vogël është 1 mm, gabimi llogaritet se është 0,5 mm.

SHEMBULLI. Me ndihmën e vizorit janë matur tehet dhe është caktuar syprina e njërës faqe

të librit të dhënë. Lartësia faqes është $a = 24,7$ cm, kurse gjerësia $b = 16,3$ cm. Sa është gabimi i bërë gjatë matjes së syprinës? Rezultatit shkruani me gabimin e matjes.

Zgjidhje.

Syprina fitohet si prodhim prej lartësisë dhe gjerësisë, domethënë:

$$S = a \cdot b = (24,7 \cdot 16,3) \text{ cm}^2 = 402,61 \text{ cm}^2$$

Sipas tabelës. 2 gabimi i syprinës S është:

$$\delta S = \frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}; \quad \text{pasi } \Delta a = \Delta b = 0,05 \text{ cm},$$

atëherë

$$\delta P = \frac{0,05}{24,7} + \frac{0,05}{16,3} = 0,002 + 0,003 = 0,005 \text{ ose}$$

$\delta S = 0,5\%$. Gabimi absolut ΔS fitohet nëpërmjet gabimit relative:

$$\Delta S = S \cdot \delta S = 0,005 \cdot 402,61 \approx \pm 2 \text{ cm}^2$$

Rezultati shkruhet: $S = (402,61 \pm 2) \text{ cm}^2$, përkatësisht me rrumbullakimin e asaj dhjetore te e cila është caktuar gabimi fitohet:

$$S = (403 \pm 2) \text{ cm}^2.$$

Paraqitjen e ligjeve të fizikës me formula-barazime e quajmë *matematike*. Ajo mënyrë e paraqitjes e jep varësinë kuantitative ndërmjet madhësive fizike të shqyrtuara.

Varësia funksionale ndërmjet dy ndryshoreve të madhësive fizike, ose ligji i fizikës, mund të jetë i paraqitur edhe nëpërmjet tabelave. Gjatë *paraqitjes tabelare* (shpesh nëpërmjet madhësive fizike të marruna) paraqiten vlerat e paraqitura të madhësisë së ndryshueshme të varur-funksioni Përveç mënyrave të përshkruara, ligjet e fizikës shpesh paraqiten edhe *grafikisht*. Megjithatë, ndryshorja e pavarur e madhësisë fizike (shpesh herë direkt e matur) zakonisht e bartim në abshisën e sistemit kënddrejtë koordinativ, kurse në boshtin e ordinatës, në përmasë përkatëse, barten vlerat e funksionit (më së shpeshti vlera e njehsuar e madhësisë fizike që matet në mënyrë indirekte). Çdo çifti prej vlerave të atyre dy madhësive i përgjigjet një pikë në rrafshin e sistemit koordinativ.

1. Metodatat e hulumtimit. Gabimet gjatë matjes

Vija e cila i bashkon pikat e fituara e jep grafikun e ligjit të fituar. Nëse grafiku vizatohet në bazë të vlerave numerike për madhësinë fizike x , e cila është *rezultat i matjes*, dhe shkalla e vlerave numerike për madhësinë fizike $y = y(x)$ grafiku quhet *diagram*. Diagramet vizatohen në letër milimetrike. Zgjedhja e ndarjeve (te shkalla) e boshteve koordinatave ka domethënie të veçantë. Ajo zgjedhje duhet të jetë e atillë, grafiku i varësisë ta përfshin tërë rrafshin e sistemit koordinativ. Në këtë mënyrë shumë është e rëndësishme përpjesa, më saktë madhësia e njësisë së boshteve koordinatave. Vlerat e matura ose të kushtëzuara për x do të duhej lehtë të vërehen te shkalla. E njëjta vlen edhe për koordinatën y . Gjatë të vizatuarit e diameve duhet pasur parasysh se prerja e boshteve koordinatave nuk është e thënë t'i përgjigjen vlerave zero të x përkatësisht vlerave të y . Pas futjes së vlerave, të fituara eksperimentalisht, te diagrami vizatohet lakorja $y=y(x)$, që është lakore e kontinuar dhe ekspërimisht pikat e fituara me zhvendosje, ashtu që mund të jenë më lartë ose më ulët prej vlerës përkatëse të lakores (shih shembullin prej fig. 1).

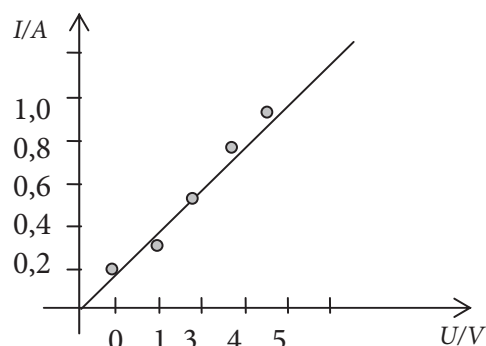
SHEMBULLI. Cakto varësinë e rrymës elektrike prej tensionit të sjellur në skajet e rezistorit të njëjtë. Vlerat e fituara për tensionin e matur dhe rrymës përkatëse janë dhënë në tabelën 3. Shtylla e tretë e jep vlerën për rezistencën e fituar

Numri	Tensioni në volt (V)	Fuqia e rrymës në amper (A)	Rezistenca e njehsuar: $R = \frac{U}{I}$ (Ω)
1	1,0	0,22	4,55
2	2,0	0,4	5,00
3	3,0	0,58	5,17
4	4,0	0,78	5,13
5	5,0	1,02	4,90
		vlera mesatare	4,95

Sikurse mund të shihet vlerat eksperimentale t[ë paraqitjes grafike të varësisë $I = I(U)$ nuk shtrihen te varësia e vizatuar në kontinuitet (drejtëza e cila është tërhequr ndërmjet lakoreve eksperimentale). Bëhet fjalë për ligjin e Ohmit për pjesë të qarkut elektrik, sipas të cilit

$$I = \frac{U}{R}$$

Pasi rezistenca është konstante, e njëjtë, varësia është drejtëz.



Grafikët e matjeve eksperimentale zakonisht paraqiten në fletën milimetrike.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaro se si njehsohet gabimi gjatë matjeve in direkte.
2. Merrni një kuadër, për shembull le të jetë kutia për këpucë. Me vizor matni nga pesë herë tehnet e kuadrit. Për çdo teh caktoni vlerën mesatare dhe vlerën mesatare të gabimit absolut. Njehso vëllimin e kuadrit dhe gabimin e matjes tuaj.

Sqaroni domethënien e çdonjërit nga këto koncepte (atje ku është e nevojshme theksoni edhe shembuj)

- Njehsimi i gabimit te matja indirekte
- Paraqitja matematike e matjeve
- Paraqitja tabelare e matjeve
- Paraqitja grafike e ligjit të fizikës
- Diagrami

2.1. MADHËSITË VEKTORIALE

Në fizikë punojmë me dy lloj madhësi: skalar dhe vektorial. Madhësitë skalare të cilat janë të përcaktuara vetëm me madhësinë e tyre. *Madhësia skalare fizike është përcaktuar me vlerën e saj numerike dhe njësi të e cila ajo matet.*

Shembuj për madhësinë skalare është masa dhe temperatura.

Madhësia fizike vektoriale është përcaktuar me madhësinë, drejtimin dhe kahen e saj në hapësirë dhe njësinë të e cila ajo matet.

Vektorët shënohen me shigjetë mbi simbolin për madhësinë dhe gjeometrikisht me shigjeta me gjatësi të caktuar. Madhësia e vektorit është përcaktuar me gjatësinë, e tij, kurse drejtimi dhe kahja e shigjetës e jep vendosjen në hapësirë. Vektorët e parë që i hasim në fizikë janë rreze vektoriale \vec{r} që e përkufizon pozitën e trupit në lidhje me ndonjë pikë referente, dhe vektorin e zhvendosjes $\Delta\vec{r}$. Vektoriale zhvendosjes është vektor që fillon prej pikës së fillimit të lëvizjes, kurse mbaron me pikën e mbarimit. Ai dallohet prej rrugës së kaluar s i cili paraqet gjatësinë e trajektorës ndërmjet dy pikave që shtrihen te trajektorja sipas së cilës lëviz trupi.

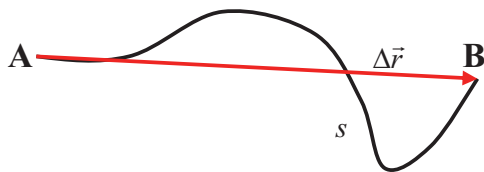


Fig. 1

Vektor të tjerë të cilët i hasim janë: vektori i shpejtësisë mesatare, vektori i shpejtësisë momentale, vektori i nxitimit momental, vektori i nxitimit mesatar. Vektorët që shtrihen në drejtëzat paralele (të orientuara në një anë të njëjtë ose të kundërtë) quhen **vektor kolinear**. Me zhvendosjen paralele,

vektorët linear mund të sillen të shtrihen në drejtëzën e njëjtë.

Proeksioni i vektorit a të kahes të përcaktuar me vektorin b quhet madhësia:

$$\text{Pr}_b a = a_b = a \cos \alpha$$

ku α është këndi ndërmjet vektorit \vec{a} dhe kahes të përcaktuar me vektorin \vec{b} (fig. 2).

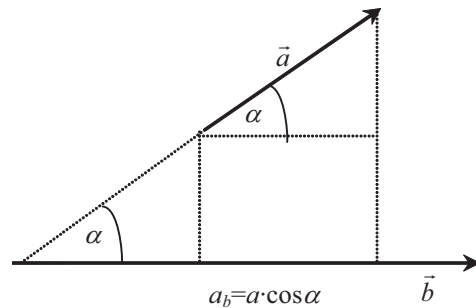


Fig. 2.

Nëse vektori me kahen e dhënë formon kënd të ngushtë (d.m.th., nëse $0 < \alpha < \pi/2$), atëherë $\cos \alpha > 0$ dhe proeksioni është pozitiv (fig. 3.a). Nëse këndi α është i gjerë ($\pi/2 < \alpha < \pi$), atëherë $\cos \alpha < 0$ dhe proeksioni është negativ (fig. 3.b). Për $\alpha = \pi/2$, $\cos \alpha = 0$ dhe proeksioni është zero, $a_b = 0$, (fig. 3. c). Për $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$ dhe proeksioni është i barabartë me madhësinë e vektorit $a_b = a$ (fig. 3. ç).

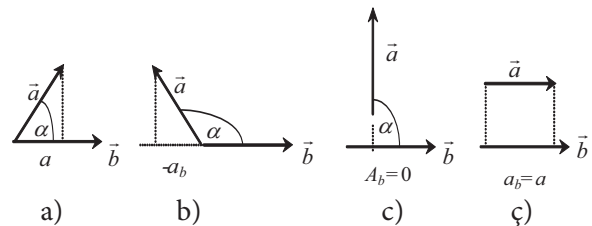


Fig. 3

Vektorin mund ta paraqesim në sistemin kënddrejtë koordinativ, të përbërë prej dy boshteve reciprokisht ortogonal (normal).

Çfarëdo vektor \vec{a} , në rrafsh ose hapësirë, mund të paraqitet me proeksionet e tij sipas gjatësisë së boshteve të x dhe y.

2. Kinematike

Ai vektor \vec{a} në rrafsh mund të shkruhet në formën:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} \quad (2)$$

ku a_x dhe a_y janë komponentet (projeksionet) e vektorit \vec{a} të boshteve të koordinata ve dhe quhen edhe koordinatat e dekartit. Vektorët \vec{i} dhe \vec{j} janë vektor njësi me drejtim dhe kahe të boshteve të koordinatave dhe moduli (madhësia) njësi.

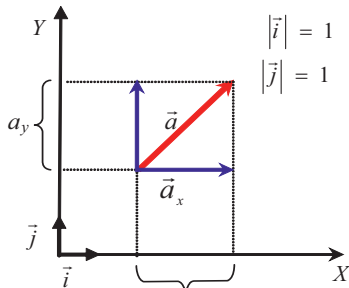


Fig. 4

Madhësitë a_x dhe a_y janë të barabarta me gjatësitë e brinjëve të drejtkëndëshit, kurse madhësia $a = |\vec{a}|$ është e barabartë me gjatësinë e diagonales së drejtkëndëshit të konstruktuar te vektorët $a_x \vec{i}$ dhe $a_y \vec{j}$ (fig.4). Prandaj gjithmonë vlen relacioni:

$$|\vec{a}| \equiv a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (3)$$

Rreze vektori \vec{r} e cakton pozitën e pikës së dhënë. Ai vektor i tërhequr prej fillimit të koordinatave te pika e dhënë (fig. 5).

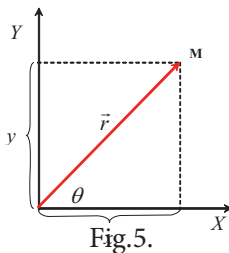


Fig.5.

Në pajtim me barazimin (2) rreze vektori mund të shkruhet nëpërmjet projeksioneve të tij x dhe y në këtë formë:

$$\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j} \quad (4)$$

Prej gjeometrisë te figura mund të shohim se rreze vektori dhe projeksionet e tij ndërtojnë trekëndësh kënddrejtë. Lidhja ndërmjet vektorit dhe komponentëve të tij është përcaktuar me këndin θ

$$\begin{aligned} \frac{x}{r} &= \cos \theta \\ \frac{y}{r} &= \sin \theta \\ \frac{x}{y} &= \operatorname{tg} \theta \end{aligned} \quad (5)$$

madhësia e rreze vektorit t është i barabarë me

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (6)$$

Vektorët mund të mblidhen, zbriten dhe shumëzohen. Gjatë shumëzimit të vektorit \vec{a} me skalarin m fitohet vektor i ri \vec{b} :

$$\vec{b} = m \vec{a} \quad (7)$$

madhësia e të cilit është $|m|$ herë më i madh se madhësia e vektorit \vec{a} ($b = |m| a$).

Drejtimi i vektorit \vec{b} puthitet me drejtimin e vektorit \vec{a} . Kahja e vektorit \vec{b} ose puthitet me kahen e vektorit a (nëse $m > 0$), ose është i kundërtë me kahen e vektorit \vec{a} (nëse $m < 0$). Për shembull, nëse vektori i dhënë \vec{a} shumëzohet me skalarin 2, atëherë fitohet vektor i ri që është dyherë më i gjatë se vektori \vec{a} (fig. 6.a). Nëse vektori i dhënë shumëzohet me skalarin -1, fitohet vektori $-\vec{a}$ i cili quhet vektori i kundërtë (negativ) i vektorit \vec{a} . Vektorët \vec{a} dhe $-\vec{a}$ kanë madhësi të barabarta, por kahe të kundërt (fig. 6. b). Vektori jozero fitohet nëse cilido qoftë vektor shumëzohet me skalarin 0. Ai e ka madhësinë zero, por nuk ka kahe.

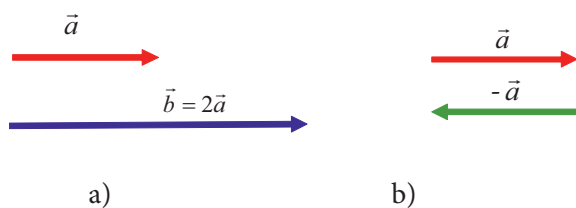


Fig. 6

Që ta definojmë rregullën për mbledhjen e vektorëve, të mendojmë se kemi dy vektor të dhënë si te figura 7: vektori \vec{a} e ka gjatësinë 2 dhe formon kënd prej 30° në lidhje me ndonjë vijë referente; vektori \vec{b} e ka gjatësinë 1, me drejtimin të përcaktuar me këndin prej 60° në lidhje me vijën e njëjtë referente. Nëse duam që të njehsojmë shumën $\vec{a} + \vec{b}$, atëherë vektorin \vec{b} , e zhvendosim paralelisht me vetveten, ashtu që fillimi i tij të gjendet në mbarimin e vektori \vec{a} . Atëherë vektori i ri \vec{c} që fitohet gjatë lidhjes së fillimit të vektorit \vec{a} dhe mbarimin e vektorit \vec{b} , quhet *shuma e vektorëve \vec{a} dhe \vec{b}* (fig. 7.a):

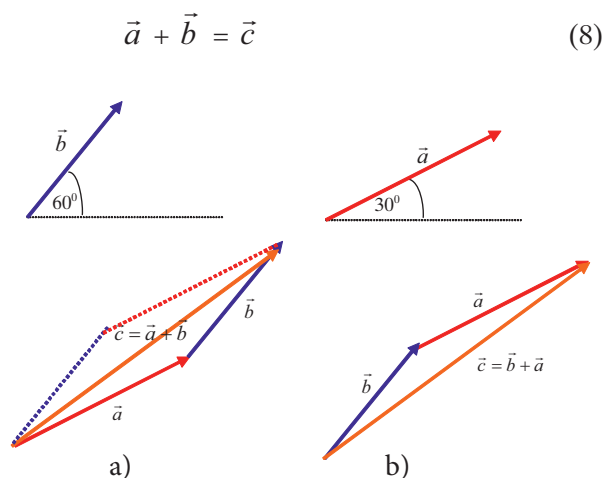


Fig. 7.

Nëse dëshirojmë ta fitojmë shumën $\vec{b} + \vec{a}$, veprojmë në të njëjtën mënyrë me atë dallim që tani fillimi i vektorit \vec{a} me zhvendosje paralele silltet te mbarimi i vektorit \vec{b} (fig.7.c). Prej figurave të sipërme shihet se për mbledhjen e vektorëve vlen

ligji komutativ, d.m.th., se

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a} \quad (9)$$

Do të vërejmë se vektori $\vec{a} + \vec{b}$ paraqet diagonalen e paralelogramit të përcaktuar me vektorët \vec{a} dhe \vec{b} (fig.7.a). Për këtë shkak rregulla mbledhjen e vektorëve është e njohur si *rregulla e paralelogramit*.

Për mbledhjen e vektorëve vlen ligji asociativ. Për shembull, nëse duhet që të mblidhen vektorët \vec{a} , \vec{b} dhe \vec{c} atëherë na mundemi së pari ta caktojmë shumën $\vec{a} + \vec{b}$ dhe atë ta mbledhim me vektorin \vec{c} , ose së pari ta gjejmë shumën $\vec{b} + \vec{c}$, prandaj pastaj ta shtojmë vektorin \vec{a} . Edhe në të dy rastet fitohet një vektor i njëjtë (fig. 8):

$$\vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}) = (\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} \quad (10)$$

Prej fig. 8 vërejmë se shjuma $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ paraqet vektor të ri i cili fillon në fillimin e vektorit (\vec{a}) dhe mbaron me vektorin e fundit prej shumës (\vec{c}). Kjo rregullë vlen edhe për mbledhjen e çfarëdo numrit të vektorëve.

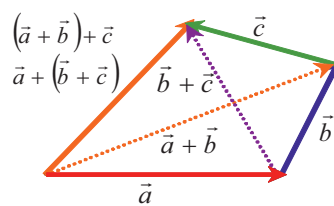


Fig. 8

Nëse është e njohur rregulla për mbledhjen e vektorëve, atëherë e dim të kërkojmë edhe ndryshimin e dy vektorëve, pasi gjithmonë ndryshimin mund ta paraqesim si mbledhje me shenja të kundërt (vektor negativ):

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}) \quad (11)$$

Nëse i kemi vektorët \vec{a} dhe \vec{b} dhe duam ta caktojmë ndryshimin $\vec{a} - \vec{b}$, atëherë[ë së pari e konstruojmë vektorin $-\vec{b}$, kurse pastaj ta mbledhim vektorin \vec{a} (fig.9)

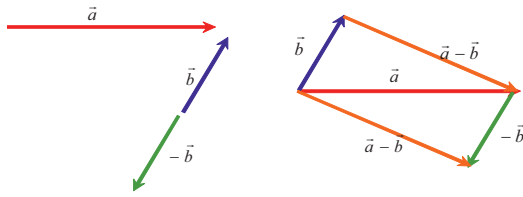


Fig. 9.

Nëse kemi detyrë të cilat duhet të mblihdhen vektorët, kurse zgjidhja është trekëndësh këndngushtë, detyra zgjidhet me zbatimin e teoremës së kosinusit dhe teoremës së sinusit.

Teorema e kosinusit thotë: *katrori i brinjës së trekëndëshit është i barabartë me shumën e katrorëve të të dy brinjëve tjera e zvogëluar prej prodhimit të dyfishtë të të dy anëve dhe kosinusit të këndit ndërmjet tyre.* Këtë do ta vërejmë për shembull të vizatuar më poshtë:

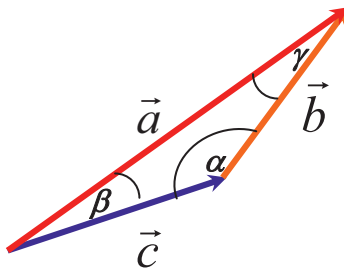


Fig. 10.

$$\begin{aligned} a^2 &= b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha \\ b^2 &= a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \beta \\ c^2 &= a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma \end{aligned} \quad (12)$$

Teorema e sinusit thotë: *brinjët e trekëndëshit janë proporcionale me sinusët e këndeve që shtrihen përballë atyre brinjëve.*

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

Për trekëndëshin e njëjtë të zbatuar më lartë i njëjtë trekëndësh i zbatuar më lartë teorema e sinusit e jep teoremën:

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$\begin{aligned} \frac{a}{c} &= \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \\ \frac{b}{c} &= \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \end{aligned} \quad (13)$$

Kur trekëndëshi është kënddrejtë, shprehjet thjeshtohen për shkak të vlerave të kosinusit dhe sinusit për kënde të drejtë.

Shembulli 1. Nëse koordinatat e vektorit të parë janë $\vec{a}(1,-2)$ dhe $\vec{b}(5,4)$, të caktohen komponentet, madhësia dhe kahja e shumës dhe ndryshimit të dy vektorëve.

$$\vec{a} + \vec{b} = (1+5, -2+4) = (6, 2)$$

$$\vec{a} - \vec{b} = (1-5, -2-4) = (-4, -6)$$

Madhësitë janë:

$$|\vec{a} + \vec{b}| = \sqrt{6^2 + 2^2} = \sqrt{40} = 2\sqrt{10}$$

$$|\vec{a} - \vec{b}| = \sqrt{(-4)^2 + (-6)^2} = \sqrt{52} = 2\sqrt{13}$$

Shembulli 2. Aeroplani fluturon në kahe 300 prej veriut me shpejtësi prej 500 km/s, kur fillon të fryn era me shpejtësi prej 37 km/h në kahe prej 300 prej perëndimit. Cila do të jetë madhësia dhe kahja e shpejtësisë së aeroplanit nëse piloti nuk e bën fluturimin për shkak të ndikimit të ajrit? I njehsojmë komponentet e vektorëve të shpejtësisë dhe të aeroplanit dhe të erës.

$$\text{Aeroplani: } v_1 = 500 \cos(600) = 250 \text{ km/h}$$

$$v_2 = 500 \sin(600) = \sim 433 \text{ km/h}$$

$$\text{Era: } u_1 = 37 \cos(300) = 32 \text{ km/h}$$

$$u_2 = 37 \sin(300) = 18,5 \text{ km/h}$$

Vektori i shpejtësisë së aeroplanit nën ndikimin e ajrit \vec{m} do të jetë shumë e të dy vektorëve $\vec{m} = \vec{v} + \vec{u}$, kurse komponentet e tij shumë prej komponentëve të të dy vektorëve \vec{v} dhe \vec{u} .

$$m_1 = v_1 + u_1 = 250 + 32 = 282 \text{ km/h;}$$

$$m_2 = v_2 + u_2 = 433 + 18,5 = 451,5 \text{ km/h}$$

Madhësia e vektorit do të jetë e me:

$$m = |\vec{v} + \vec{u}| = \sqrt{282^2 + 451,5^2} = 532,3 \text{ km/h}$$

Kahja e vektorit të përbashkët të caktuar me

$$\operatorname{tg} \left(\frac{v_2 + u_2}{v_1 + u_1} \right) = \operatorname{tg} \left(\frac{451,5}{282} \right) \approx 58^\circ$$

Kahja e lëvizjes së aeroplanit është 58° kah lindja ose 32° kah veriu. Diagrami i lëvizjes është dhënë te fig. 11.

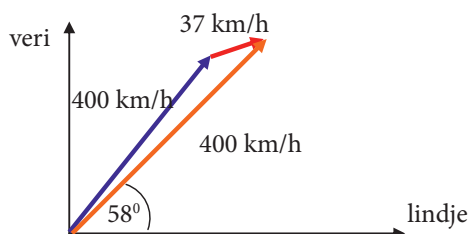


Fig. 11

Detyra:

1. Anija tërhiqet nëpër një kanal me ndihmën e dy litarëve. Nëse forcat me të cilat tërhiqet anija janë përkatësisht 400 N dhe 600 N, kurse këndi ndërmjet litarëve është 60° , të caktohet forca e rezultantes të anijes dhe këndeve që i formojnë litarët me kanal. Supozohet se forca e rezultantes është paralele me kanal.

Ndihmë: zbatoni teoremën e kosinusit.

(Përgjigje: $F_R = 872$ N, $\phi = 23,4^\circ$, $\theta = 36,65^\circ$)

2. Cakto madhësinë dhe kahen e rezultantes të dy forcave 56 N nën këndin prej 250° dhe 43 N nën këndin prej 2200° . Kahet janë dhënë në lidhje me boshtin X. Vizatoni diagramin vektorial. (Përgj. 67,2 N nën $164,6^\circ$)

2.2. LËVIZJET MEKANIKE

Fillimet e mekanikës datojnë qysh prej kohërave të Arkimedit (Archimedes, viti 287-212 p.e.r.). Ai ka konstruktuar makina të ndryshme luftarake, glob qiellor te i cilin kanë mundur të vërejnë lëvizjet e yjeve, si edhe terrimi i Diellit dhe Hënës, makina për ujitje të fushave etj. Njëra nga meritat më të mëdhaja të Arkimedit në mekanikë është krijimi i teorisë së parë të mekanikës së lloshit dhe teorisë së qendrës së masës.

Mekanika në mënyrë intensive është zhvilluar në shekullin XV dhe XVI, me punën e Nikolla Kopernikut (Nikolaus Copernicus, 1473-1543), i cili e krijoi teorinë heliocentrike të lëvizjes së planetëve rreth Diellit, si edhe bazat për shqyrtimin e relativitetit të të gjitha lëvizjeve. Johan Kepleri (Johanes Kepler, 1571-1630), në bazë të përpunimit të vëzhgimeve të lëvizjeve të planetit Mars, i ka definuar ligjet për lëvizje të planeteve. Ato ligje, të njohura si ligje të Keplerit, i kanë mundësuar Isak Njutnit (Isaac Newton, 1642-1727) ta definon ligjin për gravitacionin e përgjithshëm.

Veçanërisht rol të rëndësishëm në zhvillimin e mekanikës ka luajtur Galile Galilei (Galileo Galilei, 1564-1642) i cili e ka vendosur ligjin e parë themelor të dinamikës – ligjin për inercion. Ai i ka vendosur bazat e kinematikës bashkohore. I pari e ka zbuluar ligjin për ramjen e lirë dhe ligjin për lëvizje të trupave, të hedhur nën ndonjë kënd nga horizonti, pa marrë parasysh rezistencën e ajrit. Rol më të madh në definimin e lëvizjes ka Isak Njutni i cili i ka vendosur bazat e mekanikës klasike, me futjen e koncepteve themelore të cilët e karakterizojnë kohën, veprimin reciprok të trupave, hapësirën dhe kohën, si edhe tre ligjet themelore (parimi i mekanikës). Ato parime janë dhënë në librin „Parimet matematikore të filozofisë së natyrës”, ku Njutni i bashkoi, përgjithësoi dhe themeloi arritjet bashkohore në mekanikë. Mekanika është zhvilluar deri në fund të shekullit XIX me paraqitjen e elektricitetit dhe magnetizmit si degë të veçanta të fizikës, të cilat nuk mundën të sqarohen me ligjet e mekanikës.

Në shekullin XX është treguar se mekanika (klasike) e Njutnit nuk mund të zbatohet për lëvizjen e elektroneve dhe grimcave tjera elementare të cilat gjenden te atomet dhe sistemet nukleare (mikrokozmosi). Prandaj ka ardhur deri te krijimi i fushës së re në fizikë, nga ana e shkencëtarit danez Nils Bor (Niels Bohr, 1885-1962), e quajtur **mekanika e kuantit**. Mekanika quhet pjesa e fizikës që i studion

format më të thjeshta të lëvizjes së substancave dhe fushës. Vet emri vjen prej fjalës greke $\mu\upsilon\chi\iota\nu\beta$ që do të thotë makinë. Pjesa e mekanikës që e studion lëvizjen e trupave mikroskopike (trupa me numër të madh të molekulave ose atomeve) me shpejtësi shumë të vogla prej shpejtësisë së dritës në vakuum ($300\,000\text{ km/s}$) njihet me emrin mekanika klasike. Trupat e atillë janë planetet nga sistemi Diellor, satelitët e tyre dhe kometet të cilët lëvizin me shpejtësi të vogël në lidhje me shpejtësinë e dritës. Lëvizja e trupave të cilët lëvizin me shpejtësi të krahasueshme me shpejtësinë e dritës, nuk mund të përshkruhet me mekanikën e Njutnit, për shkak të varësisë së masës së shpejtësisë gjatë lëvizjes me shpejtësi të mëdha, të zbuluar në fillim të shekullit XX, si edhe për shkak të pavarësisë së shpejtësisë së dritës në vakuum prej zgjedhjes së sistemit referent. Ajo ka sjellur deri tge dukuria e teorisë speciale të relativitetit nga ana e Albert Ajnshtajn it në vitin 1905. Në bazë të teorisë speciale, kurse më vonë edhe të teorisë së përgjithshme të relativitetit, formohet mekanika e re e quajtur mekanika relativistike. Në pajtim me mekanikën klasike, shpejtësia e lëvizjes së trupave është e pakufizuar, ndërsa sipas mekanikës relativistike, shpejtësia maksimale që mund ta ketë një trup është shpejtësia e dritës në vakuum. Në praktikë kjo është e pa arritshme, por disa grimca si elektronët mund të lëvizin shumë afër asaj. Te rrezet kosmike janë regjistruar protone, shpejtësia e të cilave janë shpejtësi më të vogla prej shpejtësisë së dritës në vakuum me rend të madhtësisë $10\text{-}10\text{ m/s}$.

Megjithatë, na edhe sot shërbehemi me mekanikën e Njutnit, kur i shqyrtojmë dukuritë në mjedisin tonë, pasi jep rezultate me saktësi mjaft të madhe për trupat me masë të madhe dhe shpejtësi të vogla.

Mekanika i ndan vetitë fizike më elementare të materies, sikurse janë: Format e lëvizjes, shkaqet për shkak të cilëve ajo lëvizje ka ndodhur, kushtet në të cilat ka

ndodhur, por nuk e shqyrton ndërtimin molekular të substancës. Detyra themelore e mekanikës është të cakton vendpozitën e trupit (ose trupave) në çdo moment të kohës.

Mekanika klasike përmban tre pjesë: kinematikës (e cila merret me shqyrtimin e llojeve të lëvizjeve); dinamika (e shqyrton ndikimin e forcave mbi lëvizjen e trupave) dhe statika (i përcakton kushtet për baraspeshë të trupave nën ndikimin e forcave).

2.3. KINEMATIKA

Kinematika është pjesë e mekanikës e cila e studion lëvizjen mekanike pavarësisht prej shkaqeve që e shkaktojnë lëvizjen. Fjala kinematikë vjen prej fjalës greke *kinema*, që do të thotë lëvizje. Për themelues të kinematikës bashkohore llogaritet Galileo Galilei i cili i pari e zbuloi ligjin për ramjen e lirë dhe ligjet për lëvizjen e trupave të hedhur nën ndonjë kënd në lidhje me horizontin.

Ligjet në kinematikë do t'i përkufizojmë duke shqyrtuar lëvizjen e pikës materiale (trupi dimensionet e të cilit mund të elemenohen). Pozita e pikës materiale në hapësirë mund të caktohet vetëm në lidhje me ndonjë trup tjetër (ose grup i trupave) që kushtimisht llogaritet për e palëvizshme. Trupi i atillë quhet *trup referent*. Zgjedhja e trupit referent varet prej kushteve të detyrës së shqyrtuar dhe në të lëvizja të përshkruhet në mënyrë më të thjeshtë. Nëse trupi referent është lidhur me sistemin koordinativ, fitojmë *sistem referent*. Trupi i cili e ndryshon pozitën e tij në lidhje me trupin referent quhet *trup i lëvizur*. Disa trupa në lidhje me trupin referent lëvizin, kurse tjerët të palëvizshëm. Kjo tregon se lëvizjet mekanike janë relative. Kështu tregon se lëvizjet mekanike janë relative. Kështu për shembull, udhëtarët të cilët gjenden në tren, i cili lëviz në lidhje me stacionin e trenit.

Kur pika materiale e ndryshon pozitën në hapësirë në lidhje me trupin referent themi se ai lëviz. Domethënë, me **lëvizje** të pikës materiale nënkuptojmë kalimin e pikës materiale prej pozitës fillestare në përfundimtare (të fundit) në mënyrë të caktuar në varësi të caktuar prej kohës. Gjatë lëvizjes së pikës materiale, me kohën, vendpozita e tij në hapësirë rregullisht ndryshon, duke kaluar prej njëres pikë në tjetrën. Me lidhjen e atyre vendpozitave fitohet **traektorja** (*vija rrugore ose shtegu*) e pikës materiale. Forma e trajektores së pikës materiale varet prej sistemit referent. Sipas kësaj lëvizjet ndahen në drejtvizore dhe të lakuara. Lëvizja drejtvizore kemi nëse trajektorja e lëvizjes është drejtëz, kurse e lakuar nëse trajektorja është çfarëdo lakore. Për shembull, kemi udhëtar që qëndron në platformën që e tërheq lokomotivën. Udhëtarit lëshon trupi lirisht të bien. Trajektorja e trupit në lidhje me vëzhguesin që gjendet në tokë, trajektorja e trupit është parabolë. Shembulli tregon se lëvizja drejtvizore e trupit në lidhje me sistemin referent, mund të jetë i lakueshëm në lidhje me sistem tjetër referent.

Sikurse pozita e pikës materiale në hapësirë caktohet në lidhje me trupin referent ose sistemi referent, gjithashtu edhe koha matet në lidhje me ndonjë moment fillestar. Lëvizja e pikës materiale do të dihet nëse mundet të caktohet pozita e pikës materiale në hapësirë në çdo moment të kohës t , në lidhje me ndonjë sistem referent prej më parë të zgjedhur.

Pozita e pikës materiale në hapësirë në momentin fillestar të kohës quhet **pozita fillestare** e pikës materiale. Lidhja ndërmjet pozitave të pikës lëvizëse materiale në hapësirë dhe koha e caktuar në ligjin e lëvizjes së tij. Detyra themelore e mekanikës është të studiuarit e ligjeve për lëvizjen e trupave.

Kinematika e pikës materiale e përshkruan lëvizjen e pikës materiale pa ndërhyrë në sqarimin e shkaqeve që sjellin deri te lëvizja. Për përshkrimin e lëvizjes së pikës materiale në kinematikë shfrytëzohen konceptet: **trajektorja (shtegu), rruga e kaluar, zhvendosja, shpejtësia dhe nxitimi.**

Zhvendosja e pikës materiale paraqet vektor që i lidh pozitën fillestare dhe përfundimtare në hapësirë në mënyrë të çfarëdoshme, por për interval të kohës së caktuar Δt dhe është plotësisht e përcaktuar me ato pozita. Zhvendosja është madhësi vektoriale.

Pozita e pikës materiale në hapësirë në momentin e dhënë mund të jetë e dhënë me një vektor në lidhje me ndonjë pikë të palëvizshme. Ai vektor quhet **rrezevektor** dhe shënohet me \vec{r} . Rrezevektori i pikës materiale quhet segment i orientuar i drejtëzës që i lidh pikën referente (trupin) O me pikën materiale M . Vendpozita e pikës materiale në hapësirë tërësisht është përcaktuar me rrezevektorin \vec{r} dhe nuk kërkon futje të sistemit koordinativ, por vetëm të trupit referent ose pika (fig. 1).

Gjatë lëvizjes së pikës materiale M rrezevektori \vec{r} mund të ndryshon sipas kahes dhe sipas modulit (fig. 2), përkatësisht të varet prej kohës t . Në momentin e kohës t_1 pozita e pikës materiale M është përcaktuar me rrezevektor \vec{r}_1 , kurse në momentin e kohës t_2 me rrezevektor \vec{r}_2 . Atëherë lëvizja e pikës materiale përshkruhet me barazimin:

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1)$$

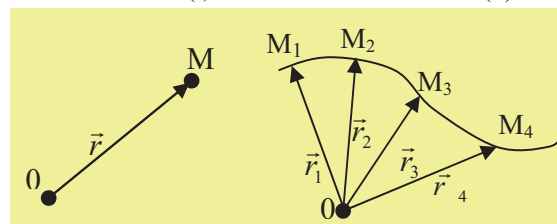


Fig. 1.

Fig. 2.

Nëse rreze-vektori \vec{r} është lidhur me sistemin kënddrejtë koordinativ (fig. 3), atëherë ai është përkufizuar me

$$\vec{r}(t) = \vec{i} \cdot x(t) + \vec{j} \cdot y(t) \quad (2)$$

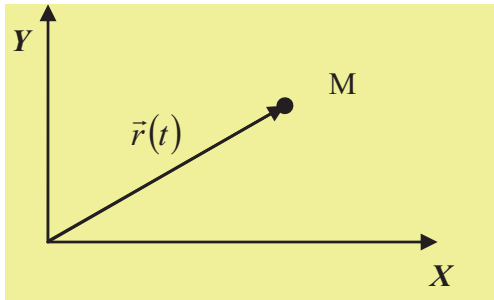


Fig. 1.

Pasi barazimi (1) e përcakton pozitën e pikës materiale në çdo moment të kohës, ajo e përcakton ligjin e lëvizjes të asaj pike. Vendi gjeometrik i skajeve të rreze-vektorëve \vec{r} quhet *trajektorja e pikës materiale* dhe ajo paraqet vijë të saj të lëvizjes. Prandaj barazimi (1) paraqet barazim vektorial të trajektorës së pikës materiale.

Madhësitë themelore të cilat e përkufizojnë lëvizjen janë: *zhvendosja, shpejtësia dhe nxitimi*.

a) Vektori i zhvendosjes.

Ndryshimi i pikës materiale përshkruhet me madhësi fizike e cila quhet *zhvendosje*. Vektori i zhvendosjes njëkohësisht tregon drejtimin dhe kahun e lëvizjes së pikës materiale dhe ka kahun e vendpozitës fillestare nga përfundimtarja. Pozita e pikës materiale M_1 në momentin e kohës t është përcaktuar me rreze-vektorin $\vec{r}_1 = \vec{r}(t)$. Pas intervalit të vogël të kohës (Δt) pika materiale vjen në vendpozitën M_2 , që është përcaktuar me rreze-vektorin $\vec{r}_2 = \vec{r}(t + \Delta t)$. Prandaj ai interval kohor elementar Δt pika materiale zhvendoset prej vendpozitës M_1 në vendpozitën M_2 . Atëherë vektori i zhvendosjes do të jetë dhënë me:

$$M_1 M_2 = \Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t) \quad (3)$$

Moduli (gjatësia e vektorit) të zhvendosjes është e barabartë me largësinë më të shkurtër ndërmjet pozitës përfundimtare dhe fillestare të pikës materiale.

Largësia ndërmjet pikave M_1 dhe M_2 sipas gjatësisë së trajektorës quhet *rruga e kaluar* Δs . Rruga e kaluar është madhësi skalare. Shihet se moduli i vektorit të zhvendosjes gjithmonë është më e vogël ose e barabartë me rrugën e kaluar që i përgjigjet:

$$\Delta r \leq \Delta s$$

Rruga dhe moduli (gjatësia) e vektorit të zhvendosjes puthitet, $\Delta s = |\Delta \vec{r}|$, vetëm gjatë lëvizjes së trupit sipas vijës së parë në një kahe. Në të gjitha rastet moduli i zhvendosjes është më i vogël. Njësia për zhvendosje është metri, m.

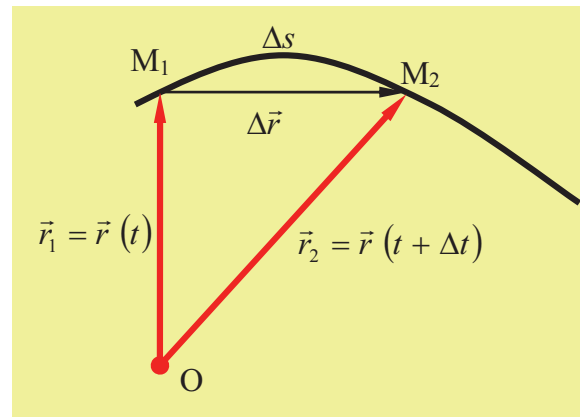


Fig. 4.

b) Vektori i shpejtësisë. Që të mund të kryhet krahasimi i lëvizjeve të ndryshme, është futur madhësia e quajtur *shpejtësia*. Madhësia e cila është e barabartë me raportin e vektorit të zhvendosjes $\Delta \vec{r}$ dhe intervali i kohës Δt për të cilën ka ndodhur ajo zhvendosje quhet *shpejtësia mesatare*, paraqet madhësi vektoriale dhe shënohet me v_{mes} :

$$\vec{v}_{mes} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} \quad (4)$$

Vektori i shpejtësisë mesatare përcaktohet si vektor kahja e të cilës puthitet me kahen e vektorit të lëvizjes $\Delta\vec{r}$ dhe është e barabartë me madhësinë e raportit:

$$|\vec{v}_{sr}| = \frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta t} \quad (5)$$

Nëse duam ta njehsojmë shpejtësinë momentale të trupit në momentin e dhënë të kohës, njehsojmë shpejtësinë mesatare për ndonjë interval të vogël kohore. Me zvogëlimin e intervalit kohor akoma më shumë afrohet deri te vlera momentale e shpejtësisë. Gjatë kushtit Δt të tenton nga zero e përkufizojmë *shpejtësia momentale* \vec{v} :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (6)$$

Drejtimi dhe kahja e vektorit të shpejtësisë momentale puthitet me drejtimin dhe kahen e zhvendosjes të pikës materiale.

Shpejtësia momentale ka kahe sipas tangjentes të trajektorisë të pikës materiale (fig.5). Pasi shpejtësia është madhësi vektoriale, kahja e tij është e njëjta me kahen e vektorit elementar të zhvendosjes, d.m.th. drejtimi i vektorit elementar të zhvendosjes, d.m.th., drejtimi i tangjentes në pikën e dhënë të trajektorës.

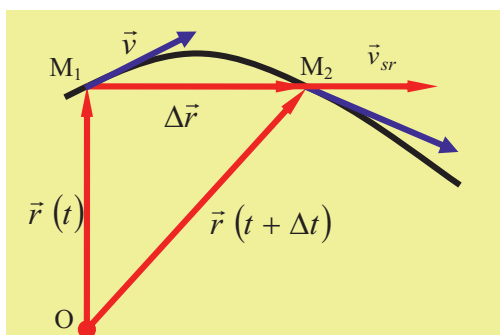


Fig. 5.

Lëvizja e atillë të pikës materiale, ku vektori i shpejtësisë ndryshon vijimin e kohës, quhet *lëvizje e ndryshueshme* ose *jo e njëtrajtshme*.

Nëse lëvizja është drejtvizore atëherë lëvizja momentale në çdo moment të lëvizjes është e pandryshueshme dhe është e njëtrajtshme.

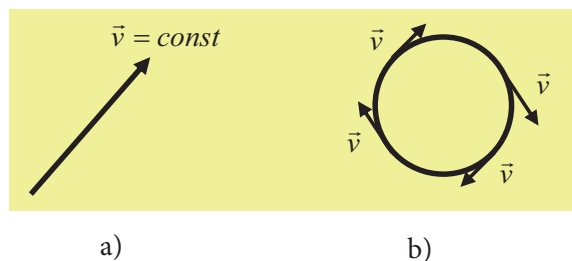


Fig. 6.

Shpejtësia gjatë lëvizjes drejtvizore është konstante, ndërsa gjatë lëvizjes jo drejtvizore është madhësi e ndryshueshme dhe ka vlera të ndryshme në momente të ndryshme të kohës. Njësia për shpejtësinë është metër nën sekondë, m/s.

c) **Nxitimi.** Shpejtësia pikës materiale me vijimin e kohës mund të ndryshon sikurse sipas madhësisë, ashtu edhe sipas kahës. Nëse gjatë kohës shpejtësia nuk ndryshon ($v = const$), atëherë për lëvizjen themi se është e njëtrajtshme. Gjatë lëvizjes me madhësi të pa ndryshueshme, kahja e shpejtësisë mund të mos ndryshon ose të ndryshon gjatë kohës. Nëse kahja dhe madhësia e shpejtësisë nuk ndryshon, atëherë kemi *lëvizje drejtvizore të njëtrajtshme*, (fig.6.a). Nëse madhësia e shpejtësisë nuk ndryshon, por ndryshon vetëm kahja e vektorit të shpejtësisë, atëherë kemi lëvizje të lakuar. Shembull për lëvizje të këtillë të pikës materiale sipas vijës rrethore që paraqet lloj të lëvizjes së nxituar, (fig.6.b).

Nëse shpejtësia ndryshon gjatë kohës, atëherë kemi *lëvizje e nxituar*. Pasi shpejtësia gjatë lëvizjes jo të njëtrajtshme të pikës materiale paraqet madhësi të ndryshueshme, që të përshkruhet futet madhësi e re të quajtur *nxitim*. Nxitimi tregon se si ndryshon shpejtësia gjatë kohës. Raporti i ndryshimit të vektorit shpejtësisë dhe intervalit kohor të drejt të ndryshimit të vektorit të shpejtësisë dhe intervali kohor për të cilin ai ndryshim ka ndodhur.

e japin, e jep edhe shpejtësinë mesatare e jep nxitimin mestara \vec{a}_{mes} të kësaj pike materiale te intervali i pikës materiale në intervalin e dhënë kohor, ku $\vec{v}(t)$ është shpejtësia e momentit fillestar të lëvizjes, kurse $\vec{v}(t + \Delta t)$ është shpejtësia e pozitës përfundimtare shpejtësia të pikës materiale pas intervalit kohor Δt :

$$\vec{a}_{mes} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} \quad (7)$$

Nëse duam ta caktojmë nxitimin e pikës materiale në momentin e dhënë atëherë intervali kohor do ta zvogëlojmë deri sa nuk fitohet shumë vlerë e vogël. Atëherë e definojmë nxitimin momental të pikës materiale se si vlera kufitare e definojmë nxitimin momental të pikës materiale si vlerë kufitare prej nxitimit mesatar \vec{a}_{mes} kur Δt tenton nga zero. Njësia për tenton nga nxitimi është metri në sekondë në katror, m/s^2 .

2.4. LIGJI PËR LËVIZJE TË PIKËS MATERIALE

Në formën e përgjithshme ligji për lëvizjen e pikës materiale thotë

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2} \quad (1)$$

Këtu \vec{r}_0 është pozita fillestare e pikës materiale, \vec{r} është konstante e pozitës pas kohës t .

Shpejtësia e pikës materiale në formën vektoriale është definuar me:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t \quad (2)$$

ku \vec{v}_0 është shpejtësia fillestare e lëvizjes.

Të shqyrtojmë lëvizje njëdimensionale të pikës materiale. Lëvizja është drejtvizore. Në momentin e kohës $t_1 = t$ pika materiale gjendet në pozitën M_1 , atëherë koordinata e saj do të jetë e barabartë me $x_1 = x(t)$. Pas një kohe $t_2 = t + \Delta t$, pika materiale do të zhvendoset në pozitën M_2 , koordinata e së cilës është e barabartë me $x_2 = x(t + \Delta t)$, fig.1.

Për kohën Δt pika materiale ka kaluar largësinë:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = x(t + \Delta t) - x(t) \quad (3)$$

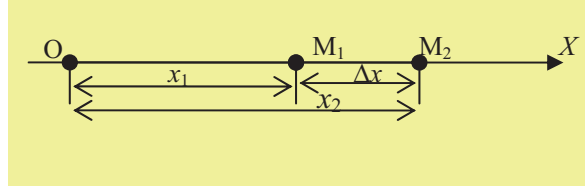


Fig.1.

Raporti i rritjes së koordinatës Δx nga intervali kohor Δt (për të cilën ka ndodhur ajo rritje), quhet shpejtësia mesatare e pikës materiale për kohën ndërmjet t dhe $t + \Delta t$. Sipas definicionit, shpejtësia mesatare e pikës materiale është e barabartë me:

$$v_{me} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} \quad (4)$$

Nxitimi mesatar është ndryshimi i shpejtësisë me kohën. Sipas definicionit, ai është i barabartë me:

$$a_{mes} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} \quad (5)$$

Lëvizja e ndryshueshme e pikës materiale me nxitim konstant quhet lëvizje e nxitimit të njëtrajtshëm ose lëvizje drejtvizore e ndryshueshme. Në rastet e shpeshta lëvizja e nxitimi drejtvizor është drejtvizor.

2.5. LËVIZJA NJËDIMENSIONALE E PIKËS MATERIALE

Gjatë lëvizje së nxitimit drejtvizor dhe drejtvizor të pikës materiale vektori i shpejtësisë (shpejtësia e momentit) \vec{v} ndryshon vetëm sipas madhësisë. Do të jetë e përshtatshme të marrim lëvizje drejtvizore e pikës materiale sipas gjatësisë së boshtit X me shpejtësinë fillestare \vec{v}_0 :

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t \quad (1)$$

Pasi të gjithë vektorët, $(\vec{v}, \vec{v}_0, \vec{a})$, shtrihen në një drejtëz sipas gjatësisë së boshtit X , ato janë jolinear dhe vlerat absolute të projeksioneve të tyre janë të barabarta me ato vektor. Shenjat e projeksioneve varen prej kaheve të atyre vektorëve në lidhje me boshtin koordinativ tani më të zgjedhur X , (fig.1).

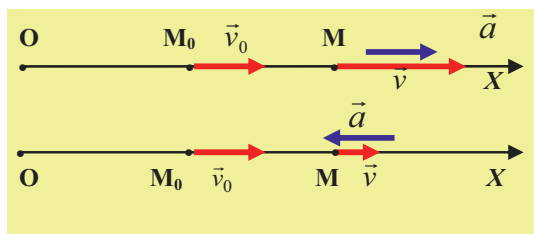


Fig. 1.

Nëse kahet e vektorit të shpejtësisë fillestare \vec{v}_0 dhe vektorit të nxitimit janë të barabarta dhe puthiten me kahen pozitive të boshtit X , atëherë moduli i shpejtësisë së pikës materiale rritet gjatë kohës:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (2)$$

Themi se ajo nxitohet. Nëse tani, kahja e nxitimit \vec{a} është e kundërt me kahen e shpejtësisë fillestare \vec{v}_0 , atëherë moduli i shpejtësisë së pikës materiale gjatë kohës zvogëlohet:

$$v = v_0 - a \cdot t \quad (3)$$

Pika materiale ngadalësohet ose frenon. Domethënë, lëvizjet drejtvizore të ndryshueshme sipas vijës së drejtë ndahen në të nxituara dhe të ngadalësuara. Megjithatë, në mekanikë çdo lëvizje drejtvizore jo të barabartë quhet e nxituar. Lëvizja e nxituar dallohet prej lëvizjes së nxituar vetëm sipas projeksionit të vektorit të nxitimit të boshtit koordinativ të zgjedhur.

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$$

Projeksioni i vektorit të zhvendosjes në boshtin X është dhënë barazimi:

$$\Delta x = x - x_0 = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad (4)$$

Për koordinatat (pozitën) x të pikës materiale në momentin e kohës t fitohet shprehja:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad (5)$$

ku x_0 është koordinata e trupit në momentin e kohës $t_0 = 0$.

Gjatë lëvizjes drejtvizore të njëtrajtshme pika materiale me shpejtësi konstante lëviz me shpejtësi konstante $\vec{v} = const$, ($\vec{a} = 0$), atëherë vektori i zhvendosjes Δr përcaktohet prej:

$$\Delta \vec{r} = \vec{v} \cdot t \quad (6)$$

kurse projeksioni i tij X përcaktohen me formulën:

$$\Delta r_x = x = v \cdot t \quad (7)$$

Koordinata x e pikës materiale në momentin e kohës t përcaktohet me formulën:

$$x = x_0 + v_0 t \quad (8)$$

ku x_0 është koordinata e pikës materiale në momentin e kohës $t_0 = 0$. Përfundimi: Gjatë lëvizjes me nxitim konstant shfrytëzohen këto tre barazime:

$$\Delta x = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad (9)$$

$$v = v_0 + a t \quad (10)$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (11)$$

Ato nuk vlejné nëse nxitimi ndryshon

Rasti special i lëvizjes drejtvizore të nxitimit të barabartë kemi kur lëvizja realizohet në drejtim vertikal (*rënia e lirë ose predhë*).

2.6. RËNIA E LIRË. PREDHA VERTIKALE

Koncepti i rënies së lirë për herë të parë e ka futur Galileo Galilei. Eksperimentet e tija kanë sjellur deri te njohuritë se të gjithë trupat bien me shpejtësinë e njëjtë, pa dallim të masës së tyre. Galilei eksperimentet e tij i ka krye duke lëshuar trupat me masa të ndryshme nga Kulla e shtrembër e njohur në Pizë. Trupi që lirshëm bie lëviz vetëm nën ndikimin e gravitacionit të Tokës (forca pesha). Këto trupa kanë nxitim të orientuar nga qendra e Tokës. Më vonë këto ide të Galileit i ka marrë Njutni për përkufizimin e ligjeve të tij për lëvizjen.

Gjatë lëvizjes së këtyllë njëdimensionale boshti koordinativ zgjidhet në drejtim të boshtit Y, kurse kahja zgjidhet lartë ose poshtë varësisht prej kushteve të detyrës. Nxitimi \vec{a} është i barabartë me nxitimin e Tokës (ose nxitimi gjatë rënies së lirë), $\vec{a} = \vec{g}$.

Çdonjëri din se gravitacioni është më i dobët te Hëna, por në realitet ajo është e barabartë çdo kund në Tokë.

Madhësia e nxitimit të Tokës ndryshon varësisht prej ku matet. Në gjerësinë gjeografike prej 450 është e barabartë me $9,81 \text{ m/s}^2$, te polet është $9,83 \text{ m/s}^2$, kurse në ekuator është zero lartësi mbidetare është $9,78 \text{ m/s}^2$, kurse mbi lartësinë prej 6000 m është $9,76 \text{ m/s}^2$. Faktorët kryesor të cilët ndikojnë në vlerën e nxitimit të Tokës janë gjerësia gjeografike dhe lartësia mbidetare.

Barazimet e lëvizjes drejtvizore të barabartë për vektorin e zhvendosjes $\Delta\vec{r}$ dhe shpejtësisë \vec{v} sipas gjatësisë së drejtimin vertikal, fig 1, janë dhënë me shprehjet:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (1)$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t \quad (2)$$

Projeksionet e tyre sipas gjatësisë së boshtit Y do të jenë:

$$v_y = v_{0y} \pm g \cdot t \quad (3)$$

$$\Delta r_y = \Delta y = y - y_0 = v_{0y} t \pm \frac{g t^2}{2} \quad (4)$$

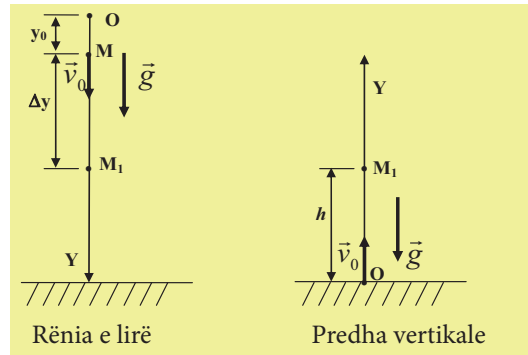


Fig. 1.

Shenja \pm tregon + për rënie të lirë dhe - për predhë vertikale. Nëse trupi bie pa shpejtësi fillestare, $\vec{v}_0 = 0$, për rrugën e kaluar fitohet:

$$y = y_0 + \frac{g t^2}{2}, \quad \Delta y = \frac{g t^2}{2} \quad (5)$$

PYETJE, DXETYRA, AKTIVITETE

1. Automobili prej qetësisë me nxitim konstant ku gjatë kohës prej 5,21 s kalon largësinë prej 110 m. Të caktohet nxitimi i automobilin.

(Përgj. $8,1 \text{ m/s}^2$)

2. Inxhinieri ndërton pistë të aerodromit. Aero-planët që aterojnë kanë nxitim minimal prej 3 m/s^2 . Shpejtësia e nevojshme aeroplani të fluturon është 65 km/h . Nën supozimin për nxitimin minimal, sa minimum i duhet të jetë gjatësia e shtegut për të arritur nxitimin e nevojshëm?

(Përgj. 704 m)

3. Kenguri mund të hidhet deri në lartësi prej 2,62 m. Sa duhet të jetë shpejtësia e tij fillestare që ta arrin atë lartësi?

(Përgj. $7,17 \text{ m/s}$)

4. Fëmia rregullisht hidhet lartë poshtë në tram-polinë. Definoni shenjat dhe madhësinë e nxitimit

të tij, së bashku me momentin kur është në ajër dhe momentin kur me këmbët e prek trambolinën.

5.A mundet trupi të ketë nxitim konstant, por ta ndryshon kahen e shpejtësisë së tij?

6.A mundet trupi të ketë shpejtësi që është pozitive dhe është rritëse në të njëjtën kohë për të cilën nxitimi zvogëlohet.

7.Përpiqeni të shpëtoni grua më të vjetër prej rrugës në kamionë të shpejtë. Mundeni t'i jepni nxitim prej 20 m/s^2 . Nëse gruaja në fillim është e qetë, sa kohë është e nevojshme që të zhvendoset 2 m. (Përgj. $\sim 0,45 \text{ s}$)

Lëvizja e lakuar e pikës materiale mund ta shqyrtojmë te lëvizjet dydimensionale si edhe te predha horizontale dhe e pjerrët.

2.7. LËVIZJA DYDIMENSIONALE E PIKËS MATEDRIALE

Gjatë lëvizjes së pikës materiale në rrafsh, lëvizjen e trupit e definojmë me projeksionet e barazimit të lëvizjes $\vec{r} = \vec{r}(t)$ sipas gjatësisë së boshtit x dhe y :

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad (1)$$

Gjatë lëvizjes së këtyllë dydimensionale, shpejtësia do të ketë dy komponente v_x dhe v_y ,

$$v_x(t) = \frac{\Delta x(t)}{\Delta t} \quad v_y(t) = \frac{\Delta y(t)}{\Delta t}$$

kurse vlera e saj do të caktohet prej formulës

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2)$$

Nxitimi i pikës materiale do të jetë:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (3)$$

Ku komponentet përcaktohen me:

$$a_x(t) = \frac{\Delta v_x(t)}{\Delta t} \quad a_y(t) = \frac{\Delta v_y(t)}{\Delta t} \quad (4)$$

Lëvizjen e lakuar të pikës materiale mund ta shqyrtojmë te lëvizja dydimensionale si predhë horizontale.

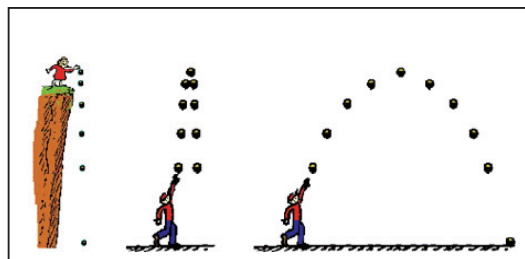


Fig.1.Rënia e lirë, predha vertikale dhe predha e pjerrët

2.8. PREDHA HORIZONTALE DHE E PJERRËT

Kurse vlera e tij do të caktohet prej formulës: Lëvizja e trupit i hedhur në drejtimin horizontal quhet *predha horizontale*.

Nëse marrim dy topa dhe njërin e hedhim me ndonjë shpejtësi fillestare prej ndonjë lartësie, kurse tjetrin e lëshojmë prej lartësisë së njëjtë lirshëm të bie, do të vërejmë se të dy topat do të bien në tokë në të njëjtën kohë. Prej lartë duke shikuar trupi i hedhur është zhvendosur sipas gjatësisë së boshtit X , deri sa trupi i lëshuar lirshëm të bie nuk kryen kurrfarë zhvendosje horizontale.

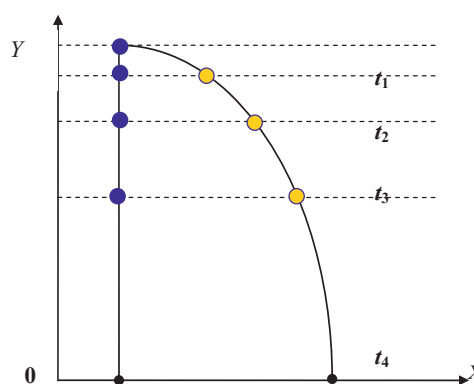


Fig. 1.

2. Kinematike

Do të shqyrtojmë një trup të hedhur prej lartësisë h në drejtimin horizontal me shpejtësi fillestare \vec{v}_0 . Gjatë shqyrtimit të problemit do ta eliminojmë rezistencën e mjedisit. Vendosim sistem koordinativ XOY me fillim koordinativ 0 të Tokës, me pikë e fillimit të lëvizjes së trupit. Bosh-ti X ka krah të njëjtë me vektorin e shpejtësisë fillestare \vec{v}_0 . Vektori i nxitimit të Tokë \vec{g} ka krah vertikale poshtë. Barazimet vektoriale për shpejtësinë dhe zhvendosja janë këto

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t \quad (1)$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (2)$$

Projeksionet e tyre sipas gjatësisë së boshteve X dhe Y janë dhënë më poshtë:

$$v_x = v_{0x} + g_x t = v_0 \quad (3)$$

$(g_x = 0 ; v_x = v_{0x} = v_0)$

$$\Delta r_x = v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} \quad (4)$$

$$\Delta r_x = v_{0x} t = v_0 t \quad (5)$$

$$v_y = v_{0y} + g_y t = -gt \quad (6)$$

$(v_{0y} = 0, g_y = -g)$

$$\Delta r_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} = -\frac{g t^2}{2} \quad (7)$$

Barazimet e lëvizjes në formën koordinative e kanë formën:

$$\Delta x = x - x_0 = v_0 t ; \quad (8)$$

$$\Delta y = y - y_0 = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (9)$$

Pasi $y_0 = h, x_0 = 0$, mund të shkruhet:

$$x = v_0 t ; \quad y = h - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (10)$$

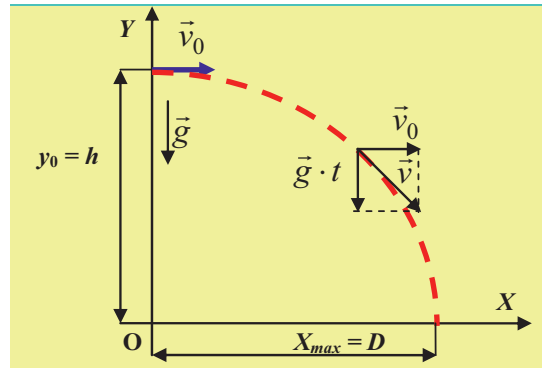


Fig. 2.

Të dy barazimet e paraqesin ligji për lëvizjen e trupit forma koordinative. Për komponentet shpejtësia është

$$v_x = v_0 ; \quad v_y = -g t$$

Shpejtësia e përgjithshme përcaktohet me:

$$v = \sqrt{v_0^2 + (-gt)^2} \quad (11)$$

Barazimin e trajektorës $y = y(t)$ do ta gjejmë nëse prej barazimeve të lëvizjes së trupit e eliminojmë kohën. Prej barazimit të parë ($x = v_0 t$) e shprehim kohën dhe e zëvendësojmë te barazimi (10):

$$t = \frac{x}{v_0} ;$$

$$y = y_0 - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{x}{v_0} \right)^2 = ;$$

$$= y_0 - \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2 ; \quad (12)$$

Trajektorja e trupit të hedhur prej lartësisë h në krah horizontal është **parabolë**.

Caku horizontal quhet largësia maksimale që do ta arrin trupi në krah horizontal:

$$x_{max} = D$$

Kushti që të arrihet $x_{\max} = D$ është $y = 0$ (koordinata y duhet të jetë e barabartë me zero):

$$y = h - \frac{g \cdot t^2}{2} = 0 ; h = \frac{g \cdot t^2}{2} ,$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (13)$$

$$x_{\max} = D = v_0 t =$$

$$= v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2h v_0^2}{g}} \quad (14)$$

Predha e pjerrët. Lëvizja e trupit të hedhur nën ndonjë kënd me horizontin me ndonjë shpejtësi fillestare \vec{v}_0 quhet predhë e pjerrët. Do të shqyrtojmë një trup me lëvizje të atilë dhe do ta gjejmë ligjin e lëvizjes së trupit në formën koordinative, barazimi i trajektorës $y = y(t)$, koha t_1 për të cilën arrihet caku vertikal maksimal, caku vertikal maksimal $y = y_{\max}$, koha t_1 për të cilën arrihet, caku horizontal maksimal $x = x_{\max}$ dhe koha t_2 për të cilën arrihet x_{\max} .

Barazimet e lëvizjes dhe të shpejtësisë së trupit janë dhënë në formën e përgjithshme:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t$$

Vendosim sistem koordinativ XOY me fillim të koordinatave 0 në vendin ku është hedhur trupi, sikurse në vizatim (fig. 3).

$$\Delta r_x = v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} = v_{0x} t \quad (15)$$

Pasi $g_x = 0$;

$$v_x = v_{0x} \quad (16)$$

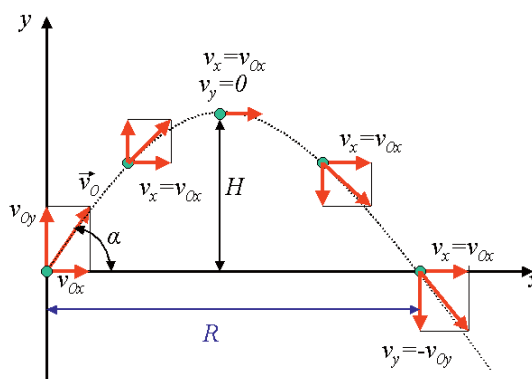


Fig.3.

Projeksioni i boshtit Y jep:

$$\Delta r_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} \quad (17)$$

$$\Delta r_y = v_{0y} t - \frac{g t^2}{2}$$

Pasi $g_y = g$;

$$v_y = v_{0y} = g t \quad (18)$$

Barazimet e projeksioneve të vektorit të zhvendosjes $\Delta \vec{r}$ të boshteve koordinative janë:

$$\Delta r_x = \Delta x = v_{0x} \cdot t ;$$

$$\Delta r_y = \Delta y = v_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Prej fig. 3 vijon:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad ; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha \quad ;$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad ; \quad v_y = v_0 \sin \alpha \pm g t$$

Me zëvendësim përkatës për projeksionet e vektorit të zhvendosjes, fitohet:

$$\Delta r_x = \Delta x = x - x_0 = v_0 \cos \alpha \cdot t \quad ;$$

$$\Delta r_y = \Delta y = y - y_0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Në rastin e dhënë merret $x_0 = 0$ dhe $y_0 = 0$. Prandaj për koordinatat x dhe y fitohet:

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t; \quad (19)$$

$$y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (20)$$

Këto dy barazime i paraqesin ligjin për lëvizjen e trupit të hedhur me shpejtësi fillestare \vec{v}_0 nën këndin α nga horizonti, të dhënë në formën parametrike.

Që ta gjejmë barazimin e trajektores duhet të eliminojmë kohën prej të dy barazimeve. Do ta shprehim kohën prej barazimit (19) dhe do ta fusim te barazimi (20):

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha};$$

$$y = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cos \alpha}\right)^2}{2}$$

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (21)$$

Shprehja e fundit e jep barazimin e trajektores së pikës materiale. Prej saj mundemi ta definojmë cakun horizontal maksimal y_{\max} që arrin në momentin e kohës t_1 kur është plotësuar kushti $v_y = 0$. Pasi komponenta e shpejtësisë s shpejtësia sipas gjatësisë së boshtit Y - është e barabartë me

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g t,$$

për $y=0$ fitohet:
$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

$$y_{\max} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} \quad (22)$$

Është e qartë se lartësin më të madhe trupi do ta arrin nëse vlen kushtie $\sin \alpha = 1$

ose $\alpha = 90^\circ$, kurse ai është rasti kur trupi është hedhur vertikalisht lartë.

Maksimumi i cakut horizontal $x_{\max} = D$ caktohet prej gjatë futjes së kushtit $y = 0$ te barazimi i trajektores dhe definoimi i kohës t_2 që pastaj futet te shprehja për komponentin horizontale:

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g \cdot t_2^2}{2} = 0$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_2 = \frac{g \cdot t_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$t_2 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = 2 t_1$$

$$x_{\max} = v_0 \cos \alpha \cdot t_2$$

$$x_{\max} = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (23)$$

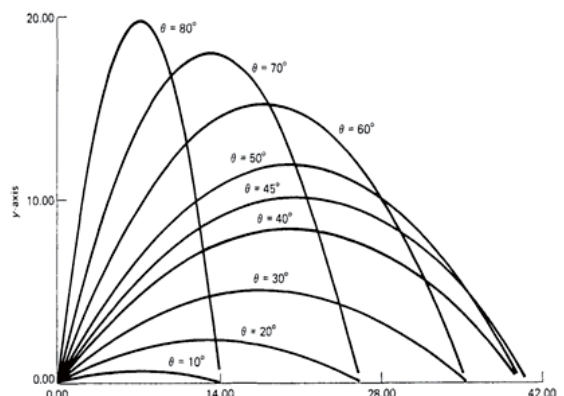


Fig.1.33.Prdhat e pjerrëta nën kënde të ndryshme. Prej figurës shihet se do të kemi cak maksimal kur $\sin 2\alpha = 1$, $\alpha = 45^\circ$.

Shembulli 1. Trupi i hedhur horizontalisht me shpejtësi fillestare $v_0 = 3,50$ m/s, prej lartësisë $y_0 = 4,00$ m. Nëse eliminohet rezistenca e ajrit, a) cakto kohën për të cilën trupi do të bie në tokë, b) cakto horizontal, c) shpejtësia me të cilën trupi bie

2. Kinematike

në tokjë dhe ç) nëse trupi hedhet horizontalisht prej lartësisë së njëjtë, cila është koha e fluturimit?

Zgjidhje: a) Te shprehja e rrugës së kaluar e fusim vlerën e zeros për lartësinë y . Prej këtu e fitojmë kohën e fluturimit.

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$0 = 4,00 - \frac{9,81 t^2}{2}$$

$$t^2 = 2 \cdot 4,00 / 9,81 = 0,815 s^2$$

$$t = 0,903 s$$

b) Caku horizontal caktohet prej shprehjes për komponentën horizontale të shpejtësisë

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t = 3,50 \cdot 0,903 = 3,45 \text{ m}$$

c) Shpejtësia me të cilën bie trupi në tokë është përcaktuar prej të dy komponenteve:

$$v_x = v_{0x} + a_x t = v_{0x} = 3,50 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$$

$$= \sqrt{(3,5)^2 + (9,81 \cdot 0,903)^2} = 9,53 \text{ m/s}$$

ç) Nëse trupi hedhet me shpejtësi dyfish më të madhe, koha është e njëjtë pasi nuk varet prej shpejtësisë fillestare.

Shembulli 2. Futbollisti e hedh topin në këndin prej 37° nga horizonti me shpejtësi fillestare prej 25 m/s. Të caktohet: komponenta horizontale dhe vertikale e shpejtësisë fillestare; madhësia dhe kahja e shpejtësisë, si edhe lartësia dhe largësia horizontale e topit nga 1,5 s.

a) $v_{0x} = v_0 \cos \alpha = 20 \text{ m/s}$; $v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 15 \text{ m/s}$

b)

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 - 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2}$$

$$v = \sqrt{(20)^2 + (0)^2} = 20 \text{ m/s}$$

$$\tan \alpha = \frac{0}{20} = 0, \quad \alpha = 0$$

c) $y_{1,5} = v_0 t - \frac{g \cdot t^2}{2} =$

$$15,0 \cdot 1,5 - \frac{9,81 \cdot 1,5}{2} = 11,3 \text{ m}$$

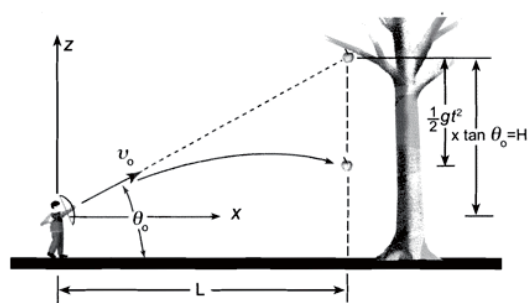
$$x_{1,5} = v_{0x} t = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ m};$$

Shembulli 3. Shigjeta është hedhur nga molla në momentin kur ajo bie prej drurit. Si duhet të jetë e orientuar shigjeta që ta qëllon mollën? gill 2

Zgjidhje: Shkruhen barazimet e lëvizjes së mollës dhe të shigjetës.

$$x_j = L; \quad z_j = H - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$x_s = v_{0x} T; \quad z_s = v_{0z} t - \frac{g \cdot T^2}{2}$$



Trajektorja e shigjetës e cila e qëllon mollë që bie.

Në momentin e goditjes, $t = T$, patjetër të kemi:

$$L = v_{0x} T \rightarrow T = \frac{L}{v_{0x}}$$

$$v_{0z} t - \frac{g \cdot t^2}{2} = H - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$v_{0z} \frac{L}{v_{0x}} = H \quad \frac{v_{0z}}{v_{0x}} = \frac{H}{L}$$

PYETJE, DETYRA, AKTIVITETE:

1. Guri i hedhur horizontalisht prej shkrepit dhe pas 3 s bie në tokë, në largësi 40 m prej vendit të hedhjes. Sa është i lartë shkrepiti? (Përgj. 44,1 m)

2. Prej aeroplanit në lartësi 300 m është hedhur horizontalisht raketë me shpejtësi fillestare

120 m/s. Me çfarë shpejtësie fluturon raketa, kur raketa do të bie, sa kohë do të jetë në ajër, dhe sa është caku maksimal, sa është komponenta ver

tikale e shpejtësisë. (Përgj. 120 m/s, 7,82 s; 938 m; -76,7 m/s) 3. Fëmija hedh top me shpejtësi prej 25,3 m/s nën këndin prej 43° drejt në mur. Muri është i larguar 21,8 m prej fëmijës. Për sa kohë topi do të godit murin? Në çfarë lartësie do të godit? Cilat janë komponentat horizontale dhe vertikale të shpejtësisë me të cilën topi e godit murin? A e ka kaluar pikën më të lartë prej trajektorës?

2.9. LËVIZJA E LAKUAR E PIKËS MATERIALE

Shqyrtojmë lëvizje të pikës materiale sipas ndonjë lakore rrafshore (fig. 1). Ajo është e definuar me trajektoren dhe barazimin e lëvizjes. Shpejtësia e pikës materiale e përcjell kahen e tangjentës në çdo pikë prej trajektorës. Normale të tangjenta definojmë vektor të normales \vec{n} .

Nxitimi përcaktohet me shumën vektoriale të dy komponentëve prej të cilave njëra e ka kahen sipas tangjentës së trupit, kurse tjetra normale në të dhe e orientuar nga qendra e vijës së lakuar.

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \quad (1)$$

Nxitimi i parë shënohet me \vec{a}_τ dhe quhet nxitimi *tangjencial*. Nxitimi i dytë e ka kahen sipas normales nga trajektorja, d.m.th., nga qendra e lakimit te pika e dhënë dhe quhet nxitimi *normal* (centripetale).

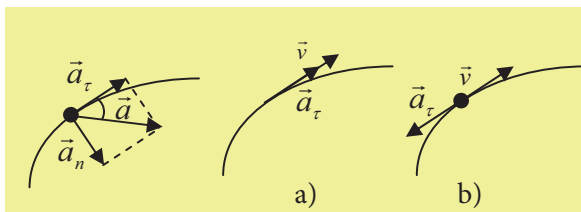


Fig. 1.

Fig. 2.

Madhësia e nxitimit tangjencial e karakterizon rritja e madhësisë së shpejtësisë për intervalin e dhënë të kohës:

$$|\vec{a}_\tau| = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| \quad (2)$$

Nëse $\frac{\Delta v}{\Delta t} > 0$ shpejtësia rritet sipas madhësisë, kurse vektori \vec{a}_τ është orientuar në kahen e njëjtë me \vec{v} d.m.th., në të njëjtën kahe sikurse edhe vektori \vec{v} (fig. 2). Nëse $\frac{\Delta v}{\Delta t} < 0$

shpejtësia bie sipas madhësisë, kurse vektorët \vec{a}_τ dhe \vec{v} janë me orientim të kundërt (fig. 2.b). Ndryshimi i kahës së vektorit të shpejtësisë varet prej formës së trajektorës së trupit. Gjatë të ashtuquajturave lëvizje të një trajtshme të trupit ndryshimi i shpejtësisë sipas modulit është zero ($\frac{\Delta v}{\Delta t} = 0$) dhe përkatësisht nxitimi tangjencial është zero ($\vec{a}_\tau = 0$). Kjo do të thotë se gjatë lëvizjes me shpejtësi konstante sipas ndonjë lakore, trupi posedon vetëm nxitim normal të orientuar nga qendra e vijës së lakuar, madhësia e së cilës është dhënë me

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

Madhësin e nxitimi normal e karakterizon ndryshimi i vektorit të shpejtësisë sipas drejtimit dhe kahës.

Madhësia e nxitimit \vec{a} caktohet sipas formulës:

$$\begin{aligned} a &= \vec{a}^2 = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)^2 + \frac{v^2}{R}} \quad (4) \end{aligned}$$

ndërsa kahja e tij definohet me këndin α i cili nxitimin e formon me tangjentën e lakores, fig. 1:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_n}{a_\tau} \quad (5)$$

2.10. LËVIZJA E PIKËS MATERIALE SIPAS VIJËS RRETHORE

Si lëvizje më e thjeshtë lakuese shqyrtohet lëvizja e pikës materiale sipas vijës rrethore.

Gjatë lëvizjes së trupit sipas vijës rrethore pozita e asaj pike plotësisht përcaktohet me këndin φ . Varësia e këndit φ prej kohës t përcaktohet me:

$$\varphi = \varphi(t) \quad (1)$$

dhe e jep ligjin e lëvizjes së trupit sipas vijës rrethore të dhënë. Zhvendosja këndore ose këndi i rrotullimit të lëvizja e lakuar matet me radioan (rad).

Karakteristikat themelore këndore të lëvizjes së trupit sipas vijës rrethore janë: zhvendosja këndore (këndi i rrotullimit) φ , shpejtësia këndore ω dhe nxitimi këndor ε .

Të marrim se intervali i caktuar kohor Δt trupit rrotullohet për kënd të vogël $\Delta\varphi$ (fig. 1).

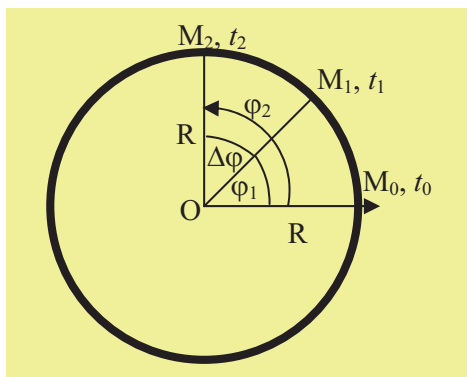


Fig. 1.

Raporti ndërmjet ndryshimit të këndit të rrotullimit $\Delta\varphi$ dhe intervali kohor Δt quhet vektori i shpejtësisë mesatare këndore ω_{mes} :

$$\omega_{mes} = \omega_{sr} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (2)$$

Njësia për shpejtësinë këndore është rad/s.

Shpejtësia këndore momental ω përkufizohet si vlera kufitare e vektorit të shpejtësisë mesatare këndore gjatë zvogëlimit të intervalit kohor deri te shumë vlera të vogla, d.m.th., kur Δt tenton nga zero. Shpejtësia këndore ω mund të ndryshon për shkak të ndryshimit të shpejtësisë së rrotullimit të pikës materiale (atëherë ndryshon madhësia) ose për shkak të rrotullimit të boshtit të rrotullimit në hapësirë (atëherë ndryshon sipas kahës). Të marrim se për caktimin e periodës kohore Δt , shpejtësia këndore ka ndryshim prej $\Delta\omega$. Ndryshimi i shpejtësisë këndore gjatë lëvizjes së trupit sipas vijës rrethore të dhënë karakterizohet me nxitimin këndor ε . Raporti i ndryshimit të shpejtësisë këndore $\Delta\omega$ dhe intervali kohor Δt për të cilën ka ndodhur ndryshimi i shpejtësisë këndore quhet nxitimi mesatar këndor ε_{mes} :

$$\varepsilon_{mes} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (3)$$

Njësia për nxitimin këndor është rad/s².

Nxitimi këndor në momentin e dhënë të kohës t quhet madhësia nga e cila tenton vektori ε_{mes} kur intervali i kohës Δt tenton nga zero.

Nëse nxitimi këndor është konstant, $\varepsilon = \text{const}$, atëherë lëvizja e pikës materiale sipas vijës rrethore është nxitim i njëtrajtshëm. Prej saj mund të gjendet ligji për lëvizjen e barabartë të nxituar $\varphi = \Delta\varphi$ të pikës materiale sipas vijës rrethore. Nëse merret se këndi fillestar është $\varphi = \varphi_0$, shpejtësia fillestare $\omega = \omega_0$ atëherë kemi:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad (4)$$

Për shpejtësinë këndore kemi:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \quad (5)$$

Këtu mund ta japim kët relacion përkatës për këndin e rrotullimit të shprehur nëpërmjet shpejtësisë fillestare dhe këndore:

$$\varphi = \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t \quad (6)$$

Le të jetë për $t = 0$ rruga është $\varphi_0 = 0$. Kur shpejtësia këndore është konstante, $\varepsilon = 0$, lëvizja e pikës materiale quhet *lëvizja e e njëtrajtshme sipas vijës rrethore*. Në këtë rast fitohen formulat:

$$\omega = \omega_0 = \text{const}; \quad (7)$$

$$\varphi = \omega_0 t \quad (8)$$

Nëse shpejtësia këndore dhe nxitimi këndor kanë shenjë të njëjtë te formula (5) atëherë rrotullimi do të jetë i nxituar, ndërsa gjatë shenjës së anasjelltë të shpejtësisë këndore dhe anasjelltas shpejtësia dhe nxitimi këndor, rrotullimi do të jenë të barabartë të ngadalësuar.

Lëvizja e pikës materiale sipas vijës rrethore quhet *rrotullimi i njëtrajtshëm*. Koha e nevojshme për një rrotullim të pikës materiale quhet periodë (T). Perioda ka dimensione të kohës dhe matet në sekonda atëherë ndryshon. Ndonjë herë ω quhet frekuenca rrethore. Frekuenca rrethore është lidhur me periodën me këtë relacion:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (9)$$

2π është këndi i plotë i cili pikën materiale e bën për kohën për një rrotullim, d.m.th., një rrotullim. Ky kënd i përgjigjet këndit të rrotullimit prej 2π rad. Prandaj njësia për shpejtësinë këndore është rad/s. Numri i rrotullimit në njësi kohe quhet *frekuenca f* i përkufizohet me:

$$f = \frac{1}{T} \quad (10)$$

Lidhja ndërmjet frekuencës rrethore c dhe frekuencës f është:

$$\omega = 2\pi f \quad (11)$$

Njësia për frekuencën në SI është sekonda në minus fuqi një (s^{-1}).

Shembulli 1. Te motori i automobilimit që punon me 300 rrotullime në minutë të është dhënë nxitim prej 20 rad/s për 10 s. Të caktohet:

a) këndi i rrotullimit për këto 10 s,

b) numri i përgjithshëm i rrotullimeve.

Zgjidhje: E përkufizojmë numrin e rrotullimeve në sekondë:

$$\omega_1 = \frac{300}{60} \cdot 2\pi = 31,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

E njehsojmë këndin

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} =$$

$$31,4210 + \frac{20}{2}10 = 1,314\text{rad}$$

$$\varphi = \frac{1,314}{2\pi} = 209,1 \text{ e rrotullimeve}$$

PYETJE, DETYRA, AKTIVITETE

1. Motori i aeroplanit duke punuar në të zbrazët prej nga 300 rrotullime në minutë, menjëherë nxitohet. Në fund të sekondës së tretë ka fituar shpejtësi prej 2400 rrotullime në minutë. Nëse supozohet se nxitimi është konstant, të njehsohen: a) vektori i shpejtësisë së mesme këndore, b) rrotullimi këndore të rrotullimit.

(Përgj. 141,1 rad/s; 424,2 rad)

2. Motori i automobilimit punon me 120 rrotullime në minutë në të zbrazët. Me shpejtësi konstante nxitimi për 4 s fiton shpejtësi prej 3600 rrotullime në minutë. Të caktohet:

a) nxitimi këndor, b) rrotullimi i përgjithshëm këndor për ato 4 s.

Sqaroni këto koncepte

-rruga këndore	-shpejtësia këndore
-nxitimi këndor	-nxitimi tangjencial
-perioda	-nxitimi normal
-frekuenca	-frekuenca rrethore
-zhvendosja	-shpejtësiamesatare
-shpejtësia momentale	-nxitimi momental
-rënia e lirë	-predha vertikale pred-
ha horizontale,	-predha e pjerrët

3. DINAMIKA

Shumica e njerëzve din për Isak Njutnin për shkak të zbulimit të tij të gravitacionit që ishte e iniciuar me rënien e mollës prej druri. Por Njutni është përgjegjës edhe për vendosjen e ligjeve themelore të hapësirës fizike, parimet që e përshkruajnë si edhe pse trupat lëvizin. Këto parime janë ligjet e tij për lëvizjen të cilët janë vendosur në bazë të mendjeve të mëdha të Galileo Galilei, Nikolla Koperniku dhe Johan Kepler. I njohur është arritja e tij: *Nëse shikoj më larg se njerëzit tjerët, kjo është për shkak që qëndrova në rahët e drangojt, duke menduar në të parët e tij brilant, në veçanti të Galileo Galilei.*

Për nder të Njutnit sot njeriu ka sukses të hapëroj në Hënë dhe të ndërton parqe argëtuese të bukura.

Pjesa e mekanikës që merret me studimin e shkaqeve për lëvizjen e quajtur *dinamika*. Detyra themelore e dinamikës është zbulimi i ligjshmërisë të lidhjes ndërmjet forcave të lëvizjes. Me futjen e koncepteve themelore të dinamikës masa dhe forca në kinematikë nxirren barazime të cilat përkufizohen si *dinamike*.

Isak Njutni llogaritet si themelues i dinamikës. Ai i futi konceptet për masën dhe forcën dhe i formuloi parimet themelore të cilat i përcaktojnë lëvizjet. Baza për vendosjen e këtyre parimeve është vepra e Galileit. Këto parime janë të njohura si „Ligjet e Njutnit të lëvizjes „. Në kushte të lëvizjeve të trupave me shpejtësi shumë të vogla se shpejtësia e dritës, si edhe masa mikroskopike (shumë më të mëdha se masa, për shembull, të atomit), mekanika e Njutnit vërtetohet me saktësi mjaftë të madhe dhe na akoma e zbatojmë në jetën tonë të përditshme.

T'i shqyrtojmë tre ligjet themelore të Njutnit.

3.1. LIGJI I PARË I NJUTNIT. LIGJI PËR INERCION

Ky ligj tregon pse gjatë frenimit të përnjëhershëm të autobusit, shoferi do të jetë i hedhur nëpër qelqin e përparmë, nëse nuk vendon rripin. Autobusi ndoshta ka frenuar, por të gjithë udhëtarët vazhdojnë të lëvizin përpara përveç nëse nuk janë lidhur me rripë.

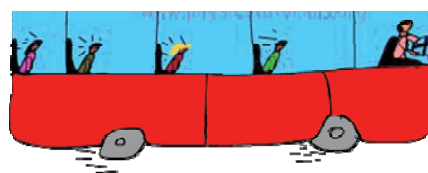


Fig.1.

Në mënyrë të ngjashme kemi nëse automobili nis me shpejtësi të madhe, por në të ka gotë me ujë. Duke e vëzhguar ujin do të vëreni se ai ka tendencë ta ruan pozitën që e ka pasur para se automobili të nis çka do të tregon se ngritja e ujit në gotë nga ana e pasme.

Tendenca natyrore e trupave është të kundërvihen ndryshimeve të gjendja e tyre të lëvizjes. Kjo njihet se *inercion*. Koncepti për inercionin e ka futur Galilei. Ai supozoi se trupat që lëvizin në fund ndalen për shkak të forcës të quajtur fërkim dhe ka supozuar se nëse fërkimi tërësisht eliminohet, atëherë topi që rrotullohet nëpër rrafshin dyfish të mënjeluar përsëri do të hip në lartësinë e njëjtë prej të cilës është lëshuar. Po ashtu, në bazë të lëvizjes së topit në përgjithësi nuk varet këndi i mënjanimit të rrafshit, topi hip deri te lartësia e njëjtë, fig. 2. Nëse mënjanimi i rrafshit zvogëlohet, atëherë topi do të rrokulliset sipas rrafshit horizontal deri sa nuk e arrin atë lartësi, d.m.th., pafund shumë gjatë.

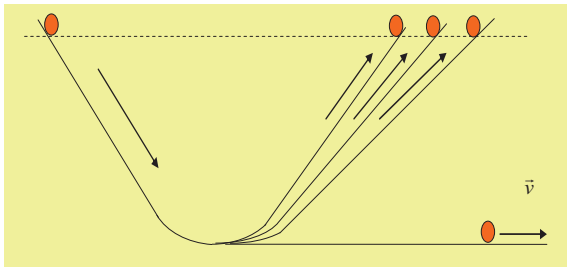


Fig. 2

Ligji i parë i Njutnit thotë:

„Çdo trup ngel në gjendjen e njëjtë të qetësisë ose lëvizje të njëjtë drejtvizore, deri sa në të nuk vepron ndonjë forcë e jashtme dhe nuk e detyron ta ndryshon atë gjendje „

Ky ligj e eliminon fërkimin, që do ta kthen trupin në gjendjen e qetësisë. Megjithatë, që ta ruan trupi gjendjen e lëvizjes drejtvizore dhe të njëjtë, nuk është i nevojshëm shkak. Lëvizja drejtvizore dhe e njëjtë, si edhe qetësimi i trupave janë gjendje natyrore të çdo trupi nëse është liruar prej ndikimeve të jashtme ose nëse shuma e forcave të jashtëm të cilat veprojnë në të është zero.

Lëvizja e atillë quhet lëvizje sipas inercionit. Vetia e trupit ta ruan gjendjen e qetësisë ose lëvizjen drejtvizore quhet inertshtëri, kurse dukuria - inercion. Domethënë inertshtëria e trupit nuk është shkak i lëvizjes së tij, por veti e tij.

Ligji i parë i Njutnit përkufizohet se si ta zgjedhim sistemin referent te i cili do të shqyrtojmë lëvizjen. Në kinematikë pika materiale të gjitha sistemet referente janë drejtvizore dhe nuk është e rëndësishme cili sistem do ta zgjedhim. Në dinamikë kjo nuk vlen pasi karakteri i lëvizjes së trupit varet prej zgjedhjes të sistemit referent, d.m.th., ligji i parë i Njutnit nuk vlen në të gjitha sistemet. Në dinamikë definojmë *inercionin referent* te i cili të gjithë trupat e lirë lëvizin në mënyrë drejtvizore, d.m.th., vlen ligji i parë i Njutnit, i cili quhet edhe ligji i inercionit. Kuptimi i ligjit

të parë të Njutnit qëndron në atë, nëse te trupi nuk veprojnë forca të jashtme, atëherë ekziston sistem referent te i cili ai trup është i qetë, por edhe shumë sisteme tjera referente te të cilët trupi lëviz me shpejtësi konstante. Ato sisteme referente quhen sisteme inerte referente. Nëse sistemi referent lëviz me ndonjë nxitim në lidhje me inercionin, ai sistem quhet *sistem referent jo inercial*. Për lëvizjen e trupave në sipërfaqen e Tokës mundemi me saktësi mjaftë të madhe të supozojmë se Toka nuk lëviz, d.m.th., rin në qetësi. Atëherë për sistemin inercia mundemi ta marrim sistemin referent *gjeocentrik* te i cili fillimi i koordinatave puthitet me qendrën e Tokës. Ai shfrytëzohet edhe për caktimin e lëvizjes së satelitëve rreth Tokës.

Gjatë të studiuarit e lëvizjeve të anijeve kozmike të cilat janë të orientuara nga planetët e sistemit Diellor, Toka lëviz nëpër shtegun rreth Diellit. Lëvizja e atillë e dimë se ka ndonjë nxitim centripetal që e definojnë sistemin referent gjeocentrik sikurse jo inercia. Në këtë rast shërbehemi me *sistemin referent heliocentrik* ku fillimi i koordinatave është në qendrën e Diellit. Por edhe kjo nuk është tërësisht e saktë pasi e dimë se edhe Dielli lëviz në lidhje me qendrën e galaksisë sonë, por ajo lëvizje është eliminuar pak, ku mundemi të supozojmë se Dielli është i palëvizshëm.

3.2. LIGJI I DYTË I NJUTNIT

Ky ligj është quajtur edhe si ligji i nxitimit. Ky ligj tregon se sa është më e madhe masa e trupit aq më shumë ai trup i kundërvihet ndryshimit dhe nxitimit që e jep forca e jashtme është më e vogël. Sa është më e madhe forca që vepron te trupi, më e madhe është edhe nxitimi.

Këtë mundemi ta kontrollojmë në jetën e përditshme. Mendoni se si rrokulliset topi i vogël dhe kamioni i madh me të njëjtën forcë, fig. 1.

Cili trup do të fiton nxitim më të madh? Kurse tani mendoni se si rrokullisni gurin vet, kurse pastaj edhe me dy shok. Cili trup

do të fiton nxitim më të madh?

Eksperimente të ngjashme kanë realizuar qysh herët Galilei, kurse pastaj edhe Njutni. Me ato është treguar se gjatë veprimi meve të njëjta

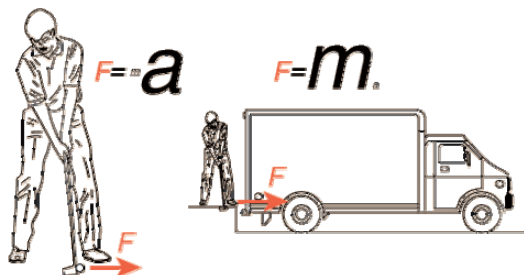


Fig. 1

trupat fitojnë nxitime të ndryshme. Kjo do të thotë se gjatë veprimeve të jashtme të dhëna, nxitimi varet prej vetive personale të trupave që lëvizin të cilët quhen veti inerte të trupit ose shkurtimisht *inertshmëri*. Sa është kohëzgjatja e veprimit të forcës, d.m.th., sa është kohëzgjatja e cila është e nevojshme të ndryshon shpejtësia e atij trupi. Sa është më e madhe ajo kohë, aq është edhe inertshmëria më e madhe, d.m.th., trupi është më inert.

Inertshmëria e trupit caktohet me madhësinë fizike të quajtur *masa* e trupit. Te mekanika e Njutnit masa llogaritet për madhësi konstante e cila nuk varet prej gjendjes së trupit, si edhe prej shpejtësisë së lëvizjes të atij trupi. Njësia për masën në SI është *kilogrami*, kg.

Madhësia e dytë e dinamikës është forca. Lidhja ndërmjet nxitimit që e fiton trupi me forcën që te ai vepron është dhënë me ligjin e dytë të Njutnit i cili thotë:

„Forca e cila vepron te trupi është e barabartë me prodhimin e masës së trupit dhe nxitimit që e fiton trupi „

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1)$$

Forca në SI është madhësi e nxjerrë. Njësia për forcën përcaktohet prej barazimit $F=m \cdot a$ dhe ajo është e barabartë me $\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$ dhe quhet

njutni sipas shkencëtarit të madh. Forca prej një njutni i jep trupit me masë prej një kilogrami nxitim prej një metri në sekondë në katror. Forca dhe nxitimi janë vektor të cilët kanë drejtim dhe kahe të njëjtë. Masa është madhësi konstante, d.m.th., skalare. Fillimi i vektorit të forcës është pika te e cila vepron forca mbi trupin, të quajtur pikë sulmuese.

Ligji i dytë i Njutnit vlen për kushtin vëzhguesi të gjendet në sistemin referent inercial. Në rastin kur vëzhguesi gjendet në sistemin jo inercia, ky ligj, sikurse të tjerët tani më nuk vlen.

Parimi i pavarësisë së veprimit të forcave. Ligji i dytë i Njutnit tregon se forca është përgjegjëse për nxitimin e trupit. Megjithatë, vetëm forcat të cilat veprojnë prej jashtë (forcat e jashtme) mund ta ndryshojnë gjendjen e lëvizjes së tij. Në këtë rast mbi një trup të veprojnë më shumë forca, fig. 2., veprimi i çdo force nuk varet prej prezencës së veprimit të forcave tjera. Njëkohësisht veprimi i disa forcave është e barabartë me shumën e veprimeve të pavarura të forcave të veçanta.

Kjo është e njohur *si parimi i pavarësisë së veprimit të forcave* që lejon mbledhjen vektoriale të forcave në dinamikë që kryhet me zbatimin e rregullës së shumëkëndëshit (poligon) për mbledhjen e shumë vektorëve, fig. 2. Forcat të cilat mblidhen quhen *komponentë*, kurse forca që fitohet si rezultat i shumës vektoriale të forcave është *rezultanta*.

Kur në një trup veprojnë më shumë forca $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$ (fig.2), barazimi themelor i dinamikës së trupit do të jetë:

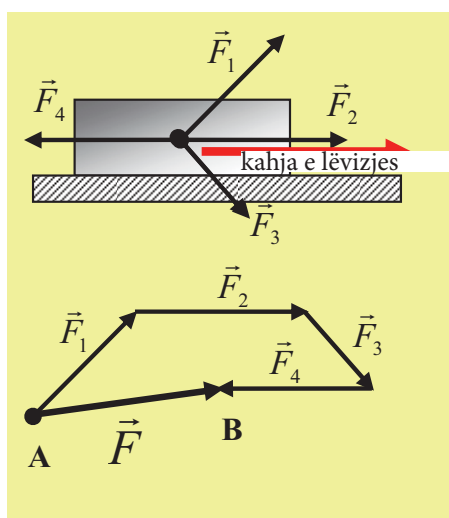


Fig. 2

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = m \cdot \vec{a} \quad , \quad (2)$$

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

ku m është masa e trupit, \vec{a} është nxitimi që e fiton trupi nën veprimin e forcave që veprojnë në të .

Barazimi vektorial (2) mund të zërthohet në tre barazime skalare për komponentët përkatëse të Dekartit:

$$\begin{aligned} m \cdot a_x &= \sum_i F_{ix} ; \\ m \cdot a_y &= \sum_i F_{iy} ; \\ m \cdot a_z &= \sum_i F_{iz} ; \end{aligned} \quad (3)$$

Nëse dihet komponentët e forcave të jashtme që veprojnë në trup, me ndihmën e barazimeve (3.4) mund të fitohen komponentët e nxitimit prej të cilëve më tutje mund të definojnë komponentët e shpejtësisë, si edhe të rreze-vektorit, me të cilin tërësisht përcaktohen edhe lëvizja e trupit.

3.3. LIGJI I TRETË I NJUTNIT

Ligji i tretë për lëvizjen e ashtuquajtur

Ligji për veprim reciprok. Ky ligj sqaron se si trupat bashkëveprojnë me trupa tjerë. Bazohet në idenë se çdo aksion prodhon të barabartë sipas madhësisë dhe të kundërt sipas kahes reaksion. Te parku argëtues, gjatë vozitjes të qerres, gjatë çdo goditje te qerrja tjetër ju e ndjeni goditjen prej asaj qerre mbi ju, edhe atëherë kur ajo qerre nuk lëviz. Forcat janë të kundërta dhe gjatë goditjes qerret refuzohen. Kur dëshironi të hidheni në ajër, për shembull, të jepni kosh, së pari përuleni dhe hidheni prej tokës (me fjalë tjera e shtypni tokën). Njëkohësisht edhe toka ju shtyp juve dhe me të ju mundëson të hidheni në ajër.

Në natyrë nuk mund të ekzistojnë veprim të njëanshme të trupave. Çdo veprim të një trupi mbi tjetrin çon nga veprimi i trupit tjetër mbi të parin, d.m.th., veprim reciprok i trupave. Ligji i tretë i Njutnit e definojnë veprimin reciprok të dy trupave, njërin mbi tjetrin. Ai thotë:

„Forca e veprimit është e barabartë me madhësinë, por e kundërt me kahen e forcës të kundërveprimit „ ose

„Aksioni është i barabartë me reaksionin,,
Me formulimin matematik:

$$\vec{F}_{21} = - \vec{F}_{12} \quad (1)$$

ku \vec{F}_{12} është forca me të cilën trupi 1 vepron mbi trupin 2, kurse \vec{F}_{21} është forca me të cilën trupi 2 vepron mbi trupin 1,

Shembull për bashkëveprimin e këntillë është shtypja e topit mbi mbështetësen te fig.3.5. Topi shtyp te pika takuese P me forcën \vec{F}_{12} . Mbështetësja shtyp topin me forcë të kundërt të orientuar \vec{F}_{21} . Ligji i tretë i Njutnit vlen për sistemin referent të inercionit.

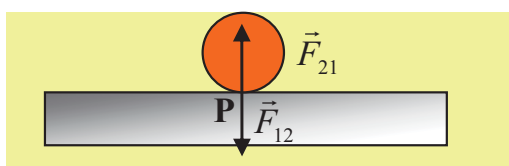


Fig. 1

Prej ligjit të tretë të Njutnit del se forcat paraqiten në çifte: te çdo forcë e bashkangjitur ndaj trupit tjetër. Nuk është e rëndësishme se cila prej kësaj force, por cila është reaksion deri sa dihet se asnjëra prej tyre nuk ekziston e veçuar prej tjetrës.

Forcat e bashkëveprimit të trupave (aksioni dhe reaksioni) janë të barabarta me modulët, kanë drejtim të njëjtë dhe janë të kundërta sipas kahës, por ato nuk zhduken ndërmjet veti pasi veprojnë në trupa të ndryshëm. Çdonjërit prej këtyre dy trupave vepron vetëm njëra forcë, e cila i jep ndonjë nxitim. (Gjendja e trupit varet prej forcave të cilat veprojnë prej forcave të trupit varet prej forcave të cilat veprojnë mbi atë, por jo prej forcave me të cilat trupi vepron mbi ndonjë trup tjetër).

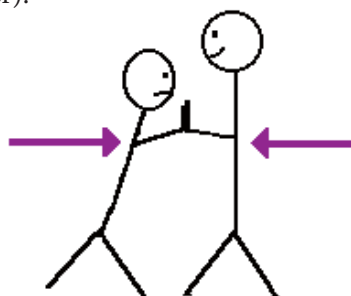


Fig.2

Shembuj: Forcat vetëvepruese të gravitacionit ndërmjet Tokës dhe gurit të ngritur në ndonjë lartësi janë të barabartë sipas modulit dhe të kundërt sipas kahës. Toka e tërheq gurin me të njëjtën forcë me të cilën guri e tërheq Tokën. Gjatë lëshimit të gurit, Toka dhe guri lëvizin njëra kah tjetri. Për shkak të masës së madhe të Tokës, nxitimi dhe shpejtësia e saj janë eliminuese të vogla në lidhje me nxitimin dhe shpejtësinë

e guri, pra shihet se guri bie në Tokë. Pushka hidhet gjatë gjuajtjes për shkak të reaksionit të plumbit që hidhet prej saj.

Reparti te raketat: raketa nxitohet për shkak të asaj që rregullisht hidhet si reaksion i gazit të hedhur. Është gabim të kuptuarit se raketa shtypet nga lartë për shkak të goditjes ndërmjet gazit të fryrë dhe atmosfera. Raketa nuk nxiton për shkak të mënjanimit të shtypur por për shkak të forcave të reaksionit të gazit që del, qoftë në ajër ose në mungesë të ajrit. Në realitet raketa punon më mirë mbi atmosferën ku nuk ekziston rezistencë ajri që e kufizon shpejtësinë e saj.

Puna e helikopterit, ngritja, aterrimi dhe fluturimi: elisa e helikopterit është ashtu e dizajnuar që i shtyp poshtë grimcat e ajrit (aksioni) ashtu që ajri i shtyp poshtë grimcat e ajrit (aksioni) ashtu që ajri i shtyp elisat lartë (reaksioni). Kjo forcë e reaksionit lartë quhet forcë shtypëse. Kur forca shtypëse është më e madhe prej peshës së Tokës që vepron mbi fluturaken, ajo ngritët lartë; kur ato dy forca janë të barabarta, fluturakja pezullohet. Ky parim i punës shfrytëzohet edhe te aeroplanët, por e shfrytëzojnë edhe zogjtë.

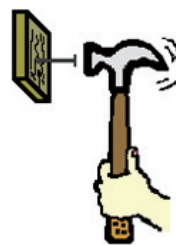


Fig.3. Shembulli për aksionin dhe reaksionin

PYETJE:

1. Cili ligj e sqaron pse duhet të mbajmë rripa te automobili?
2. Cili ligj tregon se për nxitimin e njëjtë të dy trupat, të trupave më masovik nevojitet forcë më e madhe se sa për trupa me masë më të vogël?

3.4. LLOJET E FORCAVE

Te mekanika klasike ballafaqohemi me forcat e gravitacionit, forcat elastike dhe forcat e fërkimit. Nga këto forca sillen të gjitha forcat tjera që veprojnë te trupat gjatë shqyrtimit të lëvizjes së tyre mekanike. Por, të tre llojet e forcave të cilat shqyrtohen gjatë lëvizjes mekanike të trupave, në realitet, paraqesin manifestime të ndryshme të dy llojeve të forcave fundamentale: forca të gravitacionit të përgjithshëm në natyrë dhe forca elektromagnetike. Forcat elastike dhe forcat e fërkimit nuk janë themelore, atë sipas natyrë janë forca elektromagnetike pasi janë përcaktuar prej karakterit të vetëveprimit ndërmjet molekulave të vetëveprimit ndërmjet molekulave të substancave të dhëna (forcat ndërmjet molekulave kanë prejardhje elektromagnetike). Pasi këto dy forca krijohen me prekje të drejtpërdrejt (kontakt) të trupave, ato quhen *forca kontaktuese*.

3.4.1. Forcat elastike. Forcat që krijohen gjatë deformimit të trupave (ndryshimi i dimensioneve dhe formës) quhen *forca elastike*. Paraqitja e forcave elastike në çfarëdo trup sqarohet me atë që e ndërtojnë trupin veprojnë forcat elektrike të cilat i mbajnë trupat në tërësi. Gjatë deformimit të trupit të ngurtë trupi krijohet zhvendosja e atomeve dhe joneve prej pozitës baraspeshe. Te zhvendosja e atillë grimcat i kundërvihen forcave të vetëveprimit ndërmjet tyre, që sjell deri te paraqitja e forcave elastike, zgjatja dhe shtrëngimi, të cilat i baraspeshojnë forcat e jashtme të cilat veprojnë mbi trupin. Nëse pas ndërprerjes së veprimit të forcës së jashtme, deformimi plotësisht zhduket, themi se është elastike, kurse trupat janë topa gome, spirale çeliku. Nëse pas mbarimit të veprimit të forcës deformimi nuk zhduket, themi se ajo është plastike, kurse trupat e atillë se janë plastikë. Shembull për trupat plastik është glina, dylli. Deformimet të cilët mund të krijohen te trupat janë: zgjatja, mbledhja, lakimi dhe i dredhur (tor zioni).

Forca elastike është proporcionale me zhvendosjen e trupit prej pozitës baraspeshe dheka

kahe nga pozita baraspeshe. Te forma vektoriale është dhënë me shprehjen:

$$\vec{F} = -k \cdot \Delta\vec{r} \quad (1)$$

ku $\Delta\vec{r}$ është vektori i zhvendosjes së trupit prej pozitës baraspeshe, kurse k — konstante e lidhur me vetinë elastike të trupit.

Shembull për forcën elastike është forca deformimit elastik gjatë zgjatjes (mbledhjes) së spirales, fig. 1. Gjatësia e spirales në gjendjen jo të deformuar është l_0 dhe atë është përforcuar në njërin skaj për mur.

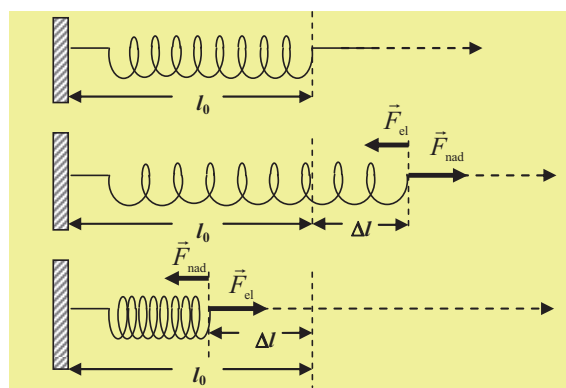


Fig.1.

Nëse mbi të vepron ndonjë forcë e jashtme \vec{F}_{jash} , forca elastike e cila paraqitet si reaksion i forcës së jashtme është e njëjtë sipas modulit, me drejtim të njëjtë, por e anasjelltë sipas kahes së asaj force dhe përkufizohet nëpërmjet zhvendosjes së spirales $\Delta\vec{r}$:

$$\vec{F}_{nadv} = -\vec{F}_{el} = k \cdot \Delta\vec{r} \quad (2)$$

Nëse problemi është njëdimensional, forca elastike është orientuar sipas gjatësisë së boshtit për së gjati të spirales së deformuar dhe përcaktohet me *Ligjin e Hukut* ku Δl është zgjatja gjatë deformimit elastik:

$$F = -k \Delta l \quad (3)$$

Forca e cila është e nevojshme për zgjatjen ose mbledhjen e spirales është proporcionalisht me largësinë e të cilës spiralja zgjatet ose mbledhet.

Gjatë zhvendosjes së trupit të përforcuar te spiralja djathtas nën ndikimin e forcës së jashtme që është e përcaktuar nga ligji i dytë i Njutnit, te trupi do të vepron forca elastike e spirales e cila ka kahen nga baraspesha e trupi, d.m.th., majtas. Me barazimin e këtyre dy forcave fitohet:

$$\vec{F}_{\text{jash}} = -\vec{F}_{\text{el}}$$

$$m \cdot a = -k \cdot \Delta l$$

prej ku për nxitimin e trupit, që është përforcuar te spiralja elastike fitohet:

$$a = -\frac{k}{m} \cdot \Delta l \quad (4)$$

Ligji i Hukit vlen për të gjithë trupat, jo vetëm për spiralet. Ai jep mundësi të matet forca me të cilën vepron mbi trupin, pa e matur nxitimin e tij. Teli homogjen ose thupër gjatë deformimit sillen ngjashëm sikurse edhe spiralja. Nëse në skajet e thuprës vepron forcat e jashtme nëpër gjatësinë e boshtit të tij, gjatë zgjatjes gjatësia e thuprës fiton rritje pozitive $\Delta l > 0$, ndërsa gjatë dredhjes fiton rritje negative $\Delta l < 0$,

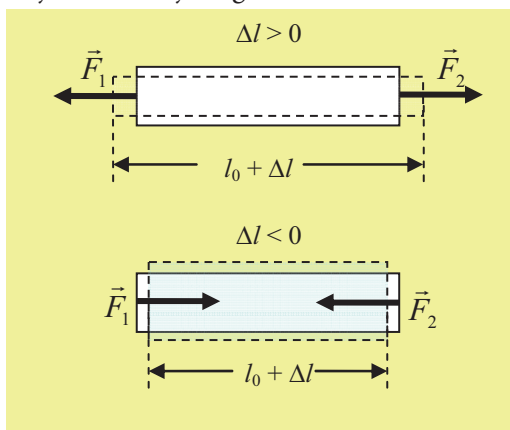


Fig.2.

Deformimi te trupi gjithmonë sjell deri te paraqitja e shtrëngimit. Madhësia σ e njohur

si *shtrëngim elastik* është definuar si raport prej forcës që vepron mbi trupin dhe syprinës të prerjes tërthore të trupit:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (5)$$

Për trupin prej materialit të dhënë, ndryshimi relativ i gjatësisë $\Delta l/l_0$ gjatë deformimit elastik është proporcionalisht me shtrëngimin elastik:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \sigma \quad (6)$$

ku l_0 është gjatësia fillestare e trupit (spiralja) para veprimit të forcës, kurse Δl është ndryshimi i gjatësisë nën veprimin e forcës. Madhësia E është moduli i Jungut të elasticitetit vlera e të cilit varet prej tipit të materialit prej të cilit është punuar trupi. Njësia për modulin e Jungut është paskali, (Pa = N/m²).

Ligji i Hukit për thuprën homogjene është dhënë në formën:

$$F = \sigma S = \frac{E S}{l_0} \Delta l \quad (7)$$

3.4.2. Forcat e fërkimit. Forcat e fërkimit paraqiten gjatë zhvendosjes së trupave që janë në kontakt, ose të pjesëve të ndryshme të një trupi të njëjtë. Ato janë rezultat i numrit të madh të interaksioneve elektrike ndërmjet molekulave të dy trupave të cilët janë në kontakt. Këtu do të shqyrtojmë fërkimin ndërmjet dy trupave të ngurtë, ndërsa fërkimi ndërmjet trupit të ngurtë dhe lëngut dhe lëngut ose gazit, ose ndërmjet shtresave të fluidit të quajtur *fërkimi viskoz*, do të shqyrtohet pak më vonë.

Kur trupi është në qetësi, ai te baza shtyp me peshën e tij. Sipas ligjit të tretë të Njutnit edhe baza shtyp nga ai me forcë të quajtur forcë normale ose forca e reaksionit të bazës. Gjatë lëvizjes translatoe të një trupit sipas sipërfaqes së trupit tjetër, forca e reaksionit të bazës nuk është orientuar sipas normales nga sipërfaqet kontaktuese, por ai formon kënd gjerë me kahen e shpejtësisë (fig.3).

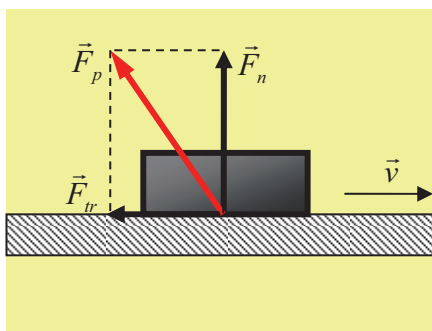


Fig. 4

Me zbrërthimin e forcave të reaksionit të bazës \vec{F}_r të dy komponentëve: njëra me kahe sipas normales \vec{F}_n dhe tjetra sipas tangjentes nga sipërfaqet kontaktues \vec{F}_{fer} fitohet:

$$\vec{F}_p = \vec{F}_n + \vec{F}_{tr} \quad (8)$$

ku \vec{F}_n është forca e reaksionit normal të bazës, kurse \vec{F}_{fer} është forca e fërkimit.

Dallojmë tre lloje të forcave të fërkimit: *forca të fërkimit gjatë pezullimit, forcat e fërkimit gjatë rrëshqitjes dhe forca të fërkimit gjatë rrokullisjes*. Forcat e fërkimit gjatë pezullimit krijohen gjatë provës të nxirret trupi prej gjendjes të pezullimit, duke penguar lëvizjen e trupit nëpër sipërfaqen e trupit tjetër:

$$F_{max} = F_0 = \mu_0 F_n \quad (9)$$

ku μ_0 është koeficienti i fërkimit gjatë pezullimit. Forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes është dhënë me formulën:

$$F_{fer} = \mu_1 F_n \quad (10)$$

dhe ka kahen sipas gjatësisë së sipërfaqes të kontaktimit të trupave, të kundërt të kahes së shpejtësisë të zhvendosjes relative të trupave. Vlera e koeficienteve pa dimensional të fërkimit μ_0 dhe μ varet prej natyrës së substancës prej të cilës janë bërë materialet dhe prej gjendjeve të sipërfaqeve që kontaktohen (të lëmuar, të ngjirur).

Të shqyrtojmë fërkim gjatë rrëshqitjes të trupit nëpër rrafshin e mënjanuar me kënd të ndryshueshëm gjatë bazës a, fig.4. Gjatë ndonjë këndi kufitar $\alpha = \alpha_0$, trupi fillon të rrëshqas nëpër rrafshin e mënjanuar, ku mbi atë veprojnë tre forca: forca e peshës P , forca e reaksionit

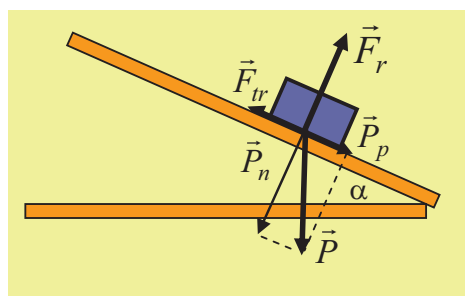


Fig. 5

normal- të bazë \vec{F}_r dhe forca e fërkimit \vec{F}_{fer} . Forcën e peshës do ta zbrërthojmë në dy komponentë, të normales së rrafshit të mënjanuar F_n dhe tjetra paralele me rrafshin e mënjanuar F_r . Për kushtin kufitar kur trupi fillon të rrëshqas nëpër rrafshin e mënjanuar poshtë është përmbushur kushti $\alpha = \alpha_0$ dhe për projeksionet e forcave vlen:

$$P_n = F_r;$$

$$P_p = F_{fer max}$$

Pasi prej figurës shihet se

$$P_p = P \sin \alpha_0 \text{ dhe}$$

$$F_{fer max} = \mu_0 F_r = \mu_0 P \cos \alpha_0$$

Prej këtu vijon:

$$\mu_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} = \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (11)$$

Koeficienti i fërkimit gjatë pezullimit është i barabartë me tangjensin e këndit kufitar në momentin kur trupi fillon të lëviz.

Koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes μ_1 mundet gjithashtu të caktohet prej Eksperimentit me rrafsh të mënjanuar. Këndi i rrafshit të mënjanuar α përcaktohet ashtu që trupi pas tij rrëshqet me shpejtësi konstante. Në këtë rast komponenta paralele e forcës peshë (për trupin e shqyrtuar) e kompenson forca e fërki

mit gjatë rrëshqitjes dhe trupi lëviz drejtvizorisht sipas rrafshit të mënjauar. Prej kushtit të barazisë të atyre dy forcave fitohet:

$$\mu_1 = \operatorname{tg} \alpha \quad (12)$$

Për lëvizjen e trupit gjatë kushteve reale, në prani të forcave të fërkimit, nxitimi që e fitojnë trupat është rezultat i forcës së rezultantes prej forcës së jashtme F dhe forcës së fërkimit $F_{\text{fër},l}$:

$$a = \frac{F - F_{\text{fër},l}}{m} \quad (13)$$

Prej barazimit të sipërm shihet se në kushte reale trupi do të lëviz në mënyrë drejtvizore vetëm atëherë kur madhësia e forcës së jashtme është e barabartë me madhësinë e forcës së fërkimit ($F = F_{\text{tr},l}$). Nëse $F > F_{\text{tr},l}$ trupi fiton nxitim. Nëse tani, $F < F_{\text{tr},l}$ trupi pezullon ose do të lëviz në mënyrë drejtvizore.

Fërkimi luan rol të madh në natyrë dhe teknikë. Me ndihmën e fërkimit të gjitha llojet e energjisë transformohen në nxehtësi. Për shkak të fërkimit është mundësuar lëvizja dhe ndalimi i të gjitha mjeteve transportuese. Te të gjitha rastet kur fërkimi është i dëmshëm, ajo zvogëlohet me lyerje-futja e lëngut viskoz ndërmjet sipërfaqeve që fërkohen. Me këtë fërkimi i jashtëm i trupave të ngurtë zëvendësohet me fërkim të brendshëm të lëngut.

Mënyra tjetër i zvogëlimi të fërkimit gjatë rrëshqitjes është zëvendësimi i tij me fërkim gjatë rrokullisjes, fig.5.

Për këtë qëllim zbatohen rrota, shule, llager topash etj.

Forca e fërkimit gjatë rrokullisjes shprehet me formulën:

$$F_{\text{fër},rr} = k \cdot \frac{F_n}{R} \quad (14)$$

ku k është koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes, F_n është forca e shtypjes normale, kurse R është

rrezja e trupit që rrokulliset. Koeficienti i fërkimit gjatë rrokullisjes ka dimension të gjatësisë, me njësi metër (m).



Fig.5

3.5.3. Forca peshë dhe pesha. Forca peshë është forcë me të cilën Toka i tërheq trupat, që gjenden në rrethinën e saj. Forca peshë është një lloj tërheqje reciproke e trupave. Prandaj forca peshë dhe forca e gravitacionit kanë të njëjtën natyrë. Mund të thuhet se rënia e lirë është lëvizje e trupave në hapësirën pa ajër (vakuum) nën ndikimin e forcës peshë. Prandaj mund ta definojmë forcën peshë nëpërmjet ligjit të dytë të Njutnit me nxitimin e cila është nxitimi i Tokës \vec{g} :

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (15)$$

Vlera e nxitimit të Tokës përcaktohet prej ligjit të përgjithshëm për gravitacionin të zbatuar te Toka dhe trupi në afërsi të saj.

$$\begin{aligned} \vec{P} &= G \frac{M_t m}{R_t^2} = m \vec{g} \\ \vec{g} &= G \frac{M_t}{R_t^2} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned} \quad (16)$$

Nxitimin që e fitojnë trupat gjatë rënies së lirë është konstante dhe nuk varet prej masës së trupave, pasi për trupin me masë dyfish më të madhe vepron forca e gravitacionit dyfish më e madhe.

$$\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m} = \frac{2\vec{P}}{2m} = \frac{3\vec{P}}{3m} = const$$

Në kushte reale gjatë rënies së lirë, ajri gjithmonë jep rezistencë të lëvizjes së trupit që bie. Me zmadhimin e shpejtësisë së trupit që bie, rezistenca e ajrit zmadhohet, nxitimi i trupit zvogëlohet edhe kur rezistenca e ajrit do të bëhet (sipas madhësisë) e barabartë me forcën peshë, nxitimi i trupit që bie bëhet i barabartë me zero. Më tutje, lëvizja e trupit duhet të jetë drejtvizore. Kur trupi pezullon në lidhje me sipërfaqen e Tokës, forca peshë \vec{P} barazohet me forcën e reaksionit të bazës \vec{F}_r ose me forcën e shtrengimit të perit \vec{T} (forcat e reaksionit) të cilat nuk i lejojnë trupit të bie, fig. 6.

$$\vec{F}_r = -\vec{P} \quad , \quad (\vec{T} = -\vec{P}) \quad (17)$$

Në pajtim me ligjin e tretë të Njutnit, nëse te trupat vepron forca e reaksionit të bazës (d.m.th., forca e shtrengimit të perit), atëherë edhe trupi vepron te baza (d.m.th., peri) me forcën të barabartë sipas madhësisë, por e kundërt sipas kahes:

$$\vec{G} = -\vec{F}_r \quad ; \quad (\vec{G} = -\vec{T}) \quad (18)$$

prej ku vijon se forca \vec{G} është e njëjtë me \vec{P} .

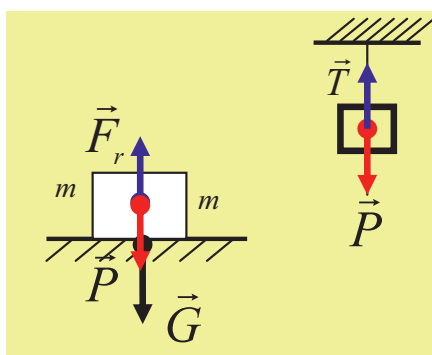


Fig. 6

Forca \vec{G} me të cilën trupi e shtyp bazën (d.m.th., e zgjat perin) quhet pesha e trupit. Ajo është e barabartë me forcën peshë vetëm nëse trupi dhe baza janë të palëvizshme në lidhje me

Tokën. Gjatë lëvizjes së tyre në lidhje me Tokën me ndonjë nxitim \vec{a} , pesha e trupit dallohet prej forcës së peshës së Tokës ($\vec{G} = m \cdot \vec{g}$). Këtë edhe do ta tregojmë me shembullin vijues.

Shembulli. Shqyrtojmë trup me masë m që shtrihet në dyshemen e ashensorit që lëviz lartë me nxitim \vec{a} , fig.7.

Do ta caktojmë forcën me të cilën trupi shtyp dyshemen e ashensorit, d.m.th., pesha e trupit.

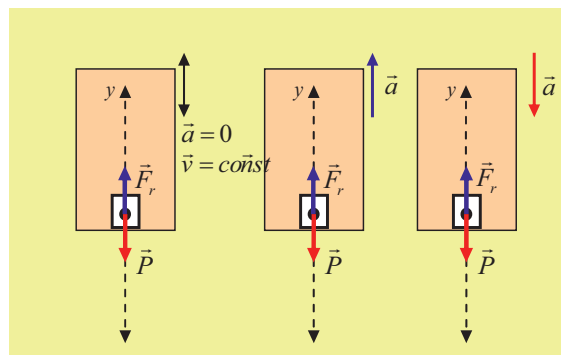


Fig. 7

Në rastin e parë (fig.7a) marrim se nxitimi është zero, $\vec{a} = 0$, d.m.th. ashensori lëviz me shpejtësi konstante $\vec{v} = const$. Te trupi veprojnë dy forca: forca e peshës $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ dhe forca e reaksionit të dyshemes \vec{F}_r . Atëherë barazimi i lëvizjes do të jetë:

$$\vec{P} + \vec{F}_r = 0 \quad (19)$$

Projeksioni i barazimit të gjatësisë së boshtit y do të jetë:

$$-P + F_r = 0 \text{ prej ku vijon se } P = F$$

Madhësia e forcës peshë P është e barabartë me madhësinë e forcës së reaksionit të dyshemes kurseme këtë është e barabartë me madhësinë e peshës së trupit, njëjtë sikurse kur ashensori me trupin pezullohet.

Në rastin e dytë të trupi vepron dy forcat e njëjta: forca e peshës $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ dhe forca e reaksionit të dyshemes \vec{F}_r , por marrim se sistemi ka nxitim të ndryshueshëm prej zeros. Barazimi i lëvizjes së grupit do të jetë:

$$\vec{P} + \vec{F}_r = m \cdot \vec{a} \quad (20)$$

a) Të marrim rastin e parë kur nxitimi është i orientuar lartë, fig. 7 b. Kahjen pozitive të boshtit y e vendosim në kahen vertikale lartë. Projektioni i barazimit vektorial sipas gjatësisë së boshtit y - do të jetë:

$$m \cdot a = -m \cdot g + F_r$$

prej ku fitohet:

$$F_r = m(a + g) \quad (21)$$

Madhësia e forcës së reaksionit të dyshemes është e barabartë me madhësinë e peshës së grupit, d.m.th.:

$$\vec{F}_r = -\vec{G} \quad ; \quad (F_r = G)$$

Prej këtu për peshën e trupit fitohet:

$$G = m(a + g)$$

Domethënë, në këtë rast pesha e trupit është më e madhe se pesha e Tokës.

b) Nxitimi është orientuar poshtë.

fig. 7 c. Projektioni i barazimit vektorial mbi boshtin y tani do të fiton formën:

$$-m \cdot a = -m \cdot g + F_r$$

Për forcën e reaksionit do të fitohet:

$$\begin{aligned} F_r &= m(g - a) \quad \text{d.m.th..} \\ G &= m(g - a) \end{aligned} \quad (22)$$

Në këtë rast pesha e trupit është më e vogël se pesha e Tokës.

Prej shprehjeve të sipërme shihet se pesha e trupit \vec{G} mund të jetë më e madhe se më e vogël se

ca peshë \vec{P} . Gjatë rënies së lirë të sistemit ($\vec{a} = \vec{g}$), pesha \vec{G} me të cilën trupi vepron mbi dyshemen është zero. Atëherë themi se trupi gjendet në gjendjen pa peshë.

Kur trupi është i palëvizshëm pesha dhe forca peshë janë të njëjta sipas madhësisë, drejtimi dhe kahës. Por, gjithmonë duhet pasur llogari se këto forca janë të ndryshme se ato vepron në trupa të ndryshëm: forca peshë vepron mbi trupin, kurse pëesha mbi dysheme. Forca peshë është gjithmonë prodhim prej masës së grupit dhe nxitimit të Tokës dhe nuk varet prej karakterit të lëvizjes së grupit, ndërsa pesha e trupit varet prej tij dhe mundet të ketë vëra më të mëdhaja sikurse edhe më të vogla se $m \cdot g$.

Për shkak të vlerave të ndryshme të nxitimit të Tokës në gjerësi të ndryshme gjeografike dallohen dhe pesha e Tokës dhe pesha e trupave. Kështu, për shembull, në ekuator, atë janë për 0,5% më të vogla se sa te polet. Nxitimi i Hënës është për 6 herë më e vogël se e Tokës që tregon në gjashtë herë peshë më të vogël të trupit të njëjtë në Hënë në lidhje me Tokën.

Kur shqyrtojmë trup me dimensione të fundshme që nuk mund të eliminohen, atëherë forca peshë e përcaktojmë si rezultante të të gjitha forcave me të cilat elemente të veçanta (pjesë ose grimca prej grupit i tërheq Toka. Duke ishqyrtuar ato forca si vektorë, të cilët mund të vendosen si ndërmjet veti paralele me kahe vertikalisht poshtë, mundemi t'i mbledhim dhe të fitojmë rezultante të atyre forcave, fig. 8.

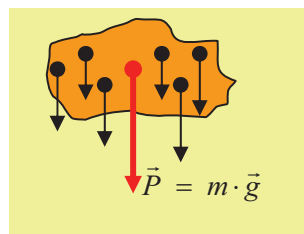


Fig. 8

Ekspërisht mund të tregohet se një forcë e vetme ta barzon rezultanten e forcës peshë \vec{P} të trupit, nëse është vendosur në pikën e caktuar

prej trupit. Ajo pikë llogaritet për pikë *sulmuese* (pika te e cila vepron rezultanta forca peshë) e cila quhet edhe *pika e rëndimit* ose qendra e masës. Nën ndikimin e forcës peshë, *qendra e masës* (pika e rëndimit) lëviz një lloj sikurse që do të lëvizte pika materiale, te e cila sikurse e tërë masa e trupit të shqyrtuar. Kur te trupi veprojnë edhe forca tjera, të cilat janë treguar në pika të tjera të ndryshme (kanë pika të ndryshme të rëndimit), ato gjithashtu i shqyrtojmë si vektor të cilët mund të zhvendosen paralelisht me vetveten. Në të njëjtën mënyrë forcat mund të zhvendosen ashtu, që pika e tyre sulmuese të puthiten me qendrën e masës, (sikurse te ai të koncentrohet tërë masa), ose *qendra e inercionit* (pasi masa për inercionin është masa e trupit).

3.5. QENDRA E MASËS

Qendra e masës së sistemit prej dy trupave definohet si pikë me koordinata x_{CM} prej kësaj formule:

$$x_{QM} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2} \quad (1)$$

Me fjalë tjera, qendra e masës është pikë e përcaktuar me masën e rregulluar. Ajo është pikë ndërmjet dy trupave e cila është më afër deri te trupi më masiv. Është e logjikshme se nëse kemi masa të njëjta, qendra e masave është në largësinë mesatare prej të dy trupave.

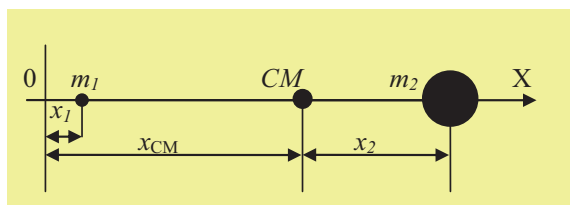


Fig. 1.

Për caktimin e qendrës të masës për tre ose më shumë trupave zbatohet barazimi vektorial:

$$\vec{r}_{QM} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i} \quad (2)$$

ku mi është çdo masë e veçantë. Nëse e zbërthejmë këtë barazim në komponente, do të fitojmë:

$$x_{QM} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

$$y_{QM} = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + y_3 m_3 + \dots + y_n m_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

$$z_{QM} = \frac{z_1 m_1 + z_2 m_2 + z_3 m_3 + \dots + z_n m_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

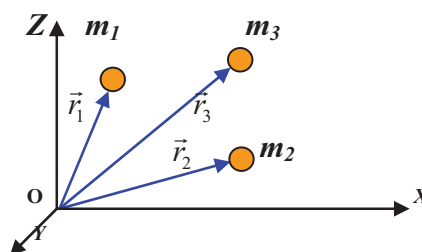


Fig. 2

Forca peshë e sistemit të këtillë vepron nëpërmjet qendrës së tij të masës.

Kur në sistemin e këtillë veprojnë forca të jashtme, qendra e masës lëviz si të gjitha masat të koncentruara në një pikë, dhe mbi të veprojnë forca e rezultantes e cila është shuma e të gjitha forcave të jashtme.

Nëse shqyrtojmë trupa homogjen (shpërndarja e masës është në të gjitha drejtimet e barabartë), atëherë qendra e masës puthitet me qendrën geometrike. Mund të ndodh që qendra e masës të gjendet edhe jashta trupit.

Hëna dhe Toka paraqesin sistem prej dy trupave të cilat rrotullohen rreth qendrës së masës. Edhe të dy trupat fitojnë nxitim centripetal për shkak të cilës rrotullohen rreth qendrës së masës.

Gjatë shfrytëzimit të ligjeve të Njutnit për zgjidhjen e detyrave, kujdes të veçantë duhet t'i kushtohet analizës së forcave të cilat veprojnë në trupin e shqyrtuar. Në këtë mënyrë t'i iket gabimit të një force të njëjtë të merret dy herë nën emra të ndryshme.

3.6. ZGJIDHJA E DETYRAVE NGA DINAMIKA

Gjatë zgjidhjes së detyrave me zbatimin e barazimit themelor të dinamikës, mënyra duhet të rrjedh në hapa:

1. Të caktohet kahja dhe karakteri i lëvizjes së pikës materiale;

2. Të punohet vizatim skematik, te i cili do të paraqiten të gjitha forcat të cilat veprojnë te trupi. Forcat të paraqiten me pikën sulmuese në qendrën e masës, d.m.th., trupi të shqyrtohet si pikë materiale;

3. Të paraqiten forcat që veprojnë në momentin e caktuar të kohës. Gjatë paraqitjes të forcave duhet të kemi llogari për ligjin e Njutnit mund të veprojnë vetëm forcat të cilat rrjedhin prej trupave tjerë;

4. Shkruhet barazimi i lëvizjes së shqyrtuar të trupit (barazimi themelor i dinamikës – ligji i dytë i Njutnit) ashtu që ana e majtë shkruhen të gjitha forcat që veprojnë në trup, kurse në anën e djathtë shkruhet prodhimi prej masës së trupit lëvizja e së cilës shqyrtohet dhe nxitimi që e fiton Ai trup nën ndikimin e të gjitha forcave:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = m \cdot \vec{a}$$

Për zgjidhjen më të thjeshtë kryhet projekcioni sipas gjatësive të boshteve të koordinatave të sistemit në të cilin e shqyrtojmë lëvizjen. Megjithatë duhet pasur llogari për këtë:

Nëse forcat veprojnë në disa drejtime, por të gjitha shtrihen në një rrafsh, atëherë është e përshtatshme trupi të vendoset në sistemin kënddrejtë koordinativ me boshtet koordinative X dhe Y të cilët shtrihen në rrafshin e forcave. Përkufizohen koordinatat e trupit. Kryhet projekcioni i të gjitha forcave që veprojnë mbi trupin në boshtet e koordinatave X dhe Y. Fitohen dy barazime skalare:

$$\begin{aligned} F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots &= m \cdot a_x \\ F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots &= m \cdot a_y \end{aligned}$$

5. Nëse shqyrtohet lëvizja e sistemit të trupave të cilët janë të lidhur ndërmjet veti, atëherë shkruhen barazimet e lëvizjes për çdo trup në veçanti, ku duhet të theksohet se trupat te sistemi kanë nxitime të njëjta sipas madhësisë. Nëse

peri është herdhur nëpërmjet makare së palëvizshme ose të lëvizshme, ku masa e perit dhe masa e makare janë shumë të vogla dhe elementinohen, kurse trupat janë të lidhura me pe jo të zgjatshim, atëherë peri i shtrënguar vepron me forca të barabarta sipas madhësisë edhe te njëri trup edhe tjetri;

6. Pasi që do të caktohen forcat e nxitimit, duhet të caktohen edhe koordinatat e pikës materiale dhe shpejtësitë e tyre, d.m.th., të shkruhen edhe barazimet kinematike që i lidhin në sistemin referent të zgjedhur. Pastaj kërkohen zgjidhje të përbashkëta të sistemit të fituar prej barazimeve dhe përcaktohen madhësitë e panjohura. Shumë është e rëndësishme në fund të kryhet kontrollimi i dimensioneve të anës së majtë dhe të djathtë të barazimeve, që do të vërteton mënyrën e kryerjes së rregullt dhe do t'i jep njësitë përfundimtare në sistemin SI për madhësitë e kërkuara.

Shembulli 1. Makina e Atvud shfrytëzon litar nëpërmjet manares që të lidh dy ose më shumë masa. Njëra prej masave është si kundër peshë ose kundër masë që ta zvogëlon nxitimin e gravitacionit. Shembull për makinën e Atvudit janë ashensorët e shumë katërsheve. Kundër pesha te ashensorët është masa e ashensorit plus gjysma e masës së ngarkesës së lejuar.

Detyra: Te makina e Atvudit, njëra masë është 1,2 kg. Nëse eliminohet fërkimi, sa është nxitimi i sistemit. Sa është forca e zgjatjes së litarit?

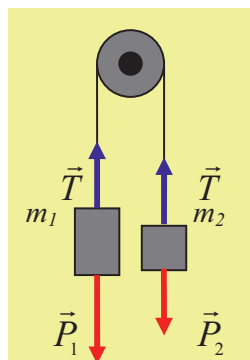
Zgjidhje: Vizatohet skema te e cila definoen forcat të cilat veprojnë mbi trupat. Forca e shtrëngimit të litarit te trupi i parë është e njëjtë me forcën e shtrëngimit të litarit te trupi i dytë për shkak të aksionit dhe reaksionit dhe ato zhduken. Trupat lëvizin me nxitim të njëjtë.

Te trupi i parë veprojnë forcat: $\vec{P}_1 = m_1 \vec{g}$ – forca peshë dhe \vec{T}_1 – forca e shtrëngimit të litarit. Në trupin e dytë veprojnë $\vec{P}_2 = m_2 \vec{g}$ – forca peshë dhe \vec{T}_2 – forca shtrëngim të litarit. Barazimi vektorial i lëvizjes së trupit të parë është:

$$m_1 \vec{a} = \vec{P}_1 + \vec{T}$$

kurse të dytit: $m_2 \vec{a} = \vec{P}_2 + \vec{T}$

Projeksionet e barazimeve japin:



$$\begin{aligned} m_1 a &= P_1 - T; \\ m_2 a &= -P_2 + T \\ (m_1 + m_2) a &= P_1 - P_2 \\ a &= (m_1 - m_2)g / (m_1 + m_2) \\ a &= (1,81,2)9,81 / (1,8+1,2) \\ a &= 0,6 \cdot g / 3 \\ a &= 0,2g - 1,96 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Me zëvendësimin për T në njërën prej barazimeve 1,8-1,96 = 1,8-9,8 - T
 $T = 14,1 \text{ N}$

Shembull. Trupi me masë prej 4 kg rrëshqet nëpër mbështetësen horizontale nën ndikimin e peshës me masë prej 1 kg, të përforcuar në litar që është hedhur nëpërmjet makares së palëvizshme, sikurse në figurë. Koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes së trupit e mbështetëses është e barabartë me 0,1. Të caktohet nxitimi i lëvizjes së sistemit dhe forcës së shtrëngimit të litarit. Fërkimi me makaren dhe masën e litarit eliminohen. Litari nuk shtrëngohet.

Zgjidhje: Bëhet skica e forcave të cilat veprojnë mbi trupat. Sikurse të shembulli paraprak forcat e shtrëngimit të litarit të dy trupat janë të njëjta dhe për shkak të aksionit dhe reaksionit zhduken. Trupat lëvizin me nxitim të njëjtë.

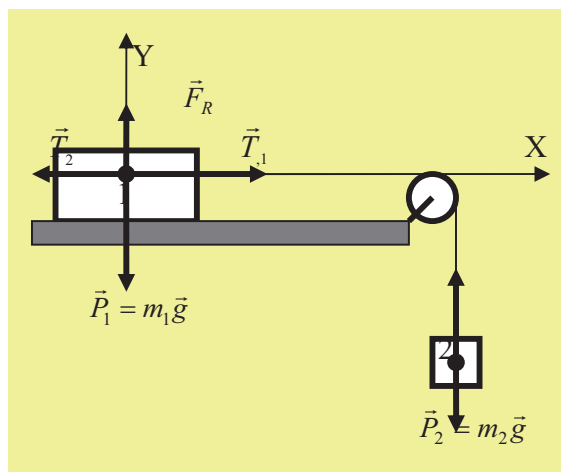
Te trupi i parë veprojnë forcat $\vec{P}_1 = m_1 g$ -forca peshë, \vec{F}_R -forca normale e reaksionit, $\vec{F}_{f\text{ER}}$ - forca e fërkimit ndërmjet trupit dhe mbështetëses dhe \vec{T}_1 - forca e shtrëngimit të litarit. Te trupi i dytë veprojnë $\vec{P}_2 = m_2 g$ - forca e peshës dhe \vec{T}_2 - forca e shtrëngimit të litarit.

Barazimi i lëvizjes së trupit në formën vektoriale është dhënë në formën:

$$m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_R + \vec{F}_{\text{tr}} = m_1 \vec{a}$$

Barazimi i lëvizjes është dhënë me:

$$m_2 \vec{g} + \vec{T} = m_2 \vec{a}$$



Barazimet vektoriale zërthehen sipas gjatësisë të të dy boshteve X dhe Y:

Për trupin: boshti X: $F_R - m_1 g = 0$

boshti Y: $T - F_{f\text{er}} = m_1 a$

»

$$F_R = m_1 g$$

$$F_{f\text{er}} = \mu F_R = \mu m_1 g$$

$$T - \mu m_1 g = m_1 a$$

Për peshën: boshti Y: $m_2 g - T = m_2 a$

Projeksionet sipas gjatësisë së boshtit X është zero. Fitohet sistemi i barazimeve:

$$T - \mu m_1 g = m_1 a$$

$$m_2 g - T = m_2 a$$

Zgjidhja e përbashkët jep:

$$a = \frac{g(m_2 - \mu m_1)}{m_1 + m_2}$$

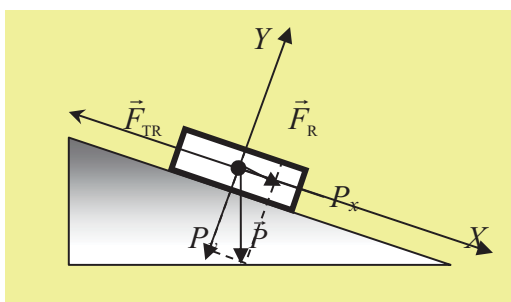
$$T = m_2 g - m_2 a$$

$$a = \frac{9,81(1 - 0,1 \cdot 4)}{1 + 4} = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$T = 1 \cdot (9,8 - 1,2) = 8,6 \text{ N}$$

Shembull. Trup i vogël rrëshqet në [për rrafshin e mënjanuar që me horizontin formon kënd α . Ndërmjet rrafshit të mënjanuar dhe trupit ekziston forcë e fërkimit. Të caktohet nxitimi i trupit në lidhje me rrafshin e përmendur.

Zgjidhje: Bëhet skica, definojnë forcat në figurë. Te trupi veprojnë forcat -forca e peshës \vec{P} , forca e fërkimit $\vec{F}_{f\text{ER}}$, forca e reaksionit të mbështetëses \vec{F}_R .



Me mbështetësen lidhim sistem koordinativ dhe barazimin vektorial të litarit e zbërthejmë në koordinata:

$$m\vec{g} + \vec{F}_R + \vec{F}_{tr} = m\vec{a}$$

Projeksioni për së gjati boshtit X: $-F_{fer} + P_x = ma$

Projeksioni për së gjati boshtit Y: $F_R - P_y = 0$
 $F_R = P_y$

Prej vizatimit mund të definojmë:

$$P_y = mg \cos \alpha$$

$$P_x = mg \sin \alpha$$

$$F_{fer} = \mu F_R = \mu mg$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

prej ku për nxitimin do të fitojmë:

$$a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Nëse eliminohet fërkimi shprehja kalon në:

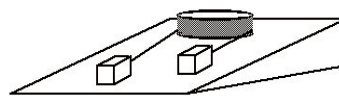
$$a = g \sin \alpha$$

Që të përcaktohet drejt kahja që veprojnë te trupi i shqyrtuar, duhet të mbahet mend kjo që vijon: forca e peshës ka kahe vertikale poshtë; forca e reaksionit të mbështetëse gjatë mos ekzistimit të fërkimit – sipas normales ndaj sipërfaqes së trupit që kontaktojnë nga ana e trupit përkatës; forca e shtrëngimit të perit – sipas gjatësisë së perit ndaj anës së varësës. Për trupat që gjenden në afërsi të sipërfaqes së Tokës duhet pasur parasysh vetëm forcën peshë dhe forcat të cilat paraqiten në vendet e kontaktit direkt të trupave. Forcat e tërheqjes që veprojnë ndërmjet trupave të veçantë janë aq të vogla në krahasim me forcën e Tokës

(forca e peshës), që te të gjitha detyrat, ku nuk ka vërejtje të veçanta, eliminohen.

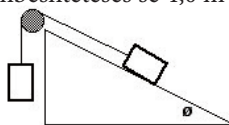
PYETJE, DETYRA, DHE AKTIVITETE

1. Dy kube me masë 2 kg dhe 6 kg janë të lidhur me tel nëpërmjet makare pa fërkim. Të dy trupat mund të lëvizin sipas gjatësisë së rrafshit të mënjauar nën këndin prej 30°. Koeficienti i fërkimit është $\mu = 0,18$. Të caktohet nxitimi i të dy trupave dhe forca e zgjatjes së telit. Masa e telit eliminohet.



(Përgj. $0,9 \frac{m}{s^2}$, 66,3 N)

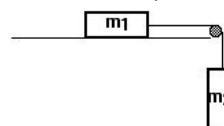
2. Masa prej 5 kg është e nxituar prej qetësisë të mbështetëses së 4,0 m të trapazanit me trup prej 20,0 kg që bie, shiko figurën. Këndi i trapazanit është 30°, kurse koeficienti i fërkimit është 0,26. Të caktohet nxitimi i



trupit prej 5 kg për së gjati trapazanit dhe shtrëngimit të litarit gjatë nxitimit të trupit prej 5 kg sipas gjatë

sisë së trapazanit. Përgj. Përgj. $6,86 \frac{m}{s^2}$ 44,8 N

3. Trupi prej 20 kg është varur me litar me tjetër trup prej 5 kg që është varur nëpërmjet tehut të masës. Nëse koeficienti i fërkimit është 0,2, cili është nxitimi dhe cila është forca e shtrëngimit të litarit?



4. Në të dy skajet e një shkopi të gjatë 4 m me masë prej 6 kg janë vendosur trupa me masë 16 kg në njërin skaj dhe 10 kg në skajin tjetër. Të caktohet qendra e tyre e masës. Skicë. (1,625 gp prej 16kg)

Sqaroni këto koncepte

- forca elastike
- forca e fërkimit
- forca e peshës dhe pesha
- qendra e masës

4. GRAVITACIONI

Qysh në fillim të civilizimit të lëvizjes së planetëve dhe trupave tjerë të gjithësisë i ka fascinuar njerëzit. Nëpër shekuj shumë shkencëtar e kanë shqyrtuar sjelljen e trupave të gjithësisë dhe janë përpjekur të definojnë modele të cilat u përgjigjen të dhënave që i kanë mbledhur.

Në kohën antike është llogaritur se Toka është qendra e botës. Sipas besimeve të atëhershme, Toka ka qenë pllakë e rrafshët, kurse yjet gjithmonë dalin në lindje, por zhduken në perëndim. Sipas të mësuarit e atillë egocentrik, Toka është qendra e gjithësisë dhe të gjitha trupat qiellor rrotullohen rreth saj.

Në bazë të të mësuarit geocentrik Klavdij Ptolomej prej Aleksandrie në shekullin e dytë p.e.r. ka menduar një sistem egocentrik të botës, sipas të cilës Toka është pllakë e shtypur e rumbullakët e rrethua me ujë në të cilën noton në të. Mbi pllakën e Tokës gjenden shtatë sfera kristali nëpër gjatësinë e të cilave nëpër shtigje rrethore rreth Tokës lëvizin Dielli, Hëna edhe tjera planetë të njohura deri atëherë. Te më e madhja prej atyre sferave janë përforcuar yjet e palëvizshme. Sistemi egocentrik i Ptolomei ka sunduar në shkencë plotë 1500 vite.

Në shekullin e pesëmbëdhjetë Nikolla Koperniku ka futur të ashtuquajturën të mësuarit heliocentrik dhe ekzistimi i sistemit planetar Diellor, sipas të cilit Dielli është qendra e gjithësisë dhe planetët lëvizin nëpër orbitat rrethore rreth tij. Toka është planet në formë të topit dhe lëviz si edhe planetët tjerë, nëpër shtigje rrethore rreth Diellit, kurse Hëna e rrethon Tokën për 27 ditë. Kurse Toka rrotullohet dhe rreth boshtit të saj për saktë një ditë natë prej perëndimi nga lindja. Me ndihmën e sistemit heliocentrik, Koperniku ka mundur të jap sqarim për ndërrimin e ditës dhe natës, ndryshimet e Hënës, si edhe errësimi i Diellit dhe Hënës. Por, në shekullin e mesëm, kur ka sunduar kisha, të mësuarit e Kopernikut ka qenë e hedhur si eritike.

Astronom i rëndësishëm i asaj kohe, shekulli XVI, është edhe **Tiho Brahe** që, duke u përqendruar në sistemin e Ptolomeit, ka krye vëzhgime të orbitave të planetëve të cilat më saktë i ka përcaktuar prej Kopernikut. Nxënësi i Tiho Brahe, **Johanes Kepler**, është përpjekur të jep interpretim teorik të të dhënave që i ka lënë Tiho Brahe për lëvizjen e planetit Mars. Kepleri i ka marrë të mësuarit heliocentrik për lëvizjen e planetëve dhe ka futur trajektoren eliptike të lëvizjes së Marsit rreth Tokës, kurse planetët tjerë ka supozuar se lëvizin nëpër shtigje të cilat janë shumë afër vijës rrethore.

4.1. LIGJET E KEPLERIT

Rezultatet që i ka fituar për lëvizjen e Marsit, Keplerit i ka zbatuar edhe për lëvizjen e të tjerëve në atë kohë planetë të njohura me të cilën nëpërmjet rrugës empirike ka konstatuar tre ligje të kinematikës së planetëve.

Ligji i parë i Keplerit thotë: Orbitat dhe planetët janë elipsa me Diellin në njërën prej fokuseve, (fig. 1). Ky ligj quhet edhe *ligji i orbitave*.

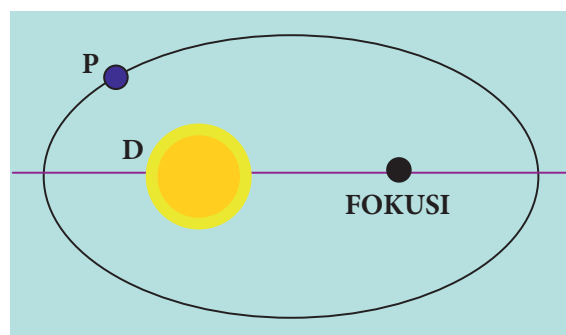


Fig.1.

Ligji i dytë i Keplerit thotë: Rreze-vektori ndërmjet planetës dhe Diellit për interval të njëjtë të kohës përshkruajnë sipërfaqe me syprina të barabarta, (fig. 2). Ky ligj quhet *ligji i sipërfaqeve*.

Prej ligjit të dytë mund të përfundohet se planeti lëviz më shpejtë ndërmjet pika 1 dhe 2, se sa ndërmjet pika 3 dhe 4.

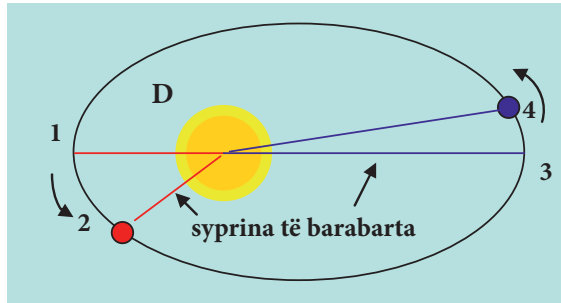


Fig.2

Ligji i tretë i Keplerit thotë: Katrori i periodës të çfarëdo planet lëviz nëpër shtegut eliptik rreth Diellit është proporcionalisht me fuqinë e tretë të gjysmëboshtit të elipsës. Ky është *ligji i periodave*. Pasi shtigjet e të gjitha planetëve përveç Marsi dhe Merkurit, pothuajse janë rrethor, largësia mesatare R prej planetëve deri te Dielli është e barabartë me gjysmëboshtin a .

$$T^2 \approx a^3 \quad (1)$$

Këtë ligj mundemi ta paraqesim me tjetër lloj forme:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = K \quad (2)$$

Me indeks një janë paraqitur periodat dhe largësia prej planetit të parë, me indeks dy për të dytin, me tre për planetin e tretë, kurse K është konstante e njëjtë për të gjithë planetët të sistemit Diellor, të quajtur **konstanta e Keplerit**.

4.2.LIGJI I NJUTNIT PËR GRAVITACIONIN

Shpejtësia dhe periodat e planetëve në orbitë mundën të njehsohen me zbatimin e e ligjit të Njutnit për gravitacion. Të shqyrtojmë planet me masë M_p që lëviz rreth Diellit me masë M_d nëpër orbitën rrethore me rreze r (sikur në fig.3). Forca e gravitacionit me të cilën Dielli vepron mbi planetin është prodhim i konstantes së gravitacionit

G me masat e Diellit M_d dhe planetës M_p e pjesëtuar me katrorin e largësisë. Rreze-vektori njësi \vec{r}_0 është me kahe prej Diellit nga planeti.

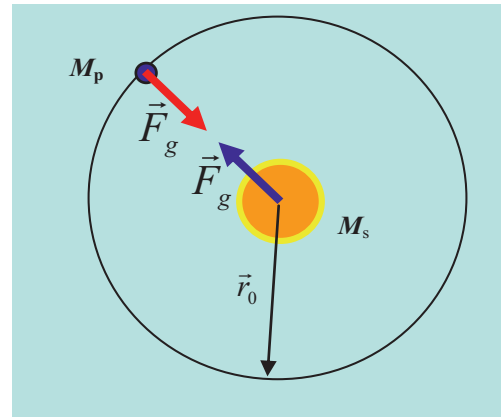


Fig. 3

$$\vec{F}_g = -G \frac{M_p \cdot M_s}{r^2} \vec{r}_0 \quad (3)$$

Konstanta G është **konstanta e gravitacionit** me vlerë $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$. Ajo është e njëjta për të gjithë trupat dhe është njëra nga konstantet botërore më të rëndësishme. Për shkak të vlerës së vogël konstanta e gravitacionit, forcat e gravitacionit do të jenë të rëndësishme vetëm për trupat me masë shumë të madhe, sikurse janë trupat qiellor.

Ligji për gravitacion është nxjerrë në bazë të supozimit se trupat paraqesin pika materiale, d.m.th., se tërë masa e trupave është koncentruar në një pikë. Këtë kusht e kënaqin Dielli dhe planetët dhe satelitët, planetët ndërmjet veti, si edhe planetët dhe satelitët, për shkak të largësive të mëdhaja ndërmjet tyre.

Planetët lëvizin përafërsisht sipas trajektore rrethore rreth Diellit. Gjatë lëvizjes së tyre rrethore te ato vepron forcë e lidhur me normalen (nxitimi centripetal i barabartë me $(F = ma_n)$:

$$\vec{F}_c = -\frac{M_p \cdot v^2}{r} \vec{r}_0 \quad (4)$$

4. Gravitacioni

Nëse supozojmë që shtegu është rrethor, atëherë mundemi t'i barazojmë të dy forcat:

$$\vec{F}_g = \vec{F}_c \quad (5)$$

$$G \frac{M_p \cdot M_s}{r^2} = \frac{M_p \cdot v^2}{r} \quad (6)$$

$$v^2 = G \frac{M_s}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_s}{r}} \quad (7)$$

Fitojmë se shpejtësia e planetëve është e barabartë me rrënjën katrore prej prodhimit të konstantes së gravitacionit me masën e Diellit M_d e pjesëtuar me rrezën e orbitës. Vërehet se shpejtësia e planetës nuk varet prej masës së saj.

Ta definojmë periodën e planetës, duke shfrytëzuar ligjin e Njutnit për gravitacion:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot M_s} = K_s \cdot r^3 \quad (8)$$

Vërejmë se shprehja, në realitet, e jep ligjin e tretë të Keplerit.

Veprimi i gravitacionit në Hënë mbi Tokën vërehet me menitë (hyrje dhe dalje). Forca e gravitacionit ndërmjet Tokës dhe Hënës është më e fuqishme në anën e Tokës më afër Hënës, kurse më e dobët në anën e kundërt, që sjell deri te masa e ujit që nuk është e fiksuar te sipërfaqja e Tokës që të zhvendos deri në një metër lartë (dalje) dhe poshtë (hyrje). Kjo ndodh dy herë në ditë.

4.2.1. Energjia potenciale e gravitacionit

Ta shqyrtojmë lëvizjen rrethore të trupit me masë m rreth trupit masiv M , fig. 4. Duke shfrytëzuar ligjin e Njutnit për gravitacion, mundemi të caktojmë energjinë potenciale të sistemit U .

Pasi forca e gravitacionit është konservative, punën që e bën është e barabartë me ndryshimin negativ të energjisë potenciale të lidhur me këtë forcë:

$$\Delta U = U_1 - U_2 \quad (9)$$

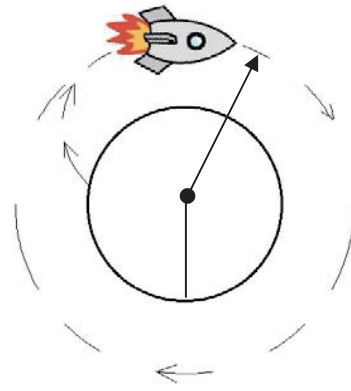


Fig. 4

Energjia potenciale e gravitacionit përcaktohet prej shprehjes:

$$U = -G \frac{M \cdot m}{r} \quad (10)$$

Parashenja negative tregon se forca e gravitacionit është tërheqëse.

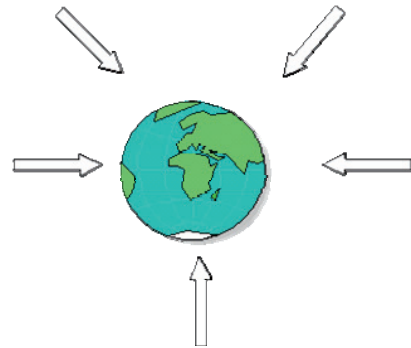


Fig.5. Veprimi tërheqës i forcës së gravitacionit

Puna që do të kryhet që të zhvendoset trupi me masë m te fusha është krijuar prej trupit masë M prej sipërfaqes (R_t) deri në lartësinë h ($r=R_t+h$), do të jetë

$$A = GmM \left(\frac{1}{R_t} - \frac{1}{r} \right) \quad (11)$$

Gjatë zhvendosjes së trupit me masë m prej pikës në largësi r , e matur prej qendrës së trupit me masë M në pakufi, energjia potenciale është e barabartë me punën që e kryen forca e gravitacionit për.

$$A = GmM \left(\frac{1}{R_t} - \frac{1}{\infty} \right) = GmM \frac{1}{R_t} \quad (12)$$

Energjia kinetike e sistemit është definuar me shumën e energjisë kinetike të trupit më të vogël dhe energjisë kinetike të trupit më të madh:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{M \cdot V^2}{2} \quad (13)$$

Shpejtësia e trupit të vogël është v , kurse shpejtësia e trupit më të madh është V . Energjia potenciale është më e madhe kur trupi është më afër deri te Toka dhe zvogëlohet me largimin e tij. Kur trupi lëviz rreth Tokës ose Diellit, energjia e tij e përgjithshme është konstante. Marrim se trupi i madh pezullon, pra energjia e tij kinetike (anëtari i dytë i barazimit (13) është zero. Energjia e përgjithshme e trupit atëherë është dhënë me ligjin për ruajtjen e energjisë që paraqet shumë prej energjisë kinetike dhe potenciale:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} + \left(-G \cdot \frac{M \cdot m}{r} \right) = \text{const} \quad (14)$$

Gjatë lëvizjes rrethore të trupit dhe shpejtësisë dhe rrezes së tij janë konstante. Prej këtu vijon se edhe energjia kinetike dhe potenciale janë konstante.

Forca e cila vepron mbi trupin e vogël është forca e gravitacionit e barabartë me forcën centripetal për shkak të cilës trupi me masë m rrotullohet rreth trupit me masë M

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (15)$$

Do ta sjellim anën e djathtë të barazimit deri te forma e njohur të energjisë kinetike duke pjesëtuar barazimin me 2, që tregon definicionin tjetër për energjinë kinetike të shprehur nëpërmjet konstantes së gravitacionit:

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{2r} = \frac{m \cdot v^2}{2} = E_k \quad (16)$$

Energjia kinetike gjithmonë është madhësi pozitive dhe madhësia e saj është gjysma e energjisë potenciale. Me zëvendësimin e kësaj shprehje për energjinë kinetike te energjia e përgjithshme kemi:

$$E_{\text{vk}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2r} \quad (17)$$

Kjo tregon se energjia e përgjithshme për orbitën rrethore patjetër duhet të jetë negative. Interpretimi fizik i kësaj energjie negative mekanike është se trupi i vogël është lidhur me trupin e madh dhe nuk mund të ikë prej tij. E njëjta shprehje për energjinë vlen edhe për shtigjet eliptike, ku në vend të rrezes vendoset gjysmëboshti i madh a :

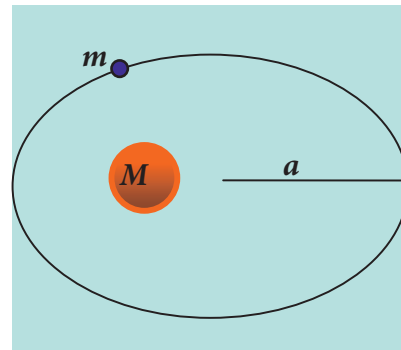


Fig. 5

Vlera e konstantes së gravitacionit për herë të parë ka qenë e matur në 110 vjet pas vendosjes së ligjit të përgjithshëm për gravitacionin, nga ana e Henri Kavendish (Henry Cavendish, 1731-1810). Për atë qëllim ai e përdori terezinë torzionit të gravitacionit të Kavendishit, fig.6.

$$E = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2a} \quad (18)$$

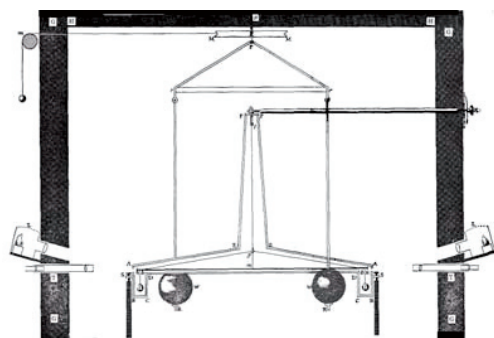


Fig. 6

Dy topat e mëdha prej plumbi, secili me masë prej 10 kg. Janë vendosur ashtu që t'i tërheqin topat e vegjël me masë prej 50 g të cilët janë të varur në skajet e llozit horizontal. Pjesa ku janë të varura topat e mëdha mundet të rrotullojë dhe me atë topat e mëdha t'i tërheqin të vegjlit njëherë drejt vetes në një drejtim, kurse herën tjetër në drejtim të kundërt. Në atë mënyrë vendi ku janë të varura topat e vegjël do të tërhiqet për një kënd të vogël, i cili mundet të matet me ndihmën e forcave të njohura. Kështu mundet të përcaktohet forca e gravitacionit. Kavendish e ka vendosur mbar aparatun në shtëpinë e vet, duke i farkuar dyert dhe dritaret që të mos ketë qarkullim të ajrit i cili do të ndikonte ndaj matjeve të këtij aparati të ndjeshëm. Rezultatet i përcjell përmes teleskopit të vendosura në muret e shtëpisë. Eksperimenti i Kavendishit e ka dhënë vlerën e parë të numërt të konstantës së gravitacionit dhe llogarinë e parë për masën e Tokës e cila ka dhënë vlerë $m = 6 \cdot 10^{24}$ kg.

Vlera e njohur të konstantës së gravitacionit G mundëson përcaktimin e masave të Diellit dhe të gjitha planetave. Për shembull, me përcjelljen e përshpejtimin e njëres nga hënat e Jupiterit ne mundemi ta llogarisim masën e Jupiterit. Më poshtë është dhënë tabela me distancën e planetave nga Dielli dhe të masave të tyre.

Forcat gravituese janë shumë të dobëta dhe vijnë në shprehje të masave shumë të mëdha, ato janë të mërzitshme të veprimit të grimcave elementare. Ato janë forcat kryesore të trupave me masa të mëdha, sikurse planetët dhe satelitët e tyre, udhëheqin me lëvizjen të trupave qiellor.

Forcat e gravitacionit janë forca të cilat veprojnë në largësi. Ato zvogëlohen proporcionalisht të anasjelltë me katrorin e largësisë ndërmjet trupave që bashkëveprojnë dhe janë gjithmonë forca të tërheqjes.

	Largësia mesatare prej Diellit në njësi mase të Tokës	Masa në njësi të masës së Tokës
Dielli	–	330 000
Merkuri	0,38	0,056
Venera	0,72	0,82
Toka	1	1
Marsi	1,5	0,11
Jupiteri	5,2	320
Saturni	9,5	95
Urani	19	14
Neptuni	30	17

Prej Te tabela 1 janë dhënë masat dhe largësitë mesatare të planetëve të Diellit të shprehur nëpërmjet largësive prej Diellit deri te Toka dhe masa e Tokës si njësi.

4.3. SATETILËT. SHPEJTËSITË KOSMIKE

Nëse duam që trupi të rrotullohet në orbitën rreth Tokës, e hedhim vertikalisht lartë. Nën ndikimin e forcës së gravitacionit prej lëvizjes sipas shtegut vertikal kalon në lëvizje sipas trajektore horizontale. Si do të jetë shtegu i lëvizjes varet prej shpejtësisë me të cilën trupi lëviz. Nëse ajo shpejtësi është e vogël, nën ndikimin e gravitacionit, tgrupi ngadalë do të bie nga sipërfaqja e Tokës. Sa është shpejtësia më e madhe aq rrugë më të madhe do të kalon deri sa të bie në Tokë. Nëse shpejtësia është mjaft e madhe, tgrupi do të fillon të rrotullohet rreth Tokës sipas një trajektore rrethore. Me zmadhimin e shpejtësisë, trupi prej lëvizjes rrethore do të kalon në lëvizje eliptike, ose do ta përballon gravitacionin e Tokës dhe do të ik prej Tokës. Shpejtësia që është e nevojshme për trupin të bëhet satelitë i Tokës, d.m.th. të

4. Gravitationi

lëviz rreth Tokës sipas shtegut rrethor të përafërt është përcaktuar me barazimin e forcave centripetal me të gravitacionit:

$$ma = m \frac{v^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2} \quad (1)$$

Te barazimi i sipërm është masa e trupit, M është masa e Tokës, kurse r është rrezja e Tokës. Prej barazimit të sipërm fitohet shprehje për shpejtësinë me të cilën lëviz trupi rreth Tokës:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}} \quad (2)$$

Ky barazim mund të zbatohet për cilindro satelit që lëviz sipas orbitës rrethore rreth ndonjë trupi të madh, sikurse janë planetët, yjet dhe të ngjashme.

Nëse shpejtësia fillestare e trupit v_0 te pika fillestare të trajektorës ose orbitës së trupit është e vogël, atëherë trupi do të bie në sipërfaqen e Tokës. Megjithatë, lëvizja e trupit do të realizohet përafërsisht sipas parabolës, ngjashëm sikurse lëvizja e trupit nën ndikimin e peshës së Tokës të hedhur në drejtimin horizontal. Forma sferike e Tokës dhe ndryshimi i forcës së peshës, në pajtim me ligjin e dytë të Njutnit, mundëson që ajo trajektore të paraqet pjesë të elipsës, fokusi i së cilës gjendet në qendrën e Tokës. Gjatë shpejtësive të vogla, ajo elipsë është shumë e shtypur, ka ekscentricitet të madh. Me zmadhimin e shpejtësisë së trupit, ekscentriciteti i saj zvogëlohet dhe trupi bie aq më larg prej pikës së fillimit. Në fund trupi fillon të lëviz sipas vijës rrethore rreth Tokës. Nëse eliminohen forcat e fërkimit trupi bëhet satelit i Tokës.

Shpejtësia më e vogël që është e nevojshme t'ia lajmëron një trupi, që të bëhet satelit i Tokës, quhet **shpejtësia e parë kozmike**. Kur sateliti gjendet në disa kilometra mbi sipërfaqen e Tokës, mund të llogaritet se largësia prej qendrës së Tokës është përafërsisht e njëjtë me rrezën e Tokës, pra në pajtim me ligjin e dytë të Njutnit, mund të shkruhet:

$$m \cdot a_r = G \cdot \frac{m \cdot M_t}{R_t^2} \quad , \quad (3)$$

$$\frac{m \cdot v_1^2}{R_t} = G \cdot \frac{m \cdot M_t}{R_t^2} \quad (4)$$

prej ku fitohet:

$$v_1 = \sqrt{G \cdot \frac{M_t}{R_t}} = \sqrt{g \cdot R_t} \quad (5)$$

Me zëvendësimin e vlerave numerike ($R_t = 6371$ km, $g = 9,81$ m/s²), për shpejtësinë e parë kozmike fitohet: $v_1 = 7,9-103$ m/s = 7,9 km/s.

Që të mundet rezistenca e ajrit të eliminohet, lartësia e trupit duhet të jetë shumë e madhe që sjell deri te vlerë pak më të madhe se shpejtësia e parë kozmike. Gjatë shpejtësive të vogla prej saj, sateliti do të bie në Tokë, kurse për të mëdha, trajektorja e trupit nuk do të jetë vijë rrethore, por elipsë.

Shpejtësia me të cilën duhet të lansohet një trup, që ta lëshon Tokën - ta përballon forcën e gravitacionit të Tokës dhe të bëhet satelit artificial i Diellit, quhet shpejtësia e dytë kozmike. Ajo shpejtësi ndryshe quhet edhe shpejtësia parabolike, pasi ajo shpejtësi e trupit i përgjigjet trajektorës parabolike të trupit në fushën e gravitacionit të Tokës (në mungesë të rezistencës së atmosferës).

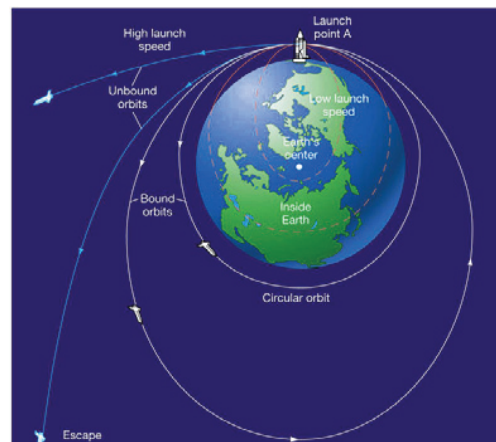


Fig. 1.

Energjia minimale që duhet ta ketë trupi që të lirohet prej fushës së gravitacionit të Tokës do të përcaktohet shprehja:

$$\frac{m \cdot v_2^2}{2} - G \cdot \frac{m \cdot M_t}{R_t} = 0, \quad (E_0 = 0)$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot \frac{G \cdot M_t}{R_t}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot R_t} \quad (6)$$

Nëse bëhet krahasimi i formulave për shpejtësinë e parë dhe të dytë kozmike fitohet:

$$v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2} = 11,2 \text{ km/s} \quad (7)$$

Gjatë fluturimeve ndërmjet yjeve rëndësi të madhe ka **shpejtësia e tretë kozmike** v_t . Shpejtësia e tretë kozmike quhet shpejtësia më e vogël e cila është e domosdoshme t'ia lajmëron një trupi, që të mundet ai trup të largohet jashtë prej kufijve të sistemit Diellor, d.m.th., që të mund të ta përballon jo vetëm forcën e gravitacionit të Tokës por edhe të Diellit. Ajo shpejtësi mund të përcaktohet prej ligjit për ruajtjen e energjisë:

$$\frac{m \cdot v_3^2}{2} - G \cdot \frac{m \cdot M_t}{R_{td}} = 0 \quad (8)$$

ku M_d - masa e Diellit, R_{td} - largësia e barabartë me rrezen e orbitës së Tokës rreth Diellit. Për shpejtësinë e tretë kozmike fitohet:

$$v_3 = \sqrt{2 \cdot \frac{G \cdot M_t}{R_{td}}} = 42 \text{ km/s} \quad (9)$$

Shpejtësia e rrotullimit të Tokës rreth Diellit është $v_{orb} = 29,8 \text{ km/s}$. Trupi që gjendet në Tokë lëviz së bashku me të rreth Diellit me shpejtësinë e njëjtë. Vlera e shpejtësisë së tretë kozmike varet prej asaj se në cilën kahe kryhet lansimi i trupit në lidhje me kahen e shpejtësisë së lëvizjes orbitale të Tokës rreth Diellit.

Shumë të rëndësishme për lidhjet ndërmjet kontinenteve janë të ashtu quajturit satelitët geostacionar të cilët lëvizin në rrafshin e ekuatorit të Tokës dhe gjithmonë gjenden mbi një pikë të sipërfaqes.

Të shqyrtojmë se si trupi i dhënë mund të zhvendoset prej një orbite në tjetrën. Që të ndodh ndryshim te shtegu është e domosdoshme të ndodh ndryshimi i energjisë së përgjithshme të satelitit. Të supozojmë se ndryshimi i shpejtësisë së lëvizjes, $\Delta \vec{v}$. Nëse \vec{v}_i është shpejtësia fillestare, kurse \vec{v}_k është shpejtësia përfundimtare, do të kemi:

$$\vec{v}_k = \vec{v}_i + \Delta \vec{v} \quad (10)$$

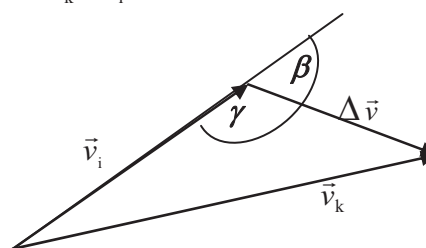


Fig. 6

Madhësia e këtyre vektorëve do të përcaktohet me ndihmën e teoremës së kosinusit, prej ku do të kemi ($\beta = 180^\circ - \gamma$, $\cos \gamma = -\cos \beta$):

$$v_k^2 = v_i^2 + \Delta v^2 + 2v_i \cdot \Delta v \cdot \cos \beta \quad (11)$$

Këndi β është këndi ndërmjet shpejtësisë së orbitës më poshtë \vec{v}_i dhe ndryshimit të shpejtësisë gjatë kalimit në orbitën tjetër $\Delta \vec{v}$. Ndryshimi i energjisë do të jetë më e madhe nëse vektorët \vec{v}_i dhe $\Delta \vec{v}$ janë jolinear, d.m.th., këndi ndërmjet tyre është zero ($\beta = 0$) dhe shpejtësisë \vec{v}_i është maksimale.

Për shembull, që të bartet sateliti prej shtegut eliptik nga trajektorja në dalje prej orbitës së Tokës, impuls më efikas do të fitohet nëse impulsi është jolinear me shpejtësinë dhe i zbatuar momentalisht kur sateliti është në perigein (pika më e afërt deri te Toka) te orbita e brendshme eliptike dhe apogei (pika më e largët prej Tokës) në orbitën e jashtme.

4. Gravitacioni

Nëse duam që të dërgojmë anie deri në Mars, lëvizja e tij do të jetë definuar në këtë mënyrë: Së pari anija do të lëviz sipas hipobolës egocentrike ku do të del prej fushës së Gravitacionit të Tokës dhe poashtu Dielli do ta tërheq. Më tutje, anija do të lëviz sipas trajektores eliptike rreth Diellit nga Marsi. Kur hyn në fushën e Gravitacionit të Marsit, ku forca e Gravitacionit të Marsit është më e madhe se forca e Gravitacionit të Diellit, anija do të lëviz sipas trajektores përafërsisht hiperbolike.

Pyetje: Planeti Jupiter është më masiv se Toka më shumë se 300 herë, ashtu që presim në Jupiter të peshojmë 300 herë më shumë se në Tokë. Është e vërtetë se sipërfaqja e Jupiterit trupi do të peshon tre herë më shumë se sipërfaqja e Tokës. A supozoni pse është kështu?

Shembulli 1. Të njehsohet energjia e lidhjes së Tokës e cila rrotullohet rreth Diellit. Masa e Tokës është $m = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg Masa e Diellit është $M_d = 1,991 \cdot 10^{30}$ kg, Largësia prej Tokës deri te Dielli është $r_t = 1,496 \cdot 10^{11}$ m/s dhe $G = 6,67 \cdot 10^{11}$ Nm²/kg². Zdhjidhje:

$$E = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2a}$$

Energjia e lidhjes është $-2,65 \cdot 10^{33}$ J.

Shembulli 2. Sa shpejt lëviz Toka rreth Diellit? Masa e Diellit është $M_d = 1,991 \cdot 10^{30}$ kg, largësia mesatare prej Tokës deri te Dielli është $r = 1,496 \cdot 10^{11}$ m/s dhe konstanta e gravitacionit $G = 6,67 \cdot 10^{11}$ Nm²/kg².

Zgjidhje:
$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_d}{r}} =$$

$$= \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1,991 \cdot 10^{30}}{1,496 \cdot 10^{11}}} = 2,98 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

Nëse marrim që forca e gravitacionit është forca e vetme që vepron mbi trupin, prej ligjit të dytë të Njutnit, mundemi ta gjejmë nxitimin centripetal për planetën në orbitë rrethore:

$$M_p \vec{a}_d = -G \cdot \frac{M_p \cdot M_d}{r^2}$$

$$\vec{a}_d = G \cdot \frac{M_d}{r^2}$$

Nxitimi centripetal i planetës nuk varet prej masës së planetës, por fitohet me shumëzim e konstantes së gravitacionit me masën e Diellit të pjesëtuar me katrorin e largësisë mesatare të Tokës prej Diellit.

Shembulli 3. T'i krahasojmë nxitimet centripetal të Tokës dhe Venerës rreth Diellit.

Largësia mesatare e Tokës prej Diellit është $r_t = 1,496 \cdot 10^{11}$ m/s masa e Diellit është $M_d = 1,991 \cdot 10^{30}$ kg, largësia mesatare prej Venere deri te Dielli është $r_v = 1,08 \cdot 10^{11}$ m, konstanta e gravitacionit $G = 6,67 \cdot 10^{11}$ Nm²/kg².

Zgjidhje:

$$\begin{aligned} \frac{\vec{a}}{\vec{a}_c} &= \left(G \cdot \frac{M_d}{r_v^2} \right) / \left(G \cdot \frac{M_d}{r_t^2} \right) = \left(\frac{r_t^2}{r_v^2} \right) = \\ &= \left(\frac{1,496 \cdot 10^{11}}{1,08 \cdot 10^{11}} \right)^2 = 1,92 \end{aligned}$$

Mundemi ta caktojmë periodën e rrotullimit të planetës duke shfrytëzuar shprehjen që e fituam për shpejtësinë. Të përkujtohem se shpejtësia paraqet raport ndërmjet rrugës së kaluar dhe kohës së lëvizjes, e zbatuar në lëvizjen rrethore, rruga e kaluar është gjatësia e vijës rrethore, kurse koha e një rrotullimi është perioda T

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

4. Gravitacioni

Nëse kjo shprehje ngritet në katror do të fitohet:

$$v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \Rightarrow v^2 = G \cdot \frac{M_d}{r}$$

Me barazimin e këtyre dy barazimeve do të kemi:

$$G \cdot \frac{M_d}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$T^2 \cdot G \cdot M_d = 4\pi^2 r^3$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot M_d}$$

Vërehet se perioda e planetës varet prej masës së planetës, por prej shkallës së tretë të largësisë mesatare prej planetës deri te Dielli.

Shembulli 4. Cila është koha e rrotullimit të Tokës?

Zgjidhje:
$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot M_d}} =$$

$$= \sqrt{(2,97 \cdot 10^{-19}) \cdot (1,50 \cdot 10^{11})^3}$$

$$= 3,17 \cdot 10^7 \text{ s}$$

Ligjshmëritë e njëjtë vlejnë edhe për rrotullimin e satelitit rreth Tokës. Të marrim se kemi satelit i cili rrotullohet rreth Tokës në 200 km prej sipërfaqes së Tokës. Nëse e dimë se rrezja e Tokës është 6400 km, shpejtësia e satelitit është:

$$v^2 = G \cdot \frac{M_t}{r + R_t} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

Koha për një rrotullim i satelitit rreth Tokës është $T = 2\pi r/v \sim 89$ minuta.

Vërejmë se kjo shpejtësi nuk varet prej masës së projektimit (raketës).

Lokaliteti	g (m/s ²)
Asteroid Vesta (sipërfaqja)	0,3
Hëna	1,6
Marsi (sipërfaqja)	3,7
Toka (sipërfaqja)	9,8
Jupiteri (retë)	26
Dielli (sipërfaqja e dukshme)	270
Ylli Neutronik	1012
Gropë e zezë (qendra)	1052 - oo

Tabela 2

Më lartë është dhënë tabela ku janë përmendur disa vlera për nxitimin e nxitimi i gravitacionit të llojet e ndryshme të objekteve.

PYETJE, DETYRA, AKTIVITETE

1. Fluturakja qiellore lëviz sipas orbitës rreth planetës së Jupiterit në largësi prej 510 km mbi sipërfaqen. Të caktohet: a),

b) perioda e tij;
(Përgj. a) $4,24 \cdot 10^4$ m/s; b) 2,895 h)

2. Anija kozmike prej 5000 kg duhet të dërgohet në orbitë në 10000 km mbi sipërfaqen e Tokës. Të caktohet a) vektori i shpejtësisë së rrotullimit, b) energjia e rrotullimit, c) energjia e përgjithshme e shpenzuar. (Përgj. a) $4,93 \cdot 10^3$ m/s, b) $6,077 \cdot 10^{10}$ J, c) $2,516 \cdot 10^{11}$ J)

Jepni rëndësinë e koncepteve themelor real dhe definoni ligjet

- Ligjet e Keplerit
- ligji i përgjithshëm i gravitacionit
- energjia potenciale e gravitacionit
- shpejtësi kozmike
- konstantja e gravitacionit
- satelitët geostacionar

5. PUNA DHE ENERGJIA

Trupat që ndërtojnë një sistem mekanik mund të vetëveprojnë ndërmjet veti, sikurse edhe me trupat tjerë të cilët nuk i takojnë atij sistemi. Përkatësisht, forcat të cilat veprojnë mbi trupat nga sistemi i dhënë mundemi t'i ndajmë **në të brendshme** ose **të jashtme**. Të brendshme janë ato forca me të cilat trupat reciprokisht veprojnë në sistemin mekanik, ndërsa të jashtme janë forcat me të cilat vepron mbi trupat prej jashtë. Nëse nuk ekzistojnë forca të jashtme që veprojnë mbi trupin prej sistemit të dhënë, ai sistem quhet i mbyllur. Megjithatë është e nevojshme të gjenden ligje të cilët vlejnë për të gjitha dukuritë në natyrë dhe për të gjithë trupat pa dallim për çfarë sistem bëhet fjalë. Ligjet e atillë formulohen në formë të ligjit për ruajtje dhe ato paraqesin ligje universale të natyrës. Ato janë ligji për ruajtjen e energjisë, ligji për ruajtjen e impulsit dhe ligji për ruajtjen e momentit të impulsit. Këto ligje janë instrument i fuqishëm për shqyrtimin e dukurive mekanike. Ligjet për ruajtjen nuk varen prej trajektores së pikës materiale, as prej karakterit të forcave që veprojnë në të. Nëse ndonjë proces u kundërshton këtyre ligjeve, lirisht mund të thuhet se ai proces nuk është i mundshëm. Këto ligje janë të lidhur ngushtë me vetitë themelore të hapësirës dhe kohës dhe në vete përmbajnë disa koncepte të reja si puna e forcës, energjisë, energjisë potenciale, energjisë kinetike, impulsi.

5.1. ENERGJIA

Koncepti energji është futur në fizikë aty nga fillimi i shekullit XIX. Sot ajo paraqet bazë jo vetëm për shkencat natyrore, por edhe për jetën e tërësishme. Nuk ekziston veprimtari që nuk është e lidhur me energjinë.

Fjala energji vjen prej fjalës greke „energos“ që do të thotë aktivitet. Energjia është karakteristikë e sistemit me të cilin përshkruhet aftësia e atij sistemi të kryen punë. Çdo formë e

lëvizjes së materies ka lloj të veçantë të energjisë; gjatë lëvizjes mekanike shqyrtojmë energji mekanike, ku proceset e nxehtësisë flasim për energjinë e brendshme, te proceset e energjisë nukleare etj.

Përkufizimi i llojeve të ndryshme të energjisë dhe shndërrimi i tyre prej një lloj të energjisë në tjetrën, ka sjellë deri te njëri nga ligjet më fundamentale të fizikës - ligji për ruajtjen e energjisë. Ligji për ruajtjen e energjisë është ë i rëndësishëm prej të gjithë ligjeve themelore në natyrë, më i përgjithshëm dhe prej ligjeve të Njutnit për lëvizjet. Sipas tij, energjia e përgjithshme në natyrë është e pandryshueshme, ka qenë, është edhe do të jetë aq sa prej fillimit të universumit. Energjia mund të ndryshon prej një lloj në tjetër lloj, por nuk mund të krijohet as të zhduket, energjia e përgjithshme ngel e njëjtë. Energjia mekanike është energji që e posedon trupi e cila i dedikohet lëvizjes së tij ose vend pozitës së tij. Energjia mekanike mund të jetë kinetike (energji e lëvizjes) ose potenciale (energji te pozita e dhënë).

Energjia (mekanike) është ngushtë e lidhur me ligjin për inercion të nxjerrë prej eksperimentit të njohur me rrafshin e mënjanuar të Galilei Galilei. Topi që rrokulliset sipas rrafshit të mënjanuar gjithmonë hip në lartësi të njëjtë prej të cilës është lëshuar të rrokulliset, domethënë ekziston ndonjë madhësi e cila gjatë lëvizjes së topit nuk ndryshon. Ajo madhësi quhet *energji*. Energjinë të cilën e ka trupi në ndonjë lartësi (e matur prej ndonjë niveli referent) quhet *energji potenciale*. Gjatë lëvizjes së topit nëpër rrafshin e mënjanuar, shpejtësia e tij zmadhohet. Kur rrokulliset nëpër rrafshin horizontal, ai gjendet në nivelin referent dhe nuk ka energji potenciale pasi lartësia në të cilën gjendet është zero. Megjithatë energjia potenciale transformohet në energji të lëvizjes, të quajtur *energji kinetike*. Gjatë hipjes lartë nëpër rrafsh, topi e humb shpejtësinë e tij, d.m.th., energjia kinetike transformohet në energji potenciale. Kur topi do të hip në lartësinë fillestare prej të cilës është nisur, shpejtësia e tij është zero, d.m.th.,

tërë energjia kinetike është shndërruar në energji potenciale.

Mund të themi se tërë energjia në natyrë mund të ndahet në energji potenciale dhe kinetike. Të gjitha format e njohura sillen në njëren prej këtyre dy lloje të energjive.

5.2. PUNA E FORCËS

Gjatë lëvizjes së trupit, njëra nga karakteristikat e tij është shpejtësia. Që të ndodh lëvizja është e domosdoshme përveç veprimit të ndonjë force të caktuar mbi trup të kemi edhe zhvendosej e tij në kahe të veprimit të asaj force për ndonjë largësi Δx . Nëse kjo nuk është plotësuar, atëherë sa kohë edhe të vepron forca, nuk do të ketë ndryshim të shpejtësisë së trupit.

Mund të konstatohet lidhje direkte ndërmjet ndryshimit të shpejtësisë së trupit nën ndikimin e forcës që vepron në të dhe largësia (zhvendosja) ka kaluar prej trupit për kohën e veprimit të forcës. Për këtë qëllim shqyrtojmë trup me masë m e cila ka ndonjë shpejtësi fillestare v_1 , fig.1.a. Nëse mbi trupin vepron forcë konstante $F = const$, në kahen e zhvendosjes së trupit, ai do të lëviz drejtvizorisht e përsheptuar dhe nën ndikimin e asaj force do të kalon largësi $\Delta x = x_2 - x_1$. Në pika x_2 trupi do të ketë shpejtësi v_2 . Prodhimi i forcës dhe zhvendosjes $F \cdot \Delta x$ quhet *puna e forcës*.

$$A = F \cdot \Delta x \quad (1)$$

Ky është barazim skalare pasi kahja e lëvizjes së trupit, si edhe kahja e vektorit të forcës janë të njëjta. Në procesin e kryerjes së punës shkëmben energji me trupin mbi të cilin kryhet punë. Kur puna kryhet mbi trupin e dhënë, ai trup fiton energji. Koncepti punë për herë të parë është shfrytëzuar në vitin 1826 prej matematikanit francez Gaspar-Gustav Koriolis.

5.2.1. Puna e forcës konstante. Më lartë shqyrtoam lëvizje drejtvizore, ku kahja e forcës puthitet me kahen e vektorit të zhvendosjes. Në rastin e përgjithshëm, kur forca e cila është konstante

($\vec{F} = const$) vepron te trupi nën këndin α me kahen e lëvizjes së trupit, fig. 1 b., ku F_x dhe F_y janë komponente të forcës \vec{F} sipas gjatësisë së boshtit X- dhe Y të sistemit koordinativ XOY të cili është vendosur trupi i shqyrtuar, puna përcaktohet me shprehjen:

$$A = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x \quad (2)$$

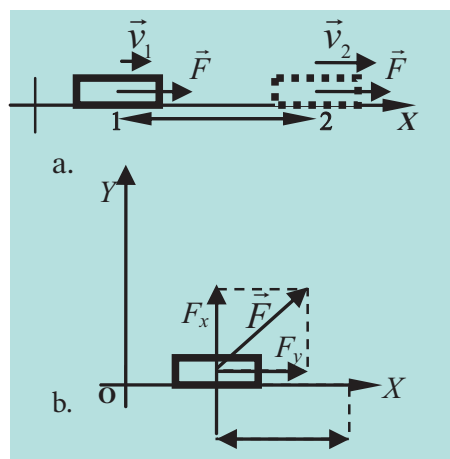


Fig.1

Prej figurës shihet se nëpër boshtin Y nuk ka zhvendosje, pra komponenta F_y nuk kryen punë. Prej këtij vijon se puna e forcës në kahen e zhvendosjes dhe m madhësisë së zhvendosjes së trupit, i shkaktuar prej veprimit të asaj force. Nëse forca dhe vektori i zhvendosjes formojnë kënd të ngushtë ($\alpha < 90^\circ$), atëherë $\cos \alpha > 0$ dhe puna është pozitive, $A > 0$. Për $\alpha > 90^\circ$, $\cos \alpha < 0$, puna është negative, $A < 0$, kurse për këndin $\alpha = 90^\circ$, $\cos \alpha = 0$, puna është e barabartë me zero, $A = 0$. Shembull për rastin e fundit kemi se kur shtypim mbi trupin prej lartë poshtë. Sado fuqishëm të shtypim, trupi nuk do të zhvendoset, d.m.th., themi nuk kryen punë mekanike.

Puna mekanike është madhësi e atillë e cila e karakterizon procesin e kalimit të trupit (ose sistemi) prej njëres gjendje mekanike në tjetrën. Proces i atillë mund të ndodh vetëm nëse ekziston forcë që vepron te trupi dhe trupi zhvendoset nën ndikimin e asaj force. Njësia për punë

të forcës në SI është **xhul**, J . Puna e forcës është $1 J$ ku zhvendosja e trupit për $1 m$ në kahen e veprimt të forcës prej $1 N$. ($1 J = 1 N \cdot 1 m = 1 m^2 kg/s^2$).

5.2.2. Puna e forcës së ndryshueshme. Kur trupi lëviz sipas vijës së lakuar dhe popashtu forca \vec{F} ndryshon sipa madhësisë, ashtu edhe sipas drejtimit dhe kahes, është e nevojshme trajektorja e pikës materiale të ndahet në zhvendosje të vogla elementare $\Delta\vec{r}$ kahet e të cilave puthiten me kahen e lëvizjes së pikës materiale. Madhësia e zhvendosjes elementare do ta shënojmë me Δs , $|\Delta\vec{r}| = \Delta s$, kurse F_s është projekcioni i forcës mbi boshtin s .

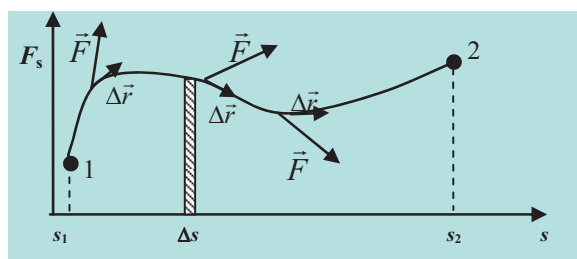


Fig.2.

Pasi zhvendosja elementare është mjaft e vogël, atëherë forca \vec{F} gjatë asaj zhvendosje mund të shqyrtohet si konstante, pra puna elementare e asaj force mund të njehsohet me shprehjen:

$$\Delta A = F \cos \alpha |\Delta\vec{r}| = F \cos \alpha \Delta s = F_s \Delta s \quad (3)$$

Në këtë mënyrë, nëse mblidhen të gjitha punët elementare të cilat kryhen për pikën materiale të zhvendoset për zhvendosje elementare Δs , mund të caktohet puna e përgjithshme e forcës së ndryshueshme \vec{F} në pjesën e trajektorës prej pikës 1 deri te pika 2, si shumë e punëve të forcave të çdo segmenti prej rrugës së kaluar:

$$A_{1-2} = \sum \Delta A_i = \sum F_i \cdot \Delta s_i \quad (4)$$

Prej fig.2. shihet se puna elementare $\Delta A = F \cos \alpha \cdot \Delta s$ është syprina e drejtkëndëshit të hijezuar. Prej këtu puna e përgjithshme për zhvendosjen e trupit prej pikës 1 deri te pika 2 do të jetë syprina e figurës 1-2- s_2 - s_1 -1.

Nëse te trupi veprojnë më shumë forca $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$, atëherë për intervalin e vogël të kohës Δt për të cilin trupi është zhvendosur për Δs puna e përgjithshme ΔA e atyre forcave do të jetë e barabartë me shumën algjebrike të punëve të çdo force në veçanti:

$$\begin{aligned} \Delta A &= \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n \\ \Delta A &= (F_1 + F_2 + \dots + F_n) \Delta s \end{aligned} \quad (5)$$

5.2.3. Puna e forcës elastike. Ta caktojmë punën që e kryen gjatë deformimit të spirales, e cila i nënshtrohet ligjit të Hukut. Shqyrtojmë spirale e cila ngadalë zgjatet, ashtu që mundemi të llogarisim se në çdo moment, forca e jashtme \vec{F}_{jash} e cila vepron mbi spiralen është e barabartë sipas madhësisë me forcën elastike \vec{F}_{el} .

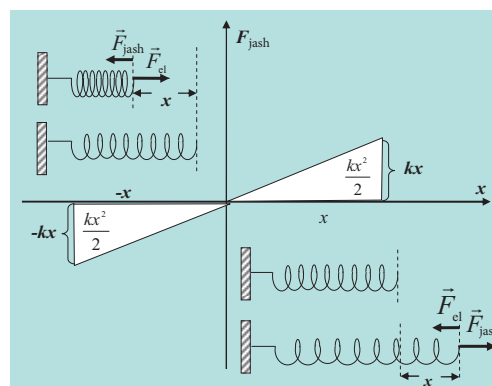


Fig. 3

Në këtë rast forca elastike është e barabartë me:

$$F_d = -k \cdot x \quad (6)$$

ku x është zgjatja ($-x$ është shtrëngim) i spirales nën ndikimin e forcës së jashtme F_{mbi} . Prej fig.3 shihet se puna që duhet ta kryen forca e jashtme që të zgjatet spirala për vlerën x prej pozitës baraspeshë është e barabartë me:

$$A_{mbi} = \frac{kx^2}{2} = -A_{el} \quad (7)$$

Nëse $x < 0$, d.m.th., nëse spirala

5. Puna dhe energjia

shtrëngohet, punën që e kryen forca elastike do të jetë pozitive, $A > 0$. Në këtë rast forca elastike ka kahen nga shtrëngimi i spirales, e ndihmon shtrëngimin dhe vet kryen punë. Nëse, tani spiralja zgjatet, $x > 0$, puna e forcës elastike do të jetë negative, $A < 0$. Puna e forcës elastike nuk varet prej llojit të vijës rrugore, por varet vetëm prej pozitës fillestare dhe të fundit të pikës materiale.

5.2.4. Puna e forcës së gravitacionit. Forca me të cilën trupi me masë m_1 e vendosur në fillimin referent 0 vepron mbi trupin me masë m_2 , është dhënë me:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (8)$$

Trupi e ndryshon pozitën në ndikimin e forcës së gravitacionit prej pikës 1 të përcaktuar me r_1 deri te pika 2 të përcaktuar me r_2 . Puna A që e kryen forca e gravitacionit në tërë rrugën e kaluar të trupit m_2 prej pikës 1 deri te pika 2, sipas gjatësisë së vijës rrugore të trupit është dhënë me:

$$\begin{aligned} A &= F_g (r_1 - r_2) = G \frac{m_1 m_2}{r_s} (r_1 - r_2) \\ &= G \frac{m_1 m_2}{r_1 r_2} (r_1 - r_2) = G m_1 m_2 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (9) \end{aligned}$$

Këru r_s është ndonjë largësi mesatare për të cilën vlen $r_s^2 \ll r_1 r_2$.

5.3. FUQIA

Çdo automobil nuk mund të starton njëjtë. Ndonjë automobil sikurse Porshe mundet shumë shpejtë të arrin shpejtësi prej 100 km/h, se sa jugo. Fuqia është njësi për ndryshimin e ndonjë lloj energjie që e posedon trupi, në intervalin e dhënë të kohës të nevojshme që të ndodh ndryshimi.

Fuqia mund të definohet si shpejtësi e punës së kryer. Relacioni me të cilën përcaktohet fuqia është

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (1)$$

ku ΔE është ndryshimi ndërmjet energjisë së mbarimit dhe të fillimit. Nëse për kohën Δt puna e forcës F është e barabartë me $\Delta A = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$, atëherë fuqia e asaj force mund të jetë dhënë me këtë shprehje

$$\begin{aligned} P &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = F \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = F \cdot \cos \alpha \cdot v, \\ P &= F \cdot v \cdot \cos \alpha = F_v \cdot v \quad (2) \end{aligned}$$

ku v është shpejtësia trupit në ndikimin e forcës që vepron mbi të, kurse F_v është projekcioni i forcës \vec{F} në kahen e shpejtësisë. Prandaj, fuqia e forcës është e barabartë me prodhimin e projekcionit të forcës që vepron te trupi në kahen e lëvizjes së tij dhe shpejtësisë së tij. Njësia për fuqinë në SI është vat, W. *Fuqia është 1 W kur për*

1 s kryhet punë prej 1 J (1 W = 1 J/s = 1 $\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$).

Nëse dihet fuqia, prej saj mund të njehsohet puna e kryer për intervalin e kohës së dhënë:

$$\Delta A = P \cdot \Delta t.$$

Njeriu i cili shkon ngadalë zhvillon fuqi përafërsisht 50 W, ndërsa printeri mund të zhvillon fuqi deri më 1500 W.

Shembull. Njeriu zakonisht në ditë fut ushqim që i përgjigjet energjisë prej 8106 J dhe e shndërron pothuajse tërë atë direkt në energji të brendshme.

Krahasoe energjinë e brendshme të njeriut me energji të nxehtësisë që e liron llamba prej 100 W.

Zgjidhje : E njehsojmë tërë kohën për të cilën lirohet energjia, kurse ajo është një ditë. Tërë energjia e futur ndahet në interval kohor – një ditë e natë në sekondë:

$$\Delta t = 24 \text{orë} \cdot 60 \text{min} \cdot 60 \text{s} = 910^4 \text{ s};$$

$$P_c = \Delta E / \Delta t = 8 \cdot 10^6 \text{ J} / 9 \cdot 10^4 \text{ s} = 90 \text{ J/s}$$

$$P_s = 90 \text{ W} < 100 \text{ W} \quad (P_c < P_s)$$

5.4. ENERGIJA KINETIKE

Një trup mund të kryen punë kur është në lëvizje, d.m.th., kur ka shpejtësi të caktuar. Energjia e lidhur me lëvizjen e trupit, quhet *energji kinetike*. Energjia kinetike ndryshon me kryerjen e punës. Këtë do ta vërejmë te shembulli i lëvizjes së trupit me masë m nën veprimin e ndonjë force të jashtme konstante \vec{F} kahja e së cilës puthitet me kahen e lëvizjes së trupit.

Për shkak të veprimit të forcës konstante trupi lëviz me nxitim konstant. Në pozitën fillestare

trupit 1 ka shpejtësi \vec{v}_1 , kurse pas ndonjë momenti të kohë t trupi do të gjendet në pozitën 2 dhe do të ketë shpejtësinë \vec{v}_2 të përcaktuar me relacionin e njohur:

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{a} \cdot t \quad (1)$$

Me kundrimin e barazimit (1) do të fitohet:

$$\begin{aligned} v_2^2 &= v_1^2 + 2\vec{v}_1 \cdot \vec{a} \cdot t + a^2 t^2 \\ v_2^2 - v_1^2 &= 2\vec{a} \left(\vec{v}_1 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \right) \\ \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\vec{a}} &= \vec{v}_1 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Ana e djathtë e barazimit (2) e definon rrugën e kaluar për kohën t :

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_1 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \quad (3)$$

Gjatë lëvizjes njëdimensionale, kahet e zhvendosjeve, shpejtësia dhe nxitimi janë të njëjta dhe barazimi kalon në:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{a t^2}{2} \quad (4)$$

Me futjen e barazimit (4) te barazimi (3) kemi

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \Delta x \quad (5)$$

Do ta shumëzojmë barazimin e sipërm me masën e trupit m :

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = ma \cdot \Delta x = F \cdot \Delta x \quad (6)$$

Ana e djathtë e barazimit (6) sipas definicionit është puna e forcës e cila vepron mbi trupin që të lëviz prej pozitës 1 në pozitën 2.

$$\text{Madhësia } \frac{mv^2}{2} \text{ paraqet } \textit{energji kinetike}$$

të trupit të përcaktuar me shpejtësinë e tij. Relacioni i sipërm mund të shkruhet në formën:

$$A_{1-2} = E_{k2} - E_{k1} \quad (7)$$

d.m.th., punën që kryhet gjatë zhvendosjes së trupit prej 1 deri te 2 është e barabartë me rritjen e energjisë kinetike të trupit.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \textit{const} \quad (8)$$

Nëse kemi sistem të mbyllur me trup që lëviz, te i cili njk ka forcë të jashtme e cila do të vepron mbi trupin, atëherë nuk ka për të pasur as ndryshim të shpejtësisë së trupit dhe energji kinetike të trupit do të jetë konstante:

$$F \cdot \Delta x = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = E_{k2} - E_{k1} \quad (9)$$

Nëse puna është pozitive vijon se energjia kinetike në pikën e skajshme është më e madhe se energjia kinetike në pikën e fillimit, d.m.th., energji kinetike zmadhohet, ndërsa për punën negative, energjia kinetike zvogëlohet.

Prej shprehjes së fundit shihet se puna dhe energjia kanë dimensione të njëjta, d.m.th., njësia për energjinë kinetike në SI është, gjithashtu, xhul.

5.5. ENERGJIA POTENCIALE

Forcat sipas vetive ndahen **në konservative** dhe **jo konzervative**. Konzervative janë ato forca të cilat varen vetëm prej pozitës së fillimit dhe të mbarimit të trupit në hapësirë, por jo edhe prej rrugës nëpër të cilën trupi lëviz. Forcat konzervative janë forca elastike, forca të gravitacionit, forca e peshës. Te forcat konzervative bëjnë pjesë për shembull forcat e fërkimit.

Nëse në sistemit e trupave veprojnë vetëm forca konzervative, do të fusim madhësi – energjia potenciale, U . Koncepti energji potenciale shfrytëzohet për energjinë të lidhur me largësinë ndërmjet dy trupave të cilat tërhiqen ose refuzohen me forcën me të cilën varet prej largësisë ndërmjet tyre. Forcat të cilat janë të përcaktuara me largësitë nuk kanë energji potenciale të lidhur me ato.

Ta fitojmë punën që e kryejnë forcat konzervative në fushën potenciale gjatë zhvendosjes së trupit prej një pozite në pozitë tjetër në lidhje me pikën referente. Puna e fushës së atillë është definuar me:

$$A_{1-2} = U_1 - U_2 \quad (1)$$

d.m.th., puna e forcave konzervative kryhet në llogari të zvogëlimit të energjisë potenciale.

Ekzistojnë më shumë lloje të energjisë potenciale. Do të numërojmë disa prej tyre: 1. Nëse pozita fillestare e trupit është x_1 , kurse e mbarimit është x_2 , energjia potenciale e forcës elastike për punën e forcës elastike:

$$-A_{el} = U(x_1) - U(x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

$$U(x) = \frac{kx^2}{2} \quad (2)$$

2. Energjia potenciale e trupit që gjendet në fushën e forcës së gravitacionit përcaktohet prej relacionit për punën e forcës së gravitacionit

$$A_{1-2} = -Gm_1m_2 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = U_1 - U_2$$

$$U(r) = -G \frac{m_1m_2}{r} \quad (3)$$

3. Energjia potenciale e forcës së peshës varet prej pozitës vertikale ose prej lartësisë së trupit. Ajo është energji që e ka trupi si rezultat i forcës tërheqëse të gravitacionit prej Tokës dhe është dhënë me shprehjen:

$$U(y) = m \cdot g \cdot y = m \cdot g \cdot h \quad (4)$$

ku y është largësia e cila lexohet prej ndonjë niveli çfarëdo referent, për të cilën themi se ka zero energji potenciale: Prandaj energjia potenciale mund të jetë pozitive ose negative. Nëse niveli referent është sipërfaqja e Tokës, atëherë energjia potenciale e pikës materiale e cila gjendet në fundin e shpellës me thellësi h_1 do të jetë:

$$U_1 = -m g h_1$$

Cila pozitë do të jetë e dhënë si nivel referent e përcaktojmë na. Ajo që është e rëndësishme është ndryshimi i energjisë potenciale gjatë kalimit prej një pozite në tjetrën. Në fig.2. është dhënë topi në lartësi të ndryshme në lidhje me nivelin referent që gjendet në shkallën e dytë. Energjia potenciale maksimale e trupit ka pikën më të lartë e cila gjendet në lartësi h prej pikës referente, kurse minimale në lartësi $-h$.

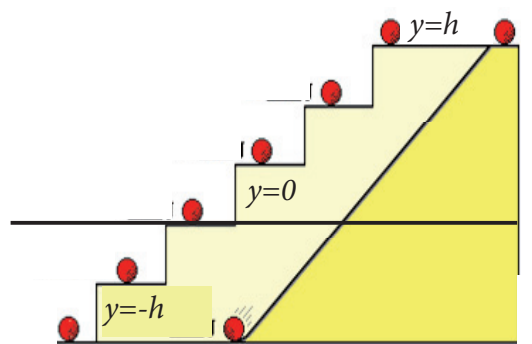


Fig.2. Energjia potenciale rritet me lartësi në lidhje me nivelin referent

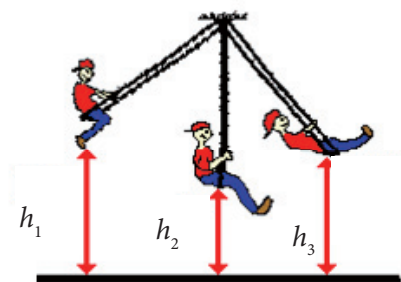


Fig.3.

Te fig.3. fëmija ka energji të ndryshme potenciale në lartësi të ndryshme. Më e madhe është në lartësi h_1 , kurse lartësi më të vogël h_2 .

5.6.LIGJI PËR RUAJTJEN E ENERGJISË MEKANIKE

Kur definohet energjia kinetike dhe potenciale e pikës materiale në pozitën e fillimit (1) dhe të mbarimit (2) prej lëvizjes së tij, tham se puna kryhet në logarit të energjisë potenciale të trupit, d.m.trh., ajo është e barabartë merrtjen negative të energjisë potenciale:

$$A_{1-2} = U_1 - U_2$$

E shprehur nëpërmjet energjisë kinetike puna ishte e përcaktuar me ndryshimin e energjisë kinetike prej pozitës së mbarimit (2) dhe pozitës fillestare (1) të trupit:

$$A_{1-2} = Ek_2 - Ek_1$$

Pasi bëhet fjalë për punën e njëjtë që kryhet për trupin që ta ndryshon pozitën, me barazimin e anëve të djathta të dy barazimeve kemi:

$$Ek_2 - = U_1 - U_{k2} \quad (1)$$

Nëse i grupojmë madhësitë të lidhura për pozitën e caktuar (prej njëres anë pozita fillestare, nga ana tjetër pozita e mbarimit), kemi barazimin:

$$Ek_2 + U_2 = U_1 + Ek_1 \quad (2)$$

Shprehja e fituar tregon se shuma e energjisë potenciale dhe kinetike në pozitën e dhënë të trupit që gjendet në fushën e forcave konservative është madhësi konstante të quajtur *energji mekanike e përgjithshme* e trupit.

Çdo sistem që është i izoluar, d.m.th., nëse te ai nuk veprojnë forcat e jashtme, në çdo moment e ruan energji të mekanike të përgjithshme.

Në rastin kur mbi sistemin veprojnë forca të cilat nuk janë konservative, si për shembull, forca e fërkimit, atëherë energjia mekanike e përgjithshme nuk ruhet.

Të shqyrtojmë trup që gjendet në fushën e forcës peshë, fig. 1. Energjia mekanike e përgjithshme e trupit do të definohet me shumën e energjisë së tij potenciale në lartësinë e dhënë h prej sipërfaqes së Tokës të marrun si nivel referent dhe energjia kinetike e përcaktuar prej shpejtësisë së tij:

$$E = E_k + U = \frac{mv^2}{2} + mgh \quad (3)$$

Me ndihmën e ligjit për ruajtjen e energjisë mekanike mundet të njehsohet shpejtësia v që e ka trupi në pozitën e dhënë. Nëse trupi gjendet në pikën A në ndonjë lartësi h prej nivelit referent në gjendjen e pezullimit, shpejtësia e tij është zero, por me të edhe energjia e tij kinetike. Atëherë energjia e tij e përgjithshme do të jetë e barabartë me energjinë potenciale të trupit në atë pikë:

$$E_A = U_A = mgh \quad (4)$$

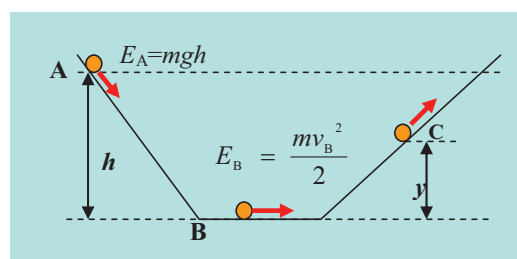


Fig.1.

Në pikën B energjia potenciale e trupit është zero, pasi trupi gjendet në nivelin referent. Atëherë energjia e përgjithshme është e barabartë vetëm me energjinë kinetike të përcaktuar me shpejtësinë që e ka trupi në atë pikë.

5. Puna dhe energjia

$$E_B = E_{kB} = \frac{mv_B^2}{2} \quad (5)$$

Në çfarëdo pikë të shpatit C trupi ka edhe energji potenciale edhe energji kinetike, pra energjia e përgjithshme është definuar si:

$$E_C = \frac{mv_C^2}{2} + mgy \quad (6)$$

Me shfrytëzimin e ligjit për ruajtjen e energjisë kemi:

$$mgh = \frac{mv_C^2}{2} + mgy \quad (7)$$

prej ku për shpejtësinë e trupit në pikën C fitohet:

$$v_C = \sqrt{2g(h-y)} \quad (8)$$

ndërsa për shpejtësinë e trupit në pikën B fitohet

$$v_B = \sqrt{2gh} \quad (9)$$

Shihet se shpejtësia e trupit është e njëjtë sikurse gjatë ramjes së lirë të trupit prej lartësisë h .

$$E_C = \frac{mv_C^2}{2} + mgy \quad (10)$$

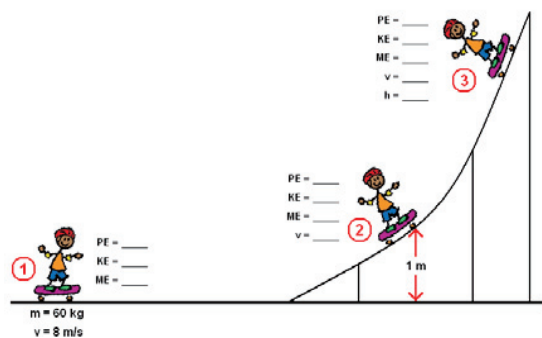


Fig. 2.

Detyra: Të njehsohet energjia kinetike, energjia potenciale dhe energjia mekanike e përgjithshme që e ka skejteri me masë 60 kg dhe shpejtësi prej

8 m/s në pozitën 1 (të nivelit referent zero), në pozitën 2 (në lartësi prej një metër) dhe në pozitën 3 (pika më e lartë deri te e cila mund të hip). Shihe fig. 2.

5.7. IMPULSI I TRUPIT DHE FORCA E IMPULSIT

Ligji i dytë i Njutnit mund të shkruhet në formë tjetër me futjen e madhësisë së re \vec{p} e cila paraqet prodhim prej masës dhe shpejtësisë së trupit:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot \vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad (1)$$

Kjo madhësi $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ quhet impuls E pikës materiale (trupit). Me futjen e saj mund ta definojmë ligjin e dytë të Njutnit në tjetër formë: *Shpejtësia e ndryshimit të impulsit të pikës materiale (trupit) është proporcionale me forcën që vepron mbi trupin dhe puthitet me atë sipas drejtimit dhe kahes.* Njësia për impulsin e trupit në SI është $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$.

Prodhimi i forcës dhe intervalit koho $\vec{F} \cdot \Delta t$ përkufizohet si *forcë e impulsit*. Për impulsin e forcës fitohet se është e barabartë me ndryshimin e impulsit të trupit që e shkakton ajo forcë:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p} \quad (2)$$

Nëse forca vepron mbi trupin është zero, impulsin e trupit është konstant, kurse prej këtu edhe shpejtësia e tij.

Që ta shohim rëndësinë e kohëzgjatjes së veprimit të forcës mbi trupin mund ta shqyrtojmë parimin e punës së jastëkëve ajror te automobilat. Jastëku e ngadalëson kokën e vozitësit, rru-ga prej 20-30 cm dedri te dritarja koka e kalon për shumë kohë më të gjatë se sa pa jastëk, kur fytyra e vozitësit do t'i bjen dritares për shumë

kohë të shkurtër. Edhe në të dy rastet kryhet e njëjta punë mekanike mbi kokën e vozitësit, që të eliminohet tërë energjia kinetike. Ajo që është e ndryshueshme është impulsi i forcës që ndryshon me kohëzgjatjen e forcës që është e njëjtë në të dy rastet.

5.8. LIGJI PËR RUAJTJEN E IMPULSIT

Ligji për ruajtjen e energjisë mekanike përmban madhësi skalare të cilat nuk ndryshojnë në hapësirë. Te shprehja për energjinë kinetike që është madhësi skalare, nuk mundet për shembull, të bëhet dallim kahja e lëvizjes së Tokës a është sipas tangjentës së shtegut eliptik rreth Diellit ose Toka mund ta ndryshon kahen për 90° pra të nisët nga Dielli. Ligji i dytë përvuajtjen të cilin do ta shqyrtojmë është ligji për ruajtjen e impulsit, ku impulsi është madhësi vektoriale tërësisht e përcaktuar prej vendosjes në hapësirë. Shqyrtojmë sistem prej dy topave mbi të cilët veprojnë forcat e brendshme \vec{F}_{12} dhe \vec{F}_{21} (forcat e veprimit reciprok ndërmjet grimcave) dhe gjithashtu veprojnë forcat e jashtme të cilat për çdo grimcë do t'i shënojmë me \vec{F}_1 dhe \vec{F}_2 , në intervalin e kohës Δt , (fig.1).

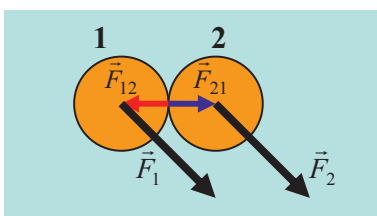


Fig. 11

Ta shkruajmë barazimin e lëvizjes së dy topave, të shprehura nëpërmjet impulsit të forcës, ku \vec{F} është forca e rezultantes:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \quad (1)$$

Sipas ligjit të tretë të Njutnit, forcat me të cilat reciprokisht veprojnë të dy trupat ndërmjet veti janë të barabarta sipas madhësisë, kurse të kundërta sipas kahës, që do të thotë se ato do të eliminohen ndërmjet veti, $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$. Atëherë te shuma do të ngelin vetëm \vec{F}_1 dhe \vec{F}_2 .

$$\frac{\Delta\vec{p}_1}{\Delta t} + \frac{\Delta\vec{p}_2}{\Delta t} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (2)$$

Impulsi i përgjithshëm i sistemit është shuma e impulseve të dy topave të cilët e formojnë sistemin:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \quad (3)$$

Me zëvendësimin e impulsit të përgjithshëm \vec{p} dhe forca e rezultantes $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ te shprehja (2) do të fitojmë:

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad (4)$$

Nëse kemi i sistem të mbyllur te i cili nuk kanë veprim forcat e jashtme, ($\vec{F} = 0$), shprehja e sipërme kalon në:

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \vec{p} = const \quad (5)$$

Nëse nuk ka ndryshime te impulsi i sistemit për intervalin e kohës së dhënë, atëherë ai është madhësi konstante. Prej këtu mund të përfundohet se te sistemi i mbyllur impulsi i përgjithshëm është madhësi konstante.

Ky ligj mund të zbatohet edhe në sistemin e mbyllur prej shumë trupave të cilët veprojnë reciprokisht vetëm ndërmjet veti.

5.9. GODITJE

Në jetën e përditshme flasim kur dy ose më shumë trupa të goditen ndërmjet veti. Për shembull, goditja ndodh ndërmjet topave të biliardit ose kur çekani godit në gozhdë.

Goditjet ndodhin në nivele të ndryshme, prej mikroskopike (goditja e atomeve) deri te niveli astronomik (kolizioni i yjeve dhe galaksia).

Në fizikë themi se goditja ndodh kur një trup vjen në kontakt me tjetër ose kur shtegu i një trupi ndryshon nën ndikimin e trupit tjetër. Si rezultat i goditjes, impulsi dhe energjia kinetike e trupave ndryshojnë. Forcat të cilat marrin pjesë në goditje janë forcat të aksionit dhe reaksionit, d.m.th., forca të brendshme të sistemit, ashtu që impulsi i përgjithshëm dhe energjia e përgjithshme ruhen.

Të shqyrtojmë dy topa të cilat goditen ndërmjet veti. Në rastin kur goditja kalon pa ndryshimin e impulsit dhe energjisë kinetike të sistemit, shqyrtojmë goditje elastike.

Nëse lëshojmë top prej lartësisë së caktuar dhe pas goditjes në tokë kthehet deri te pozita e saj fillestare, atëherë themi se goditja është elastike pasi nuk ka humbje të energjisë kinetike, fig.1.a. Nëse energjia kinetike e sistemit ndryshon shqyrtojmë goditje jo elastike, fig. 1.b. Nëse pas goditjes trupat bashkohen në një, kemi goditje ideale jo elastike ose plastike, fig.1.c. Gjatë goditje jo elastike ruhet vetëm impulsi i përgjithshëm.

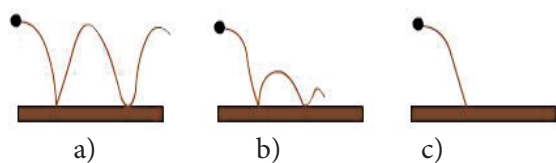


Fig. 1

Proceset e goditje janë shumë të ndërlikuara. Gjendja para goditjes quhet *gjendja fillestare*, ndërsa gjendja pas goditjes është *gjendje përfundimtare*. Ligji për ruajtjen e impulsit i lidh gjendjet fillestare dhe kinetike të impulsit të sistemit i mbyllur.

Të shqyrtojmë rast më të thjeshtë të goditjes njëdimensionale elastike dhe plastike

5.9.1. Goditje plastike absolute. Ta shqyrtojmë goditjen qendrore të dytopave. Ajo është ajo goditje e dy trupave kur vija e goditjes kalon nëpër qendra e masave elastik me masa m_1 dhe m_2

lëvizin me shpejtësi v_1 dhe v_2 përkatësisht. Të mundshme janë dy raste, të lëvizin në kahe të njëjtë dhe në kahe të kundërt. Pas goditjes shpejtësitë e trupave janë u_1 dhe u_2 . Në procesin e goditjes, sistemi prej dy topave mund të llogaritet për të mbyllur dhe konzervativ

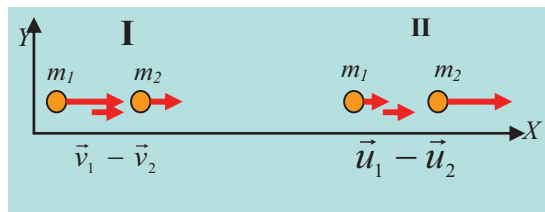


Fig. 2

Me zbatimin e ligjeve për ruajtjen e energjisë dhe impulsit kemi:

$$E_I = E_{II} , \Rightarrow$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2} \quad (1)$$

$$\vec{P}_I = \vec{P}_{II} , \quad (2)$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

Pasi lëvizjen që e shqyrtojmë është njëdimensionale, me projektionin e vektorëve sipas gjatësisë të boshtit X do të kemi:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \quad (3)$$

ku $v_1, v_2, u_1,$ dhe u_2 janë projektionet e vektorëve të shpejtësisë para dhe pas goditjes mbi boshtin X.

Më tutje prej barazimeve të fundit kemi:

$$\begin{aligned} m_1 (u_1^2 - v_1^2) &= -m_2 (u_2^2 - v_2^2) \\ (m_1 (u_1 - v_1) &= -m_2 (u_2 - v_2) \end{aligned} \quad (4)$$

Nëse këto dy barazime pjesëtohen kemi:

$$\frac{u_1^2 - v_1^2}{u_1 - v_1} = \frac{u_2^2 - v_2^2}{u_2 - v_2} \Rightarrow \quad (5)$$

$$u_1 + v_1 = u_2 + v_2$$

5. Puna dhe energjia

Prej (4) dhe (5) me barazimin kemi:

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2},$$

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2} \quad (6)$$

Do të shqyrtojmë disa raste speciale:

1. Gjatë $m_1 = m_2 = m$ kemi $u_1 = v_2$, dhe $u_2 = v_1$. Gjatë goditjes së dy topave të njëjtë, ato i ndryshojnë shpejtësitë;

2. Nëse njëri trup është shumë më masiv prej tjetrit, $m_2 \ll m_1$ atëherë shpejtësia e trupit me masë më të madhe sipas goditjes është përafërsisht e njëjtë me atë para goditjes: $u_1 \sim 2v_2 - v_1 = u_2 \sim v_2$. Nëse trupi me masë më të madhe pezullon para goditjes, $v_2 = 0$, atëherë do të pezullon dhe pas goditjes, kurse trupi më i vogël do të kthehet me shpejtësi të njëjtë në kahen e kundërt. $u_1 \sim -v_1$ dhe $u_2 \sim 0$. Topi i parë hidhet pas prej topit masiv të palëvizshëm me shpejtësi $\vec{u}_1 = -\vec{v}_1$.

5.9.2. Goditja plastike (goditja joplastike e dy topave). Pas goditje të dy topat pësojnë deformim plastik duke vazhduar të lëvizin si një trup me masë që është shuma prej dy masave dhe me një shpejtësi. Masat e të dy topave janë m_1 dhe m_2 , shpejtësitë e tyre para goditjes janë v_1 dhe v_2 , kurse pas goditjes u. Në pajtim me ligjin për ruajtjen e impulsit kemi:

$$\vec{p}_I = \vec{p}_{II} \Rightarrow$$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$$

$$\vec{u} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

Gjatë projektimit në boshtin X do të kemi:

$$u_x = \frac{m_1v_{1x} + m_2v_{2x}}{(m_1 + m_2)} = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} \quad (7)$$

Gjatë goditjes jo elastike energjia kinetike e sistemit pjesërisht ndryshon, d.m.th., ndodh disipacioni (shpërndarje) e energjisë mekanike në sistem.

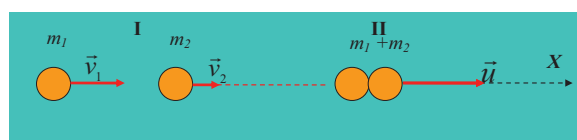


Fig. 3

Gjatë goditje së pjesërishtme jo elastike, shpejtësia relative pas goditjes është e barabartë me ndonjë pjesë të shpejtësisë relative para goditjes

$$u_1 - u_2 = \varepsilon(v_1 - v_2) \quad (8)$$

ku $0 < \varepsilon < 1$ është koeficienti i themelimit të shpejtësisë relative gjatë goditjes.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sa është energjia kinetike e gurit prej 1 kg të lëshuar prej lartësisë prej 1 m gjatë goditjes në tokë?
2. A mundet energjia potenciale e forcës së peshës të jetë negativ?
3. Topi rrokulliset sipas ndonjë rrafshi të pjerrët lartë, kthehet pas dhe lëshohet poshtë. Kur trupi ka energji potenciale më të madhe?
4. Njehso energjinë kinetike të printerit olimpik.
5. Trupi A ka energji kinetike 13,4 J. Trupi B ka masë më të madhe për 3,77 herë, kurse shpejtësia më e vogël për 2,34 herë. Sa është energjia kinetike e trupit B?

Sqaro konceptet dhe definoni ligjet

- puna mekanike
- fuqia
- energji kinetike
- energji potenciale
- energji potenciale e forcës së peshës:
- energji mekanike
- ligji për ruajtjen e energjisë
- impulsi i trupit
- impulsi i forcës.
- ligji për ruajtjen e impulsit
- goditja elastike
- goditja plastike

6.1. KINEMATIKA E TRUPIT TË NGURTË NË RROTULLIM

Ekzistojnë dy lloje të lëvizjes mekanike të trupit të ngurtë: *lëvizja translatore e trupit dhe rrotullimi të trupit të ngurtë*. Lloji i veçantë i rrotullimit të trupit të ngurtë është rrotullimi rreth boshtit të palëvizshëm. Në këtë do të ndalemi vetëm te lloji i atillë i lëvizjes rrotulluese.

Lëvizja translatore e trupit është ajo lëvizje ku të gjitha pikat e tij materiale lëvizin sipas një mënyre të njëjtë. Prandaj gjatë këtij lloji të lëvizjes trupi mund të zëvendësohet me një pikë materiale. (Ky lloji i lëvizjes e kanë mësuar detalisht në mësimin e fizikës në vitet paraprake).

Gjatë të mësuarit e rrotullimit të trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm ky lloji i lëvizjes nuk mund të analizohet duke e trajtuar trupin si pikë materiale, pasi pjesët e ndryshme të trupit kalojnë rrugë të ndryshme, kanë shpejtësi drejtvizore të ndryshme dhe nxitim drejtvizor. Trupi përbëhet prej n umrit të madh të grimcave çdonjëra me shpejtësinë e saj drejtvizore dhe nxitim drejtvizor. Analiza e lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë mundet shumë të thjeshtësohet nëse supozohet se trupi që rrotullohet është absolutisht i ngurtë.

Trupi i ngurtë absolut definohet si trup me formë të caktuar e cila nuk ndryshon, përkatësisht trup të cili largësitë ndërmjet çfarëdo grimce prej të cilave përbëhet nuk ndryshon. Realisht në natyrë trupat e ngurtë absolut nuk ekzistojnë, pasi çdo trup nën ndikimin e forcave të jashtme, pëson deformim, por nëse në kushte të caktuara ato deformime janë eliminuese të vogla, atëherë ai trup mund të shqyrtohet si trup i ngurtë absolut.

Këtu do ta shqyrtojmë rrotullimin e trupit të ngurtë absolut rreth boshtit të palëvizshëm e cila quhet edhe lëvizja rrotulluese ideale. *Lëvizja rrotulluese ideale* është e atillë ku të gjitha pikat prej trupit përshkruajnë vijat rrethore të cilat shtrihen në rrafshet paralele, kurse qendrat e atyre vijave rrethore shtrihen në një drejtëz të njëjtë e cila quhet boshti i rrotullimit.

Le të veçojmë një rrafsh prej atyre rrafshesh paralele (fig.1) që rrotullohet rreth boshtit të palëviz

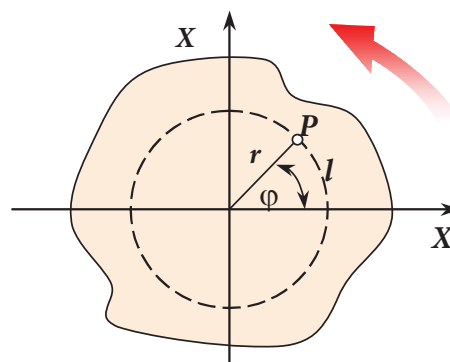


Fig 1

shëm që kalon nëpër pikën O dhe është normale në rrafshin, përkatësisht puthitet me boshtin Z.

Një grimcë e trupit që shtrihet në këtë rrafsh gjendet te pika P në largësi r prej pikës O e cila është qendra e vijës rrethore me rreze r. Vendpozitën e pikës P do ta caktojmë me largësinë r dhe këndit φ. Në këtë rast ndryshon vetëm këndi φ, kurse largësia r ngel konstante. Grimca duke lëvizur sipas vijës rrethore prej pozitës OX (φ=0), nëse supozojmë se ka qenë atje në momentin fillestar t=0, deri te pika P, përshkruan hark l që është i lidhur me r dhe φ me relacionin.

$$l = r \varphi \quad (1)$$

ose

$$\varphi = \frac{l}{r} \quad (2)$$

Këndi π shprehet në radian (rad). Një radian është kënd te i cili harku përkatës me gjatësi të barabartë me rrezen (l=r). Pasi perimetri i rrethit i korrespondon këndi plotë prej 360°, kurse

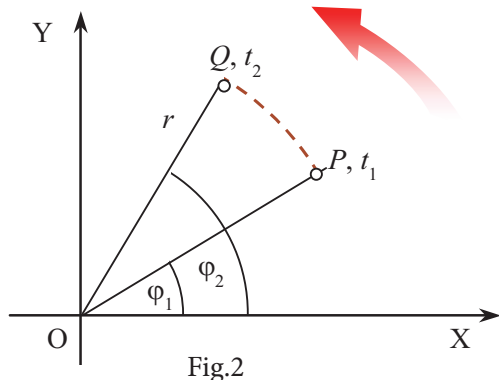
në pajtim me (2) $360^\circ = \frac{2\pi r}{r}$, Përkatësisht këndit prej 360° i përgjigjen 2π rad.

Vijon se një radian është $1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$.

Nëse grimca e trupit të ngurtë (2). Vjen prej pikës P në pikën Q për intervalin e kohës Δt, rrezja do

të përshkruan kënd $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ të barabartë Me zhvendosejn këndore. Përkufizojmë shpejtësi mesatare këndo ω_{mes} si raport të kësaj zhvendosje këndore $\Delta\varphi$ me intervalin kohor Δt për të cilën ka ndodhur:

$$\omega_{sr} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (3)$$



Shpejtësia momentale këndore ω definohehet si vlera kufitare e raportit (3) kur $\Delta t \rightarrow 0$, më saktë kur ai interval kohor është shumë, shumë i vogël.

Shpejtësia këndore matet në radian në sekondë (rad/s). Shpejtësia këndore është pozitive nës këndi j rritet (lëvizja në kahen e kundërt të shigjetës së orës) dhe është negative nëse këndi j zvogëlohet (lëvizja në kahen e shigjetës të orës). Shpejtësia këndore e të gjitha pikave të trupit që rrotullohen është e njëjtë pasi të gjitha pikat e trupit për intervale kohore të barabarta përshkruajnë kënde të barabartë.

Nëse shpejtësia momentale këndore e trupit ndryshon prej ω_1 dhe ω_2 për interval kohor Δt trupi fiton nxitim këndor. Nxitimi mesatar këndor i trupit ε_{mes} definohehet se raport të ndryshimit të shpejtësisë këndore $\Delta\omega$ dhe intervali kohor Δt

$$\varepsilon_{sr} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (4)$$

Nxitimi momental këndor ε definohehet si vlerë kufitare e raportit (4) kur $\Delta t \rightarrow 0$, d.m.th., kur ai interval kohor është shumë, shumë i vogël.

Në mënyrë analoge nxitimi matet me radian në

sekondë në katror (rad/s²). Pasi shpejtësia këndore për të gjitha pikat prej trupit që rrotullohet është e njëjtë, prej (4) vijon edhe nxitimi këndor për të gjitha pikat prej trupit të njëjtë.

Domethënë shpejtësia këndore ω dhe nxitimi këndor ε do ta karakterizojnë lëvizja e rrotullimit të trupit të ngurtë absolut, ashtu që me ato mundet në mënyrë shumë të thjeshtë ta analizon këtë lloj me ato mundet shumë në mënyrë të thjeshtë ta analizon këtë lloj të lëvizjes.

Nëse nxitimi këndor është konstante atëherë lëvizja rrotulluese e trupit të ngurtë quhet lëvizja e njëtrajtshme e ndryshueshme rrotulluese. Nëse te (4) futen kushte fillestare, përkatësisht në momentin e kohës $t_1 = t_0 = 0$ le të jetë shpejtësia këndore me vlerë të vogël $\omega_1 = \omega_0$, kurse për kohën $t_2 = t$, $\omega_2 = \omega$, atëherë nxitimi këndor do të shkruhet si

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (5)$$

prej ku për shpejtësinë këndore të kohës t kemi

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \quad (6)$$

Këndin e rrotullimit të trupit të ngurtë do ta caktojmë si

$$\omega_{sr} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$$

ose

$$\omega_{mes} = \frac{\omega_0 + \omega_0 + \varepsilon t}{2} = \omega_0 + \frac{\varepsilon t}{2} \quad (7)$$

$$\varphi = \omega_{sr} t = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad (8)$$

Gjithmonë kur duhet pasur parasysh se kur trupi i ngurtë absolut rrotullohet rreth bosh-tit të palëvizshëm atëherë çdo grimcë e trupit lëviz sipas vijës rrethore qendra e të cilës shtrihet në boshtin e rrotullimit dhe ka shpejtësi drejtvizore \vec{v} dhe nxitim drejtvizor a . Këto madhësi vijore mund të lidhen me madhësitë këndore në këtë mënyrë:

Pasi pika P lëviz sipas vijës rrethore me rreze r (fig. 3), vektori i shpejtësisë vijore v është orientuar për së gjati tangjentës së trajektore së vijës rrethore. Intenziteti i vektorit të shpejtë

sisë vijore në pikën P sipas përkufizimitështë i barabartë me raportin ndërmjet rrugës (harkut l) dhe intervali kohor.

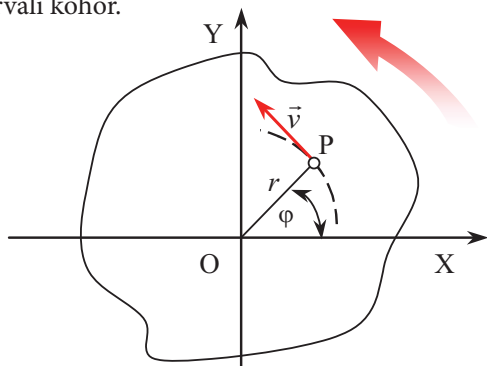


Fig.3

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad (9)$$

ose

$$v = r \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

ose

$$v = r\omega \quad (9)$$

Barazimi (9) tregon se edhe pse shpejtësia këndore për të gjitha pikat prej trupit janë të njëjta, shpejtësia vijore është e ndryshme dhe zmadhohet nëse largësia prej boshtit të rrotullimit zmadhohet.

Nxitimi këndor i trupit të ngurtë që rrotullohet është i lidhur me nxitimin këndor, përkatësisht me komponentën tangjencial të nxitimit vijor, përkatësisht me komponentën e nxitimit vijor. Prej përkufizimit të nxitimit tangjencial ose nxitimit vijor

$$a_\tau = \frac{\Delta v}{\Delta t} = r \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

ose

$$a_\tau = r\varepsilon. \quad (10)$$

Pasi çdo pikë prej trupit të ngurtë që rrotullohet sipas vijës rrethore, ajo do të ketë edhe nxitim normal

$$a_n = \frac{v^2}{r} = r\omega^2. \quad (11)$$

Kështu gjithsej nxitimi vijor ka intenzitet

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{r^2\varepsilon^2 + r^2\omega^4}. \quad (12)$$

SHEMBULLI 1. Rrota rrotullohet me nxitim këndor konstant $3,50 \text{ rad/s}^2$. Nëse shpejtësia këndore e rrotës në momentin $t_0=0$ ka qenë $2,00 \text{ rad/s}$; a) për çfarë këndi do të rrotullohet rrota për kohën prej 2 s ? b) sa është shpejtësia këndore e rrotës në momentin e kohës $t=2 \text{ s}$?

Zgjidhje: a) këndin e rrotullimit do ta caktojmë në pajtim me relacionin

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

Nëse futen vlerat numerike fitohet $\varphi=11,0 \text{ rad}$.

b) shpejtësin këndore do ta caktojmë me

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

ashtu që futja e vlerave numerike japin $\omega=9,00 \text{ rad/s}$.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Kur trupi absolut i ngurt në formë të diskut rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm, të gjitha pikat a kanë shpejtësi këndore të njëjtë?

2. Cilat madhësi fizike shfrytëzohen për përshkrimin e rrotullimit të trupit të ngurt rreth boshtit të palëvizshëm?

3. A ekziston lidhje ndërmjet madhësive këndore dhe madhësive vijore të lëvizjes së pikave materiale të trupit të ngurtë?

4. Të caktohet shpejtësia vijore e pikave periferike të rrotës që rrotullohet me frekuencë $n=33 \text{ min}^{-1}$ nëse diametri i rrotës është $d=30 \text{ cm}$.

(Përgjigje: $v = 0,52 \text{ m/s}$)

5. Rotori i centrifugës prej gjendjes së pezullimit fillon të rrotullohet me ndonjë nxitim ashtu që për kohën prej $5,0 \text{ min}$ arrin frekuencën prej 20.000 min^{-1} . Të caktohet nxitimi mesatar këndor i rrotullimit.

(Përgjigje: $\varepsilon = 7,0 \text{ rad/s}^2$)

Më shumë informata kërkoni në Internet adresa:

<http://pen.physik.uni-kl.de/cgi-bin/ps/search.pl>

6.2. DINAMIKA E LËVIZJES RROTULLUESE. MOMENTI I FORCËS NË LIDHJE ME BOSHTIN E RROTULLIMIT

Parashtrahet pyetja cili është shkaku një trup i ngurtë të fillon të rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm, përkatësisht trupi të fiton nxitim këndor, që ekziston analogji në kinematikë ndërmjet barazimeve të lëvizjes për lëvizjen translatore dhe rrotulluese të trupit të ngurtë, gjithashtu mundet të vendoset edhe analogji ndërmjet dinamikës të lëvizjes translatore dhe dinamikës së lëvizjes rrotulluese.

Për shembull, ligji i parë i Njutnit për lëvizjen rrotulluese mund të shprehet në këtë mënyrë: trupi i ngurtë me shpejtësi konstante këndore deri atëherë kur në të nuk vepron ndonjë forcë e jashtme që do ta ndryshon lëvizjen. Por të jepet ligj ekuivalent me ligjin e dytë të Njutnit për lëvizjen rrotulluese të trupit të ngurtë, përkatësisht të jepet përgjigje në pyetjen, kush i lajmëron trupit të ngurtë nxitim këndor, është pak më e ndërlikuar. Pikërisht, që të fillon një trup të rrotullohet rreth ndonjë boshti duhet të vepron forcë. Por, çfarë drejtimi duhet të ketë ajo forcë dhe ku duhet të jetë e vendosur?

Le të shqyrtojmë lëvizjen rrotulluese të çelësit francez rreth boshtit që kalon nëpër pikën O (fig. 1).

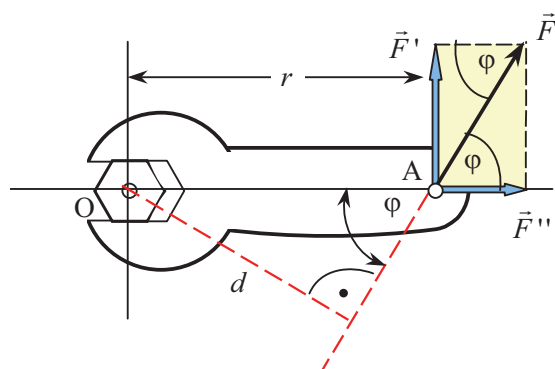


Fig. 1.

Çelësi francez rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm pasi në të në pikën A veprimi me forcën \vec{F} , që formon kënd φ me boshtin e çelësit. Por, nuk është shkak i vetëm për rrotullimin e trupit vetëm forcë, por madhësia fizike e quajtur

momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit M . Momenti i forcës në lidhje me rrotullimin është përkufizuar me shprehjen

$$M = rF\sin\varphi = Fd \quad (1)$$

ku r është largësia prej boshtit të rrotullimit deri te pika te e cila gjendet forca \vec{F} , kurse d është largësia normale prej boshtit të rrotullimit deri te drejtimi i veprimit të forcës \vec{F} . Prej trekëndëshit kënddrejtë në fig. 4 shihet se $d = r \sin \varphi$. d quhet krahu i forcës. Domethënë: *momenti i forcës në lidhje me rrotullimin është prodhim prej forcës dhe krahut të forcës.*

Prej fig. 4 shihet se forca \vec{F} mundet të zërthehet në dy komponenta: \vec{F}' – normale në r dhe \vec{F}'' – drejtimi horizontal në r . Prej relacionit (1) shihet se rrotullim do të shkakton vetëm komponenta \vec{F}' intensiteti i të cilës është $F \sin \varphi$. Komponenta \vec{F}'' nuk do të shkakton rrotullim pasi kalon nëpër pikën O.

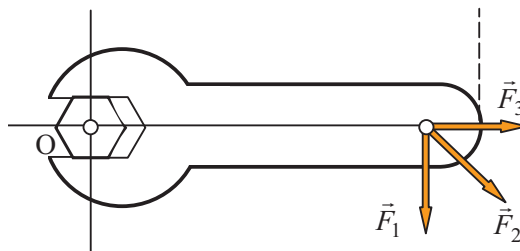


Fig. 2

Kështu, për shembull, nëse veprimi me tre forca të barabarta sipas intensitetit, por të cilat formojnë kënde të ndryshme me horizontalen (fig.2), moment më të madh të forcës do të shkakton forca \vec{F}_1 e cila formon kënd të drejt me horizontalen, më të vogël forca \vec{F}_2 e cila formon ndonjë kënd, kurse momenti i forcës është i barabartë me zero dhe do të shkakton forca \vec{F}_3 pasi formon kënd prej 0° me horizontale, kurse $\sin 0^\circ = 0$. Gjithashtu, mund të tregohet se nuk shkakton rrotullim trupi i ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm forca drejti

mi i së cilës të veprimit të boshtit të palëvizshëm të rrotullimit.

Forcat të cilat shkaktojnë rrotullimin e trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm shtrihen në rrafshet normale të boshtit të rrotullimit dhe janë vendosur tangjencialisht në vijën rrethore që fitohet me rrotullimin e pikës sulmuese të forcës.

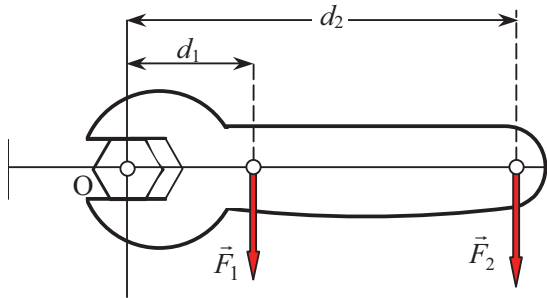


Fig. 3.

Në pajtim me relacionin (1) momenti i forcës në lidhje me rrotullimin varet edhe prej krahut të forcës d . Kështu nëse çelësi francez Vepron me forcë \vec{F}_1 në largësi d_1 prej boshtit të rrotullimit (fig. 3), por me forcë \vec{F}_2 që ka intensitet të njëjtë me \vec{F}_1 , $F_1=F_2$, në largësi $d_2=3d_1$, atëherë forca \vec{F}_2 do të shkakton moment më të madh në lidhje me boshtin e rrotullimit O se sa forcës \vec{F}_1 . AM te trupi veprojnë dy ose më shumë forca (fig. 4) atëherë çdonjëra prej tyre do të shkakton rrotullimi rreth boshtit që kalon nëpër pikën O.

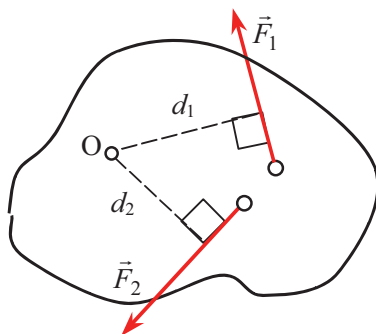


Fig. 4.

Te ky shembull në fig. 4. \vec{F}_1 do ta rrotullon trupin në kahen e kundërt të kahës së lëvizjes së akrepave të orës, kurse \vec{F}_2 do ta rrotullon në kahe të

lëvizjes së akrepave të orës. Shenja e momentit të forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit me marrëveshje merret për pozitive nëse forca shkakton rrotullim në kahe të kundërt të shigjetës së orës, por merret për negative nëse forca shkakton rrotullim në kahe të akrepit të orës.. Kështu prej fig. 4 shihet se \vec{F}_1 shkakton $+F_1d_1$ momenti i forcës, ndërsa \vec{F}_2 , $-F_2d_2$, kështu që momenti i përgjithshëm i forcës në lidhje me boshtin që kalon nëpër O është

$$M = M_1 + M_2 = F_1d_1 - F_2d_2 \quad (2)$$

Njësia për momentin e forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit në SI është SI është N·m (njuton për metër). Duhet të vërehet se kjo njësi (N·m) është dimensionale analoge në njësitë për energji $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$, por këto dy njësi janë thjesht të ndryshme pasi karakterizohen dy madhësi të ndryshme fizike.

SHEMBULLI 1. Te cilindri me dy vija në largësi R_1 dhe R_2 prej boshtit të rrotullimit janë të mbështjellur

penjë ku janë vendosur forcat: \vec{F}_1 e rrotullon cilindrin në kahen e akrepit të orës dhe \vec{F}_2 që e rrotullon cilindrin në kahe të kundërt të akrepit të orës (fig. 5). AM është $F_1 = 5,0 \text{ N}$; $R_1 = 1,0 \text{ m}$; $F_2 = 6,0 \text{ N}$ dhe $R_2 = 0,50 \text{ m}$ të caktohet momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit.

Zgjidhje: Momenti i përgjithshëm i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit është

$$M = M_1 + M_2 = R_2F_2 - R_1F_1$$

$$M = -2,0 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Shenja minus tregon se cilindri do të rrotullohet në kahen e lëvizjes së akrepave të orës.

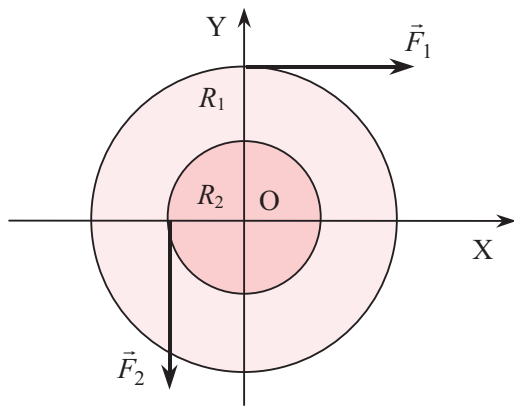


Fig. 5

LEVAT. VINÇET

Momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit gjen zbatim te levat. Lev quhet çdo trup i ngurtë që mund të rrotullohet rreth ndonjë boshti ose pike e cila quhet pikë mbështetëse e levit. Levët janë makina të thjeshta me të cilat mund të bartet veprimi i forcës ashtu që të ndryshon kahen e forcës ose të ndryshon madhësinë e forcës.

Sipa pozitës reciproke të pikave sulmuese të forcës së vendosur \vec{F} dhe ngarkesës \vec{Q} në lidhje me pikën mbështetëse të levit O, levat ndahen në: ngarkesa O_2 se sa deri te pika sulmuese e forcës O_1 (fig. 7). Si shembull për levët të lloji të dytë janë: qerre e dorës, dëra për arra etj.

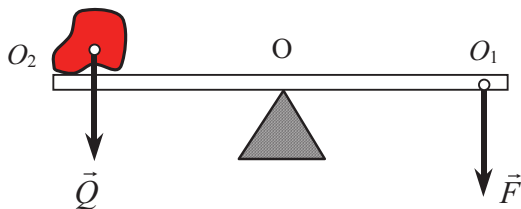


Fig. 6

1. Levat e rendit të parë te të cilat pika mbështetëse O gjendet ndërmjet pikave të forcës O_1 dhe ngarkesës O_2 (fig. 6). Si shembuj për levat e rendit të parë janë: levi barakrahës dykrahësh te terazitë, gërsërët, motorcanglat etj.

2. Levat e rendit të dytë te pika mbështetëse O është më afër pranë pikës mbështetëse të ngar-

kesës O_2 se sa pranë pikës sulmuese forcë O_1 (fig. 7). Si shembuj për levët e rendit të dytë janë: kolicca e dorës, dëra për arra etj.

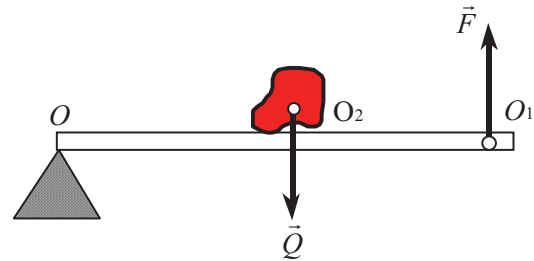


Fig. 7

3. Levat e rendit të tretë te të cilët pika mbështetëse O është afër pranë pikës sulmuese të ngarkesës O_2 (fig. 8). Si shembull për levat e rendit të tretë janë: parakrahu i njeriut, nofulla e poshtme e njeriut, pedale e makinës për të qepur etj.

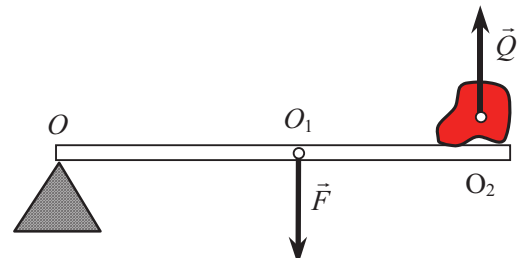


Fig. 8

Levi është në baraspeshë nëse vlejnë dy kushte:

a) rezultanta e të gjitha forcave të jashtme nën veprimin e levit të jenë të barabarta me zero,

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0, \quad (3)$$

b) rezultanta e momentit të forcave në lidhje me boshtin e rrotullimit të jetë i barabartë me zero.

$$\sum_{i=1}^n M_{iz} = 0. \quad (4)$$

SHEMBULLI 2

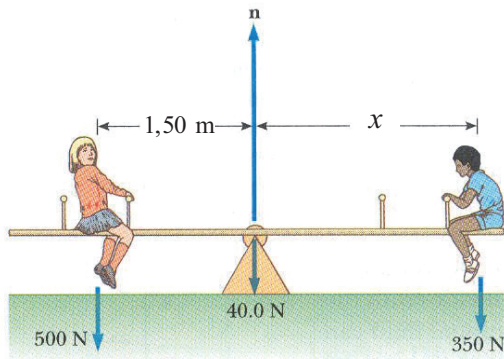


Fig. 9

Në skajet e kundërta të dërrasës (fig.9) ulen fëmijë. Fëmija në anën e majtë peshon 500 N, kurse fëmija në anën e djathtë peshon 350 N. AM fëmija në anën e majtë, që peshin 500 N, gjendet në largësi 1,50 m prej pikës O, të caktohet largësia x, e fëmijës me peshë 350 N, prej pikës O.

Zgjidhje: Që të jetë levi dykrahësh në baraspeshë, shuma algjebrike e momenteve të forcave duhet të jenë të barabarta me zero. Në pajtim me barazimin (4) vijon

$$F_1 d_1 - F_2 x = 0$$

$$x = \frac{F_1}{F_2} d_1$$

ose $x = 2,14 \text{ m}$.

Lloj tjetër i makinave të thjeshta janë vinçet të cilat janë, në realitet, levat të ndryshëm. Tre mund të jenë të palëvizshëm, të lëvizshëm dhe të përbërë.

Vinçi i palëvizshme është disk me rreze R, te e cila është bërë vijë në periferi, (fig.9) i cili rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm O. Nëpërmjet vijës është hedhur pe në njërin skaj është vënduar ngarkesë \bar{Q} dhe pika sulmuese e të cilit gjendet te O_2 , kurse në skajin tjetër është vendosur forca F me pikën sulmuese në pikën O_1 . Nëse shkruhet kushti për baraspeshë (4)

fitohet

$$QR - FR = 0$$

ose

$$F = Q \quad (5)$$

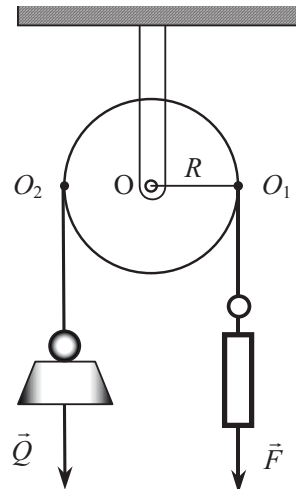


Fig. 10

Makara e lëvizshme është disk me rreze R dhe me vijë te e cila është dredhur pe, kurse boshti i makare mund të zhvendoset në hapësirën (fig. 11). Kushti për baraspeshë (4) për vinçin e lëvizshme është

$$F 2R - QR = 0$$

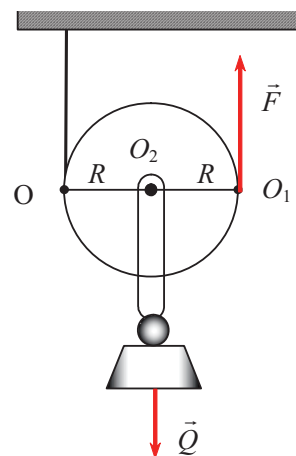


Fig. 11

$$\text{ose } F = \frac{Q}{2} \quad (6)$$

që do të thotë se me vinçin e lëvizshme fitohet në forcë, por, për dallim prej makares së palëvizshme, litari duhet të tërhiqet dy herë më larg se sa të ngritet ngarkesa. Në këtë mënyrë plotësohet rregulla e artë e mekanikës: *nëse fitohet në forcë humbet në rrugë.*

Vinçet e përbëra paraqesin kombinim të makareve të lëvizshme dhe të palëvizshme me qëllim të ngritet ngarkesë me forcë më të vogël.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cilat forca mund të shkaktojnë rrotullim të trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm?

2. A mundet të rrotullohet një trup rreth boshtit të palëvizshëm për këndin e njëjtë, por megjithatë të vendosen në veçanti forca paralele me intensitet të ndryshëm?

3. Në skajet e një trari me gjatësi $l=10$ m, që rrotullohet rreth boshtit që kalon nëpër mesin e tij veprojnë dy forca me intensitet të njëjtë $F_1=F_2=100$ N, por me kahe të kundërt. Të caktohet momenti i përgjithshëm i forcës.

(Përgjigje: $M=1000$ N·m)

4. Në njërin skaj të vizorit, masa e të cilit mund të eliminohet, me gjatësi $l=1,25$ m varet top me masë $m=0,17$ kg. Të caktohet intensiteti i momentit të forcës në lidhje me pikën varëse, që është në skajin tjetër të vizorit, nës ai është mënjanuar për këndin $\varphi=100$ prej vertikales. ($g=9,8$ m/s²)

(Përgjigje: $M=lmg \sin\varphi = 0,36$ N·m)

Më shumë informata për dinamikën e lëvizjes rrotulluese kërkoni në Internet adresën:

<http://pen.physik.uni-kl.de/cgi-bin/ps/search.pl>

6.3. LIGJI THEMELOR I DINAMIKËS SË LËVIZJEVE RROTULLUESE. MOMENTI I INERCIONIT

Rrotullimi rreth boshtit të palëvizshëm mund të shkaktojë vetëm forcat të cilat shtrihen në rrafsh të cilat janë normale në boshtin e rrotullimit dhe janë vendosur në mënyrë tangjencial në vijat rrethore që e përshkruajnë pikat te të cilat veprojnë. Që të fitohet ligji themelor i dinamikës së rrotullimit të trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm, mjafton të shqyrtohet lëvizja e një grimce të trupit të ngurtë me masë m_1 që shtrihet te rrafshi normal në boshtin e rrotullimit dhe lëviz sipas vijës rrethore me rreze r_1 nën ndikimin e komponentes tangjencial të forcës \vec{F}_τ (fig. 1). Forca tangjencial i jep grimcës nxitim tangjencial \vec{a}_τ ashtu që

$$F_\tau = m_\tau a_\tau \quad (1)$$

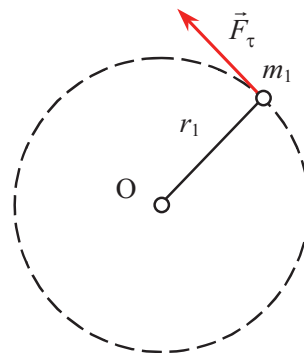


Fig. 1

Nëse të dy anët e (1) shumëzohen me r_1 fitohet

$$F_\tau r_1 = m_1 a_\tau r_1 \quad (2)$$

Ana e majtë e (2) është momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit që kalon nëpër pikën O, ndërsa në anën e djathtë të (2) do të fusim nxitimin tangjencial $a_\tau = r_1 \varepsilon$ dhe do të kemi:

6. Lëvizja rrotulluese e trupave të ngurtë

$$M_1 = m_1 r_1 \varepsilon r_1 = m_1 r_1^2 \varepsilon. \quad (3)$$

Prodhimi i masës dhe grimcës sipas largësisë së katrorit ($m_1 r_1^2$) quhet momenti i nercionit I1 të grimcës në lidhje me boshtin e rrotullimit që paraqitet si masë për inercshmëria të grimcës që merr pjesë në lëvizjen rrotulluese. Kështu momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit

$$M_1 = I_1 \varepsilon \quad (4)$$

është proporcionale me nxitimin këndor, kurse si konstante e proporcionalitetit është momenti i inercionit. Sikurse shihet (4) është analoge në ligjin e dytë të Njutnit $F=ma$. Barazime të ngjashme mund të shkruhen edhe për grimcat tjera prej trupit të ngurtë të cilët gjenden në largësi të ndryshme prej boshtit të rrotullimit. Kështu momenti i përgjithshëm i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit të trupit të ngurtë është

$$M = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \varepsilon \quad (5)$$

ku ε është jashta prej shumës pasi është gjithashtu për të gjitha grimcat

ndërsa
$$\sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2,$$

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \quad (6)$$

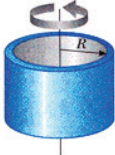
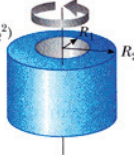
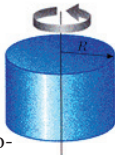
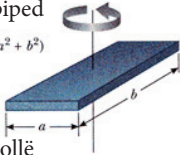

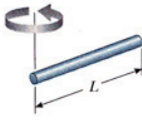
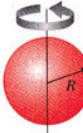

Njësia për momentin e inercionit në SI është kg m^2 (kilogramë për metër katror). Momenti i inercionit të lëvizja rrotulluese luan rol të njëjtë të lëvizja translatore që shihet prej (6) momenti i inercionit nuk varet vetëm prej masës së trupit të ngurtë, por edhe prej boshtit të rrotullimit. Kështu, për shembull, cilindri me diametër më të madh do të ketë moment të inercionit më të madh prej cilindrit me të njëjtën masë, por me diametër më të vogël.

Nëse relacioni (6) zëvendësohet te relacioni (5), për momentin e forcës së përgjithshme në lidhje me boshtin e rrotullimit të trupit

të ngurtë fitohet relacioni.

$$M = I\varepsilon \quad (7)$$

Tabela 2.1

Cilindri i zbrazët $I_{CM} = MR^2$		Cilindri i trash i zbrazët $I_{CM} = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$	
Cilindri i plotë ose disk $I_{CM} = \frac{1}{2} MR^2$		Paraleloiped $I_{CM} = \frac{1}{12} M(a^2 + b^2)$	
Thupër e hollë me bosht të rrotullimit nëpër qendrën T të paralelopedit $I_{CM} = \frac{1}{12} ML^2$		Thupër e hollë me bosht të rrotullimit të njërit skaj $I = \frac{1}{3} ML^2$	
Top homogjen $I_{CM} = \frac{2}{5} MR^2$		Top i zbrazët $I_{CM} = \frac{2}{3} MR^2$	

që paraqet ligjin themelor të lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm.

Momenti i inercionit të trupave të ngurtë homogjen me formë të rregullt gjeometrik mundet saktë matematikisht të njehsohet në lidhje me boshtin e rrotullimit që nuk është boshti i simetrisë, me ndihmën e matematikës së lartë deri sa momenti i inercionit të trupave të ngurtë jo homogjen dhe të trupave të ngurtë me formë jo të rregullt gjeometrik caktohet eksperimentalisht në lidhje me boshtin e caktuar nëpërmjet matjes të momentit të përgjithshëm të forcës dhe analogjikisht nxitimi i trupit. Te tabela 2.1 janë dhënë momente e inercionit për disa trupa homogjen me formë të rregullt gjeometrik te të cilët boshti i rrotullimit puthitet me boshtin e simetrisë së trupit.

Njehsimi i momentit të inercionit rreth çfarëdo boshti ndonjëherë mund të jetë vështir

sa edhe për trup të ngurtë me simetri të mrekulueshme. Në rastin e atillë njehsimet mund të thjeshtohen nëse zbatohet teorema e boshteve paralele të quajtur edhe teorema e Shtajnerit. Kjo teoremë thotë: Momenti i inercionit I në lidhje me çfarëdo bosht është i barabartë me shumën e momenteve të inercionit I_{CM} në lidhje me boshtin që kalon nëpër qendrën e masës së trupit dhe është paralele me boshtin e dhënë, dhe prodhimi i masës së trupit M me katrori e largësisë h ndërmjet boshteve

$$I = I_{CM} + Mh^2. \quad (8)$$

Domethënë, nëse dihet momenti i inercionit në lidhje me boshtin që kalon nëpër qendrën e masës nuk është vështirë të caktohet momenti i inercionit rreth cilësdo bosht tjetër paralele me të.

Vërtetimi i teoremës së Shtajnerit

Teorema e boshteve paralele e vërtetohet në këtë mënyrë:

Le të zgjedhim sistem koordinativ me fillimin e koordinatave në qendrën e masës dhe le të jetë I_{CM} momenti i inercionit në lidhje me boshtin Z prej sistemit koordinativ të zgjedhur, që kalon nëpër qendrën e masës (fig. 2).

Rafshi XY e jep prerjen tërthore të trupit të ngurtë. Që të gjendet momenti i inercionit të trupit të ngurtë në lidhje me boshtin paralele të boshtit Z , që kalon nëpër pikën A me koordinata x_A dhe y_A , le të zgjedhim çfarëdo pikë materiale prej trupit me masë m_i me koordinata x_i dhe y_i , momenti i inercionit të të cilit kalon nëpër pikën A është $I_i = m_i r_i^2$, ku r_i është largësia prej pikës A deri te pika materiale me masë m_i të dhënë me

$$r_i^2 = (x_i - x_A)^2 + (y_i - y_A)^2,$$

kështu për I_i kemi

$$I_i = m_i [(x_i - x_A)^2 + (y_i - y_A)^2]. \quad (9)$$

mblidhen të gjitha momentet e inercionit të grimcave të veçanta prej trupit të ngurtë do të fitohet momenti i inercionit të trupit të ngurtë në lidhje me boshtin që kalon nëpër pikën A

$$I = \sum_{i=1}^n m_i [(x_i - x_A)^2 + (y_i - y_A)^2]$$

$$\begin{aligned} \text{ose} \quad I &= \sum_i m_i (x_i^2 + y_i^2) - 2x_A \sum_i m_i x_i - \\ &- 2y_A \sum_i m_i y_i + \sum_i m_i (x_A^2 + y_A^2). \end{aligned} \quad (10)$$

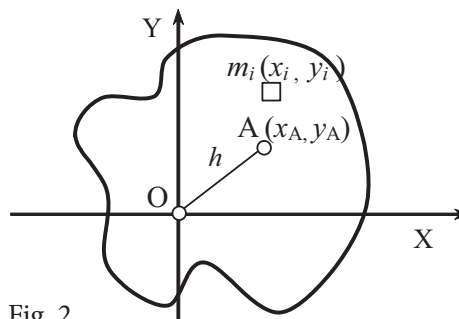


Fig. 2

Anëtari i parë i anës së djathtë të relacionit (10) e jep momentin e inercionit të trupit në lidhje me qendrën e masës $I_{CM} = \sum_i m_i (x_i^2 + y_i^2)$ pasi qendra e masës puthitet me fillimin e koordinatave. Anëtari i dytë dhe i tretë janë të barabartë me zero pasi i japin koordinatat e qendrës së masës

$$x_{CM} = \frac{\sum_i m_i x_i}{M} \quad \text{dhe} \quad y_{CM} = \frac{\sum_i m_i y_i}{M},$$

dhe ndërsa në pajtim me fig. 2. Koordinatat e qendrës së masës janë të barabarta me zero $x_{CM} = y_{CM} = 0$, pasi marrim qendra e masës të puthitet me fillimin e koordinatave. Anëtari i fundit të (10) është i barabartë Mh^2 pasi masa e përgjithsh

me e trupit është $M = \sum_i m_i$, ndërsa largësia h të

pikës A prej fillimit të koordinatave O e $h^2 = x_A^2 + y_A^2$. Me këtë relacioni (8) është fituar edhe teorema për boshtet paralele është vërtetuar.

Shembulli 1. Rrota me rreze $R = 30,0$ cm dhe momentin e inercionit $I = 0,0900$ kgm², rrotullohet rreth boshtit horizontal pa fërkim (fig. 3). Ze rrota është dredhur pe te krahu i lirë në skaji i të cilit $m = 0,500$ kg.

Sa është forca e shtrëngimit të perit dhe nxitimit këndor i rrotës?

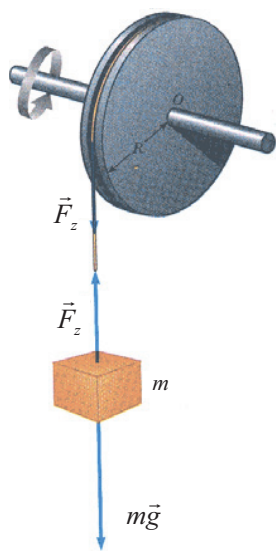


Fig. 3

Zgjidhje. Momenti i forcës rreth boshtit të rrotës është $M = RF_{shtr}$, ku F_{shtr} është forca e shtrëngimit të perit. Nga ana tjetër $M = I\epsilon$, I -momenti i inercionit të rrotës, ϵ -nxitimi këndor. Prej këtyre barazimeve $I\epsilon = RF_{shtr}$, prej ku

$$\epsilon = \frac{RF_{shtr}}{I} \quad (1)$$

Nëse e zbatojmë ligjin e dytë të Njutnit për peshën duke marrë parasysh projeksionet e forcave të boshtit Y të orientuar vertikalisht lartë vijon $\sum F_y = F_{shtr} - mg = -ma$, kështu që për nxitimin vijor të peshës vijon

$$a = \frac{mg - F_{shtr}}{m} \quad (2)$$

Duke shfrytëzuar lidhjen ndërmjet nxitimit këndor dhe vijor $a = R\epsilon$ ku e fusim te barazimi (1)

fitohet $a = \frac{R^2 F_{shtr}}{I}$. Te ky barazim e marrim

$$\frac{mg - F_{shtr}}{m} = \frac{R^2 F_{shtr}}{I} \quad \text{prej ku për forcën e shtrë-}$$

parasysh barazimin (2) ashtu që kemi

$$F_{shtr} = \frac{mg}{1 + \frac{mR^2}{I}} = 3,27 \text{ N} \quad \text{Në mënyrë analoge}$$

nxitimin do ta caktojmë prej $\epsilon = \frac{a}{R}$ ku do ta

fusim (2) për nxitimin vijor dhe fitojmë

$$\epsilon = \frac{g}{R + \frac{I}{mR}} = 10,9 \text{ rad/s}^2.$$

SHEMBULLI 2. Dy topa me masa $m_1 = 5,0 \text{ kg}$ dhe $m_2 = 7,0 \text{ kg}$ janë përforcuar në thupër të lehtë, masa e së cilës mund të eliminohet, në largësi reciproke $R = 4,0 \text{ m}$ (fig. 4). Të njehsohet momenti i inercionit të sistemit kur ai rrotullohet: a) rreth boshtit që kalon në mesin e largësisë ndërmjet trupave; dhe b) rreth boshtit që kalon nëpër largësinë $r = 0,50 \text{ m}$ majtas prej topit me masë m_j .

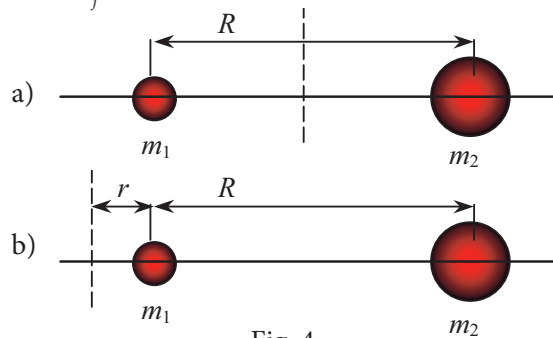


Fig. 4

Zgjidhje: a) Të dy topat janë në largësi të njëjtë prej boshtit të rrotullimit dhe momentit të inercionit është

$$I_1 = m_1 \left(\frac{R}{2}\right)^2 + m_2 \left(\frac{R}{2}\right)^2 = 48 \text{ kg m}^2.$$

b) Momenti i inercionit në këtë rast është $I_2 = m_1 r^2 + m_2 (r + R)^2 = 143 \text{ kg m}^2.$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. A mundet ndonjë trup me masë të njëjtë të ketë moment të ndryshëm të inercionit?

2. A mundet të ndryshon momenti i forcës në lidhje me bopshtin e rrotullimit të një trupi të ngurtë edhe pse nxitimi këndor i trupit nuk ndryshon?

3. Çfarë nxitim këndor do të fiton rrota me rreze $R = 33,0$ cm të cilës është bështjellur në skajet e të cilit vepron forca $F_{\text{shtr}} = 15,0$ N, nëse momenti i forcës së fërkimit ndërmjet perit dhe rrotës është $M_{\text{fer}} = 1,10$ Nm? Momenti i inercionit të rrotës është $I = 0,36$ kg m².

(Përgjigje: $8 = 10,7$ rad/s²)

4. Molekula e oksigjenit O₂, që përbëhet prej dy atome të oksigjenit në largësi reciproke $d = 1,21 \cdot 10^{-10}$ m, rrotullohet rreth boshtit që kalon nëpër mesin e largësisë d . Të caktohet momenti i inercionit të molekulës nëse masa e çdo atomi të oksigjenit është $m = 2,66 \cdot 10^{-26}$ kg.

(Përgjigje: $I = 1,95 \cdot 10^{-46}$ kg m²)

5. Të caktohet momenti i inercionit të cilindrit me lartësi shumë të vogël me rreze dhe masa M në lidhje me boshtin që kalon nëpër një pikë periferike të cilindrit, por është paralele me boshtin e tij të simetrisë?

(Përgjigje: $I = \frac{3}{2} MR_o^2$)

Më shumë informata kërkon në Internet adresën:
<http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>
<http://www.schulphysik.de/>

6.4. MOMENTI I IMPULSIT NË LIDHJE ME BOSHTIN E RROTULLIMIT

Ligji themelor i lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm është dhënë me relacionin

$$M = I\varepsilon \quad (1)$$

ku momenti i forcës M në lidhje me boshtin është proporcional me momentin e inercionit dhe analogjikisht nxitimi. Ky relacion paraqitet te ligji i dytë i Njutnit për lëvizjen translatore të trupit $F = ma$, i cili mund të shkruhet edhe në formën

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} \quad \text{ku } p = mv \text{ është impulsi i}$$

trupit. Barazim analog mund të shkruhet edhe për lëvizjen rrotulluese të trupit të ngurtë. Nëse në (1) merret parasysh se analogjikisht se nxitimi

$$\text{është } \varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad \text{fitohet}$$

$$M = I \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\text{ose } M = \frac{\Delta(I\omega)}{\Delta t}. \quad (2)$$

Madhësia $I\omega$ quhet momenti i impulsit në lidhje me boshtin e rrotullimit dhe shënohet me L

$$L = I\omega. \quad (3)$$

Kështu relacioni (2) mund të shkruhet si

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (4)$$

që do të thotë se momenti i forcës në lidhje me boshtin e rrotullimit është i barabartë me ndryshimin e momentit të impulsit që ndodh në njësinë e intervalit kohor dhe njehsohet si herës ndërmjet ndryshimit të AL dhe intervalit për të cilin ajo ka ndodhur Δt . Ky barazim njihet me emrin *barazimi i momenteve*.

Barazimi (3) mund të nxirret edhe në mënyrë tjetër: Trupi i ngurtë le të rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm që puthitet me boshtin Z (fig.1). Le të zgjedhim një grimcë me masë m_1 që përshkruan vijë rrethore të rrafshi XY me rreze R_1 të barabartë me largësinë prej boshtit të rrotullimit të grimcës. Grimca ka shpejtësi vijore v_1 , por rrotullohet me shpejtësi këndore ω . Shpejtësia vijore, pra, është dhënë me relacionin

$$v_1 = R_1 \omega$$

Nëse ky barazim shumëzohet me m_1 dhe djathtas me m_1 -masa e grimcës fitohet

$$m_1 v_1 = m_1 R_1 \omega. \quad (5)$$

Prodhimi i anës së majtë (5) është impulsi i grimcës, ashtu që fitohet.

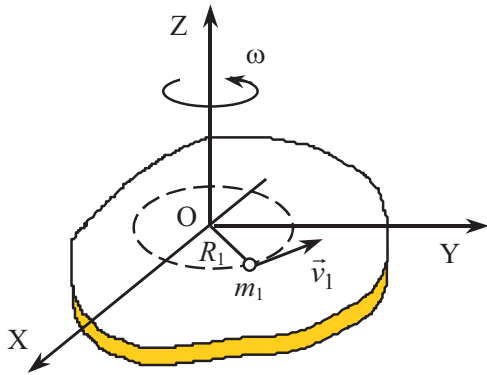


Fig. 1

$$p_1 = m_1 R_1 \omega.$$

Këtë barazim e shumëzojmë majtas dhe djathtas me R_1 dhe fitohet

$$p_1 R_1 = m_1 R_1^2 \omega. \quad (6)$$

Prodhimi prej anës së majtë të (6) është madhësi fizike *moment të impulsit të grimcës në lidhje me boshti L_j* , i cili paraqet prodhim të impulsit të grimcës për largësinë të grimcës deri te boshti i rrotullimit

$$L_1 = p_1 R_1 \quad (7)$$

ndërsa prodhimi $m_1 R_1^2$ prej anës së djathtë të (6) është momenti i inercionit të grimcave I_j . Kështu (6) mund të shkruhet në formën

$$L_1 = I_1 \omega \quad (8)$$

Momenti i impulsit ose impulsi i trupit në lidhje me boshtin e rrotullimit do ta fitojmë nëse i mbledhim momentet e impulseve të të gjithë n -grimcave të trupit

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n I_i \omega$$

$$L = I \omega, \quad (9)$$

ku $I = \sum_i I_i$ është momenti i inercionit të trupit rreth boshtit Z që puthitet me boshtin e rrotullimit.

Njësia për momentin e impulsit të trupit në lidhje me boshtin në SI është kilogram për metër në katror nën sekond ($\text{kg m}^2/\text{s}$).

Shenja e momentit të impulsit është pozitiv (+) nëse trupi rrotullohet në kahen e lëvizjes së akrepave të orës, kurse shenja e momentit të impulsit është negativ (-) nëse trupi rrotullohet në kahe të lëvizjes së akrepave të orës.

SHEMBULLI 1. Elektronmi i atomit të hidrogjenit lëviz rreth bërthamës sipas orbitës rrethore me rreze $r = 0,528 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ dhe shpejtësi vijore $v = 5,00 \cdot 10^3 \text{ m/s}$. Të njehsohet momenti i impulsit të elektronit nëse masa e tij është $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Zgjidhje: Momentin e impulsit të elektronit do ta caktojmë prej relacionit $L = pr = mvr$. Nëse futen vlerat numerike fitohet

$$L = 24,05 \cdot 10^{-38} \text{ kg m}^2/\text{s}.$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1.A do të ndryshon momenti i impulsit në lidhje me boshtin e rrotullimit nëse ndryshon momenti i inercionit ose sistemi prej trupave?

2.Shprehje me fjalë barazimin e momenteve.

Më shumë informata kërkoni në Internet adresën:

<http://www.schulphysik.de/>

6.5. LIGJI PËR RUAJTJEN E MOMENTIT TË IMPULSIT TË TRUPIT NË LIDHJE ME BOSHTIN E RROTULLIMIT

Momenti i impulsit të trupit në lidhje me boshtin e rrotullimit është koncept i rëndësishëm në fizikë. Në kushte të caktuara momenti i impulsit, si edhe energjia dhe impulsi, për sistemin e izoluar janë ruajtur. Që të shohim cilat janë ato kushte ku momenti i impulsit ruhet, do të nisemi prej formulës për momentin e përgjithshëm të forcës

në lidhje me boshtin e rrotullimit $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$,

për kushtin ai të jetë i barabartë me zero

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t} = 0, \quad (1)$$

ose $L = I\omega = \text{const.} \quad (2)$

Pikërisht, ndryshimi i madhësisë fizike për ndonjë interval kohor është e barabartë me zero, ajo madhësi është domethënë konstante.

Relacioni (1) e jep ligjin për ruajtjen e momentit të impulsit të trupit në lidhje me boshtin e rrotullimit që thotë: Momenti i përgjithshëm i impulsit të trupit që rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm ngel konstant nëse momenti i rezultantes së forcave që vepron te trupi është i barabartë me zero. Ky ligj vlen për sistemin e izoluar.

Ligji për ruajtjen e momentit të impulsit mund të shkruhet edhe në këtë formë

$$I\omega = I_0 \omega_0 = \text{const}, \quad (3)$$

ku I_0 dhe ω_0 janë momente të inercionit dhe shpejtësia këndore në ndonjë moment fillestar të kohës $t=0$, kurse I dhe ω janë madhësi të barabarta në moment përfundimtar të kohës $t=t$. Kjo do të thotë se pozita reciproke e pjesëve të ndryshme të trupit mund të ndryshon, ku do të ndryshon edhe momenti i inercionit, por poashtu do të ndryshon edhe shpejtësia këndore ω ashtu që prodhimi $I\omega$ do të ngel konstant.

Ekzistojnë shumë shembuj të cilët vlen ligji për ruajtjen e momentit të impulsit:

PROVA 1. Nëse një nxënës qëndron ulur në një karrike e cila mund të rrotullohet rreth boshtit vertikal dhe në të dy duart e hapura mban nga një peshë prej nga 1 kg, sistemi (nxënës + peshë + karrike) që rrotullohet do të ketë moment të impulsit $I_0\omega_0$. Nëse nxënësi i afron duart pranë trupit të tij (fig. 1) ku karrika nuk pushon së rrotulluari, atëherë momenti i inercionit do të zvogëlohet, do të vlen barazimi

$$I_0\omega_0 = I\omega$$

Domethënë momenti i impulsit ngel konstant.

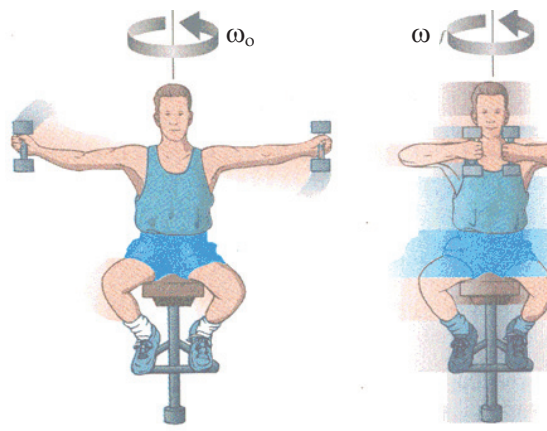


Fig. 1

Prova 2. Nxënësja qëndron ulur në karriken rrotulluese dhe në duart mban rrotën e biçikletës



(fig. 2).

Në momentin fillestar sistemi (nxënës + karrike + rrota e biçikletës) pezullon ashtu që momenti i impulsit është e barabartë me zero. AM nxënësi i e sjell në rrotullim rrotën në kahen e akrepave të orës, atëherë karrika me nxënësit do të fillojnë të rrotullohet, por në kahen e kundërt të lëvizjes së akrepave të orës

që rë ngel momenti i impulsit dhe pastaj ndryshimi është i barabartë me zero. Pikërisht, nëse momenti i impulsit të rrotës është $+L_0 = +I_0\omega_0$, kurse momenti i impulsit të nxënësit është $+L$ karrikes është $-L = -I\omega$, shuma e tyre duhet të jetë e barabartë me zero $+I_0\omega_0 + (-I\omega) = 0$, sikurse ishte momenti i impulsit në momentin fillestar.

SHEMBULLI 1. Platforma horizontale në formë të diskut rrotullohet në rrafshin horizontal rreth boshtit vertikal. Masa e platformës është $m1 = 100$ kg kurse rrezja $R = 2,0$ m .

Njeriu me masë $m_2 = 60 \text{ kg}$, i cili në momentin fillestar gjendet në buzë të platformës, ngadalë lëviz nga qendra e platformës. Kur njeriu është buzë platformës shpejtësia këndore e sistemit është $2,0 \text{ rad/s}$.

Të njehsohet shpejtësia e sistemit kur njeriu do të vjen në largësi $0,50 \text{ m}$ prej qendrës së platformës. Momenti i inercionit të diskut është

$$I_1 = \frac{m_1 R^2}{2}.$$

Zgjidhje. Momenti i inercionit të sistemi kur njeriu është buzë platformës është

$$I_0 = I_1 + I_2 = \frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2, \text{ por kur do të afrohet}$$

$$\text{në largësi } r \text{ është } I = I_1 + I_2' = \frac{m_1 R^2}{2} + m_2 r^2.$$

Pasi nuk veprojnë momentet e forcave të jashtme të sistemit (njeriu + platforma) vlen ligji për ruajtjen e momentit të impulsit në lidhje me boshtin.

$$I_0 \omega_0 = I \omega$$

$$\text{ose } \left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 R^2 \right) \omega_0 = \left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 r^2 \right) \omega$$

prej ku fitohet

$$\omega = \frac{\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 R^2}{\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 r^2} \omega_0$$

$$\text{ose } \omega = 4,1 \text{ rad/s}.$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Njeriu qëndron në qendër të karrikes që rrotullohet rreth boshtit vertikal dhe së bashku me karriken rrotullohet me frekuencë $n_1 = 0,5 \text{ min}^{-1}$. Momenti i inercionit të trupit të njeriut në lidhje me boshtin e rrotullimit është $I_0 = 1,6 \text{ kg m}_2$. Te duart e hapura ai mban dy trupa çdonjëri me masë 2 kg , kurse largësia ndërmjet peshave është $1,6 \text{ m}$. Sa rrotullime në minutë do të kryen sistemi njeri + pesha nëse ai i lëshon duart ashtu që me duar të hapura me shpejtësi këndore $\omega_1 = 12,57 \text{ rad/s}$. Nëse momenti i inercionit të rrëshqitës

tësit kur ai do t'i afron duart deri te trupi është $60\% \text{OD}$ momenti i inercionit të rrëshqitës kur largësia ndërmjet peshave të jetë $0,4 \text{ m}$? Momenti i inercionit të karrikes të jetë eliminuar.

(Përgjigje: $n_2 = 1,18 \text{ min}^{-1}$)

2. Platforma në formë të diskut me rreze $1,5 \text{ m}$ dhe masë 180 kg rrotullohet rreth boshtit vertikal me frekuencë 10 min^{-1} . Në qendrën e platformës qëndron njeri me masë 60 kg dhe në atë moment nuk merret parasysh momenti i tij i inercionit. Çfarë shpejtësie vijor do të ketë njeriu nëse ai kalon buzë platformës? Momenti i inercionit të diskut është

$$I = \frac{1}{2} m R^2. \text{ (Përgj: } v=0,942 \text{ m/s)}$$

3. Rrëshqitës në akull fillon të rrotullohet me duar të hapura me shpejtësi këndore $\omega_1 = 12,57 \text{ rad/s}$. Nëse momenti i inercionit të rrëshqitës kur ai do t'i afron duart deri te trupi është $60\% \text{OD}$ momenti i inercionit të rrëshqitës kur duart i kishte të hapura, të caktohet shpejtësia këndore e rrëshqitës kur ai do t'i afron duart deri te trupi?

(Përgjigje : $\omega^2 = 21 \text{ rad/s}$)

Më shumë informata kërkoni në Internet adresën:
<http://pen.physik.uni-kl.de/cgi-bin/ps/search.pl>

6.6. ENERGJIA KINETIKE E LËVIZJES RROTULLUESE

Lëvizja rrotulluese e trupit të ngurt rreth boshtit të palëvizshëm nuk do të jetë komplet e përshkruar nëse nuk jepet edhe shprehja për energjinë kinetike të trupit të ngurt që rrotullohet. Për atë shkak do të kthehemi te figura 1 prej mësimi 1.4 te e cila është treguar lëvizja e një grimce prej trupit me masë m_1 dhe shpejtësia vijore v_1 . Energjia kinetike e kësaj grimce është

$$E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2}. \quad (1)$$

Në këtë relacion do ta fusim relacionin e njohur për shpejtësinë vijore $v_1 = R_1 \omega$, ku ω , kurse R_1 është rreza e vijës rrethore që e përshkruan grimca.

$$E_{k1} = \frac{m_1 R_1^2 \omega^2}{2} \quad (2)$$

Energjia kinetike e trupit të ngurtë që rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm do të fitohet nëse mbledhen energjitë kinetike të të gjitha grimcave n prej trupit që lëvizin në rrafshin paralele normale në boshtin e rrotullimit dhe në largësi tëndryshme prej boshtit të rrotullimit R_n . Kështu fitohet

$$E_k = \sum_{i=1}^n E_{ki} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (m_i R_i^2) \omega^2$$

ose

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (3)$$

ku $I = \sum_{i=1}^n m_i R_i^2$ është momenti i inercionit

të trupit të ngurtë $i=1$ në lidhje me boshtin e rrotullimit. Domethënë energjia kinetike e trupit të ngurtë që rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm është e barabartë me gjysmë shumën e momentit të inercionit dhe katrorit të shpejtësisë këndore të trupit.

Tani vërejtëm se trupi i ngurtë mund të rrotullohet rreth boshtit të palëvizshëm nëse te ai vepron momenti i forcës. Po ashtu kryhet ndonjë punë. Atë punë do ta caktojmë në këtë mënyrë: Forca e jashtme F le të vepron në pikën P që gjendet në largësi R prej boshtit të rrotullimit (fig. 1).

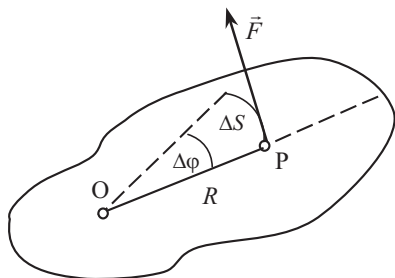


Fig. 1

Megjithatë kryhet punë elementare δA , pasi pika materiale lëviz sipas vijës rrethore, përkthyer hark ΔS dhe rrotullohet për kënd të vogël $\Delta\varphi$. Këtë punë mund ta caktojmë prej formulës së përgjithshme të e cila do të fusim për

$$\delta A = F \Delta S \quad (4)$$

te e cila do të fusim $\Delta S = R \Delta\varphi$, pra kemi

$$\delta A = F R \Delta\varphi \quad (5)$$

Pasi momenti i forcës është $M = FR$ vijon se puna elementare është

$$\delta A = M R \Delta\varphi \quad (6)$$

Nëse i mbledhim të gjitha punët elementare të cilat kryejn gjatë rrotullimit të të gjitha pikave të trupit të ngurtë për kënd të vogël $\Delta\varphi$, do ta fitojmë punën e përgjithshme të momentit të forcës teth boshtit të palëvizshëm M duke përkthyer kënd të fundshëm φ

$$A = M \varphi \quad (7)$$

SHEMBULLI 1. Sfera e plotë homogjene rrotullohet nëpër rrafshin nën këndin e mënjanimit $\theta = 30^\circ$ në lidhje me horizontalen. Rrafshi i mënjanuar ka gjatësi $x=1$ m dhe lartësi h (fig. 2).

Të njehsohet shpejtësia vijore e qendrës së masës së sferës në thellësi të rrafshit të mënjanuar. Momenti i inercionit të sferës homogjene është $I_{CM} = \frac{2}{5} m R^2$, Masa, kurse R – rrezja e sferës.

Fërkimi të eliminohet. ($g=9,81$ m/s²)

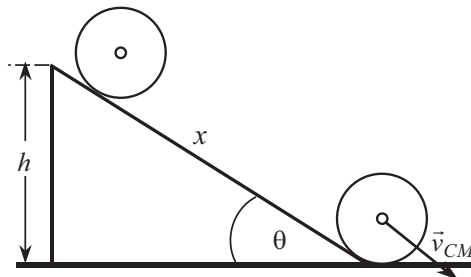


Fig. 2.

Zgjidhje: Topi homogjen duke u rrotulluar nëpër rrafshin e mënjanuar kryen lëvizje rrotulluese rreth boshtit që kalon nëpër qendrën e masës dhe lëvizja translatore, për së gjati të rrafshit të mënjanuar. Prandaj ajo do të ketë edhe energji kinetike të translacionit

$$E_k = \frac{1}{2} I_{CM} \omega^2 + \frac{1}{2} m v_{CM}^2$$

ku $v_{CM} = R\omega$ është shpejtësia vijore te qendra e masës.

6. Lëvizja rrotulluese e trupave të ngurtë

Këtë relacion e zëvendësojmë $\omega = \frac{v_{CM}}{R}$ te

relacioni paraprak kemi:

$$E_k = \frac{1}{2} \left(\frac{I_{CM}}{R^2} + m \right) v_{CM}^2.$$

Pasi topi bie prej gjendjes së pezullimit prej lartësisë h në lidhje me mbështetësen, në atë lartësi posedon energji potenciale $U = mgh$. Prej ligjit për ruajtjen e energjisë mekanike vijon se energjia kinetike është e barabartë me energjinë potenciale

$$\frac{1}{2} \left(\frac{I_{CM}}{R^2} + m \right) v_{CM}^2 = mgh$$

prej ku fitohet

$$v_{CM} = \left(\frac{2gh}{1 + \frac{I_{CM}}{mR^2}} \right)^{1/2}.$$

Nëse këtu futet relacioni për $I_{CM} = \frac{2}{5} mR^2$ dhe të rregullohet do të fitohet

$$v_{CM} = \left(\frac{10}{7} gh \right)^{1/2}.$$

Lartësia $h = x \sin \theta$, ashtu që futja e këtij barazimi te barazimi paraprak jep

$$v_{CM} = \left(\frac{10}{7} gx \sin \theta \right)^{1/2}.$$

Nëse futen vlerat numerike fitohet

$$v_{CM} = 7 \text{ m/s}.$$

SHEMBULLI 2. Thupra homogjene me gjatësi $L=1\text{m}$ dhe masë m rrotullohet rreth boshtit që kalon nëpër njërin skaj të thuprës. Në momentin fillestar gjendet në pozitën horizontale (fig. 3). Të caktohet shpejtësia këndore e thuprës në pozitën më të ulët. ($g=9,81\text{m/s}^2$; $I= mL^2/3$)

Zgjidhje: Nëse zbatohet ligji për ruajtjen e energjisë vijon se energjia potenciale, që e ka thupra në lidhje me pozitën më të ulët të qendrës

së masës C , shndërrohet në energji kinetike të rrotullimit në atë pozitë

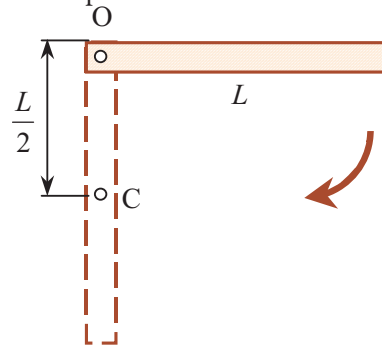


Fig.3

$$mg \frac{L}{2} = \frac{1}{2} I \omega^2.$$

Nëse këtu futet momenti i inercionit të thuprës $I= mL^2/3$ fitohet

$$mg \frac{L}{2} = \frac{1}{2} \frac{1}{3} mL^2 \omega^2$$

prej ku shpejtësia këndore është $\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}}$.

Futja e vlerave numerike jep

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Mbërthyesi me masë 2 kg dhe rreze të jashtme 5 cm rrotullohet nëpër rrafshin e mënjanuar me gjatësi 2 m dhe kënd të mënjanimit 30°. Të caktohet vlera numerike e momentit të inercionit të mbërthyesit nëse shpejtësia e tij vijore në fund të rrafshit të mënjanuar është 3,3m/s. ($g=9,81\text{m/s}^2$) (Përgjigje: $I=4 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$)

2. Topi rrokulliset nëpër rrugën horizontale me shpejtësi 7,2 km/h. Në çfarë largësie mund të hiqe topi nëpër rrafshin e mënjanuar në llogari të energjisë së saj kinetike, nëse rrafshi i mënjanuar ka mënjanim 10 m në çdo 100 m? ($g=9,81 \text{ m/s}^2$, $I=2mR^2/5$) (Përgjigje: $l=2,86 \text{ m}$)

Më shumë për energjinë kinetike të lëvizjes rrotulluese kërkoni në Internet adresën:
<http://www.wug.physics.uiuc.edu/Lect 15/sld005.htm>

6.7. ANALOGJIA NDËRMJET MADHËSIVE DHE LIGJEVE GJATË LËVIZJES TRANSLATORE DHE RROTULLUESE

Gjatë përshkrimit kinematik dhe dinamik të lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë rreth boshti të palëvizshëm, shpesh kthehemi te barazimet themelore të lëvizjes translatoe të pikës materiale. Përkatësisht, na bëjmë analogji ndërmjet barazimeve themelore të lëvizjes translatoe të pikës

materiale dhe barazimet themelore edhe të lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë rreth boshti të palëvizshëm, pasi trupi i ngurtë mund të shqyrtohet si

bashkësi prej n – pikave materiale. Që të gjithë kuptohet më mirë barazimet e ndryshme të lëvizjes rrotulluese e trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm, ato do t'i japim së bashku me shprehjet analoge për lëvizjen translatoe të trupit ose pikës materiale, të cilat tani më qysh herët i kemi mësuar, te tabela 2.2.

Tabela 2.2

Lëvizja rrotulluese e trupit të ngurtë rreth boshti të palëvizshëm	Lëvizja translatoe e trupit
Këndi i rrotullimit φ	Rruga e kaluar s
Këndi i shpejtësisë $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	Shpejtësia vijore $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Nxitimi këndor $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$	Nxitimi vijor $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
Momenti i nercionit I	Masa m
Momenti i forcës $M = I\varepsilon$	Forca $F = ma$
Nëse lëvizja është e njëtrajtshme e ndryshuesh rrotulluese $\varepsilon = \text{const} \begin{cases} \omega = \omega_0 + \varepsilon t \\ \varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \varepsilon t^2 \end{cases}$	Nëse është lëvizja drejtvizore e një trajtshme e përshpejtuar $a = \text{const} \begin{cases} v = v_0 + at \\ s - s_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \end{cases}$
Momenti i impulsit sipas boshtit $L = I\omega$	Impulsi i trupi $p = mv$
Barazimi themelor i lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurt $M = I\varepsilon = \frac{\Delta L}{\Delta t}$	Barazimi themelor i dinamikës të lëvizjes translatoe $F = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t}$
Energjia kinetike dhe Lëvizja rrotulluese $E_k = \frac{1}{2} I\omega^2$	Energjia kinetike e lëvizjes translatoe $E_k = \frac{1}{2} mv^2$
Puna gjatë rrotullimit $A = M\varphi$	Puna gjatë translacionit $A = Fs$

7.1. LËVIZJA PEDRIODIKE Konceptet themelore dhe elementet e lëvizjes lëkundëse

Me konceptin lëvizje *periodike* nënkuptojmë përsëritje rreth lëvizjes ose pozitës së trupit nën të njëjtën trejaktore. Me fjalë tjera, lëvizja është periodike, kur ajo përsëritet në intervale të njëjta të kohës, lëvizjet e këtilla, kohëzgjatja e një ciklusi quhet *periodë*.

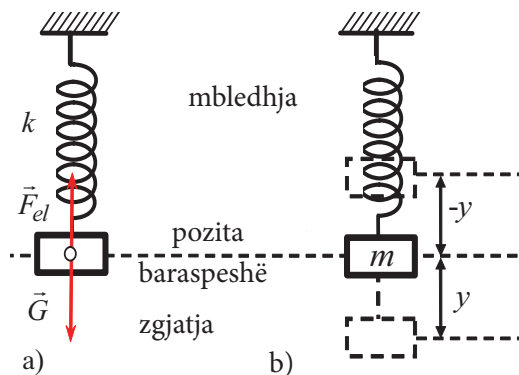


Fig. 1. Lëkundjet e spirales

Shumë dukuri në natyrë janë periodike: lëvizja e lavjerrësit të orës, pesha e përforcuar në spirale, dridhja e telave të instrumentit muzikor, puna e zemrës, lëkundjet e grimcave të mjedisit material nëpër të cilën zgjerohet zëri, lëvizja e planetave rreth Diellit, lëkundjet e atomeve dhe molekulave rreth baraspeshave në grilën kristale të trupit të ngurt, të rrymave alternative dhe ndryshime periodike të tensionit elektrik dhe rrymës etj.

Varësisht prej natyrës fizike të lëkundjeve dhe mënyrës së përfitimit të tyre, dallojmë: *lëkundje mekanike* dhe *lëkundje elektromagnetike* (lëkundjet e vektorit dhe forca e fushës elektrike dhe induksioni magnetik).

Lëvizjet e lëkundjeve paraqesin lloje të veçantë të lëvizjeve periodike të cilat mjaft shpesh hasen. *Lëvizjet periodike ku trupi mënjanohet në një rënë anë por edhe në anën tjetër prej gjendjes baraspeshë më stabile quhet lëvizje e lëkundjes*. Kushti për realizimin e lëvizjes së lëkundjes është të ekziston forcë që rregull-

isht do ta kthen trupin në gjendje baraspeshë. Ajo mund të jetë e jashtme ose e brendshme.

Të shqyrtojmë një spirale dhe të skaj të varim peshë (fig.1). Megjithatë spirala zgjatet deri sa forca e saj elastike e brendshme \vec{F}_{el} nuk baraspeshohet me peshën e \vec{G} , pesha është në baraspeshë. Kjo gjendje quhet **gjendja e baraspeshës** (fig. 1.a).

Nëse nën ndikimin e forcës së jashtme pesha nxirret prej gjendjes së baraspeshës, zmadhohet forca elastike \vec{F}_{el} të spirales. Kjo forcë tenton ta kthejë peshën në gjendje të baraspeshës për shkak të së cilës quhet *forcë kthyesë*. (fig. 1.b). Forca kthyesë të lëvizjet lëkundëse është orientuar nga gjendja e baraspeshës. Përkatësisht sistemi peshë-spirale fillon të lëkundet rreth gjendjes së baraspeshës. Gjatë kohës së lëkundjes trupi rregullisht e ndryshon largësinë e tij prej gjendjes së baraspeshës.

Mënjanimi momental nga gjendja e tij e baraspeshës quhet elongacion. Vlera më e madhe e elongacionit quhet **amplitudë**. Sistemin që e formon një spirale elastike dhe pesha quhet *sistemi i lëkundës* ose *lëkundësi*.

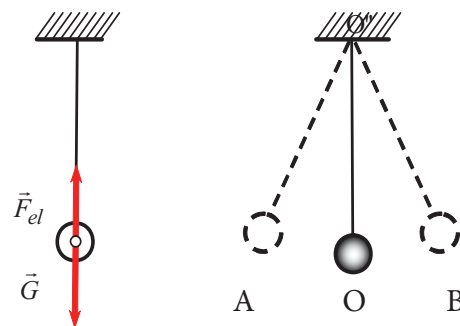


Fig. 2. Lëkundja e trupit të varur në pendë

Trupi mund të lëkundet edhe kur ai të varet në pendë. Nëse e nxjerrim prej gjendjes së baraspeshës, nën ndikimin e komponentës së forcës së Tokës, ai përsëri do të kthehet në këtë pozitë. Këto forca sipas karakterit të vet janë analoge me forcat e elasticitetit (fig. 2).

LËKUNDJET HARMONIKE Elementet e lëvizjes së lëkundjeve

Ndërmjet llojeve të ndryshme të lëkundjeve, në formën më të thjeshtë janë **lëkundjet harmonike**. Ku madhësia e lëkundjes gjatë kohës ndryshon me ndryshimin e ligjit të sinusit dhe kosinusit. Megjithatë, shumë forma të lëvizjeve lëkundëse mund të sillen në lëkundje të kësaj forme. Se kjo është kështu, mundet lehtë të tregohet në këtë eksperiment.

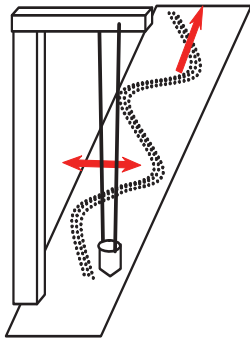


Fig. 1

Ena konike me hapje të ngushtë në maje mbushet plotë me rërë dhe me ndihmën e perit varet që të paraqet lavjerrës. Nën lavjerrësin është vendosur shirit i gjatë errët (fig.1). E nxjerrim lavjerrësin

prej gjendjes së baraspeshës dhe e lëshojmë të lëkundet. Në momentin kur e lëshojmë lavjerrësin të lëkundet, fillojmë gradualisht ta lëvizim shiritin në drejtim normal të lëkundjes së lavjerrësit. Rëra e imtë që rrjedh prej grykës së enës bie në shirit dhe përshkruan lakore, të njohur si *sinusoidë*.

Lëkundjet harmonike matematikisht lehtë përshkruhen nëpërmjet vijimit të projekcionit të pikës materiale P që rrotullohet njëtrajtshëm. Për këtë qëllim është e përshtatshme të vërehet hija e pikës P në ekranin E, të vendosur normal në rrafshin e rrotullimit. Hija e pikës P kryen lëvizje harmonike lëkundëse (fig.2).

Te sistemi koordinativ XOY bartet vija rrethore me rreze A është e barabartë me madhësinë e amplitudës vlerë e lëvizjes harmonike lëkundëse dhe pika P e cila rrotullohet njëtrajtshëm me shpejtësi v dhe shpejtësi këndore ω në kahen e kundërt të lëvizjes së akrepit të orës. Faza fillestare gjat $t=0$ le të jetë zero. Projekcioni i pikës P në boshtin Y ndryshon ndërmjet $+A$ dhe $-A$.

Qendra e rrotullimit është në fillimin e sistemit të koordinatave XOY, kurse projekcioni (hija) e pikës materiale P shqyrtohet mbi boshtin Y. Ta shënojmë gjendjen fillestare të pikës me P_0 . Ndërsa pika P realizon lëvizje rrethore të njëtrajt

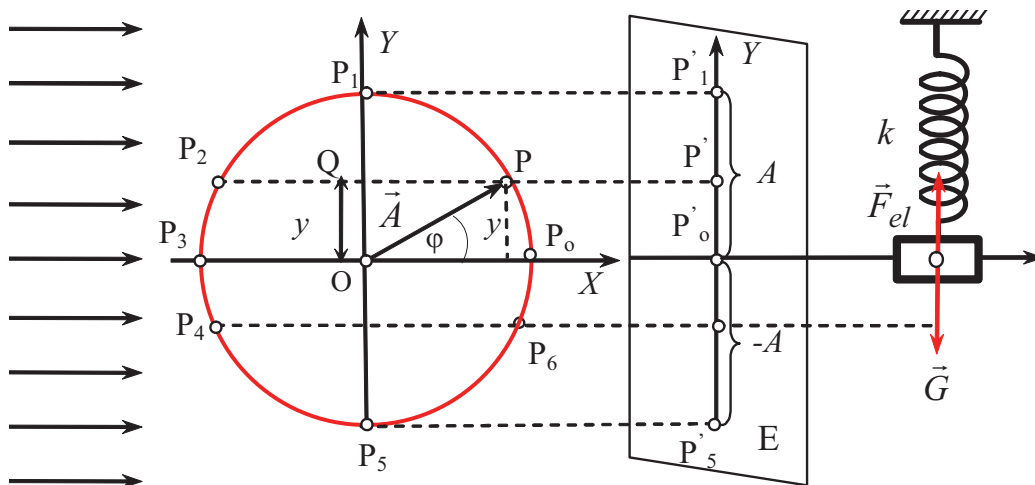


Fig. 2

shme duke kaluar nëpër pozitat P_1, P_2, P_3, P_4 etj., projektioni (hija) e pikës P kalon nëpër pozitat P_1', P_2', P_3' etj. Prandaj pozita P_0 është pozitë e baraspeshës së lëvizjes lëkundëse.

Largësia e projektionit të pikës P prej fillimit të koordinatave mbi boshtin Y në çfarëdo moment është *elongacioni* y . Elongacioni maksimal ose largësia më e madhe e pozitës së baraspeshës është amplituda, dhe është shënuar me A.

Megjithatë, elongacioni bën lëvizje harmonike lëkundëse, duke u lëkundur ndërmjet vlerave $+A$ deri te zero përtej $-A$ deri te zero dhe përsëri deri te elongacioni maksimal $+A$. Koha për të cilën pika materiale do të bën lëkundje të plotë është *perioda e lëkundjes* T.

Numri i lëkundjeve të plota të realizuara në njësi kohe është *frekuenca* f . Njësia për frekuencën është 1 Hz (herc)

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{1 \text{ s}} = \text{s}^{-1}. \quad (1)$$

Frekuenca është e lidhur me periodën ashtu që vlen:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Në momentin t segmenti $OP_1=4$ me boshtin X të sistemit kënddrejtë koordinativ formon kënd φ , që i përgjigjet *fazës së lëkundjes*. Gjatë kohës së një periode rreze vektori A do të përshkruan rreth pikës O kënd të plotë 2π radianë. Pasi lëvizja është e njëtrajshme, këndi φ ndryshon proporcionalisht me kohën. Prandaj mund të shkruhet proporcioni:

$$\varphi : 2\pi = t : T \quad (3)$$

Poashtu faza e lëkundjes φ , koha t , perioda e lëkundjes T dhe shpejtësia këndore (frekuenca rrethore) ω janë të lidhura me:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi f t = \omega t. \quad (4)$$

Prej barazimit të fundit shihet se këndi φ varet

prej kohës. Përkatësisht faza dhe koha janë karakteristike të lëvizjes lëkundëse. Frekuenca rrethore ω është dhënë me barazimin:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f. \quad (5)$$

Frekuenca rrethore është numri i lëkundjeve në 2π sekonda.

2.2.MADHËSITË KARAKTERISTIKE TË LËKUNDJEVE HARMONIKE

Madhësitë karakteristike të cilat ndryshojnë gjatë lëkundjeve harmonike janë: *elongacioni, shpejtësia, forca dhe nxitimit*. Prej fig. 2 (2.2) shihet se

$$\frac{OQ}{OP} = \frac{y}{A} = \sin \varphi.$$

Megjithat, pozita e projektionit të pikës materiale të boshtit Y gjatë kohës ndryshon sipas ligjit:

$$y = A \sin \varphi = A \sin 2\pi f t = A \sin \omega t \quad (1)$$

Barazimi (1) grafikisht është paraqitur me (2.4. fig.2). Nëse këndi fillestar ka ndonjë vlerë φ_0 , atëherë barazimi (1) e ka formën:

$$y = A \sin (\omega t + \varphi_0). \quad (2)$$

Funksionet $\sin \omega t$ dhe $\cos \omega t$ janë funksione periodike të cilat pranojnë vlera ndërmjet ± 1 dhe mund të kenë vlera të barabarta për vlera të ndryshme të t. Për shembull, $\sin \omega t = +1$ për $t = \pi/2\omega, 5\pi/2\omega$ etj. Prandaj, barazimi (1) matematikisht mund të shprehet në këtë mënyrë:

$$y = A \sin \omega t = A \sin \omega (t + kT), \quad (3)$$

ku $k=1, 2, 3, \dots$ është numër i plotë, për saktë interval të caktuar kohor: $t = T, 2T, 3T, \dots$ funksioni pranon vlera të barabarta. Për dy lavjerësa

me perioda të barabarta të lëkundjes, lëvizin në kahe të njëjtë dhe për interval kohor të caktuar kalojnë njëkohësisht nëpër pozitën e njëtrajtshme thuhet se janë në fazë. Barazia e fazave pandërprerë do të jetë e ruajtur edhe më tutje, nëse periodat e lavjerrësve janë në ndryshime. Nëse, pra, lëvizja e lavjerrësve është e kundërtë njëra me tjetrën, atëherë lavjerrësat janë me faza të kundërta.

Nga ana tjetër nëse shqyrtohet projektioni i pikës materiale P mbi boshtin X gjithashtu edhe ajo bën lëvizje harmonike lëkundëse të dhënë me barazimit

$$x = A \cos \varphi = A \cos 2\pi ft = A \cos \omega t. \quad (4)$$

domethënë në pikëpamje fazore dallohet prej lëvizjes harmonike lëkundëse sipas boshtit y për $\pi/2$.

$$\cos \omega t = \sin (\omega t + \pi / 2). \quad (5)$$

Prej barrazimeve (1) dhe (5) mund të përfundohet se lëvizja e njëtrajtshme sipas vijës rrethore është ekuivalente me dy lëvizje harmonike lëkundëse ndërmjet veti normale me frekuenca të barabarta, kurse fazat u dallohen për $\pi/2$. Pika e cila njëkohësisht merr pjesë në ato lëvizje haset te vija rrethore. Barazimi i asaj vije rrethore realizohet me kundrimin dhe mbledhjen e barazimeve (1) dhe (5):

$$x^2 + y^2 = A^2 (\cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t) = A^2$$

BARAZIMI PËR SHPEJTËSINË DHE NXITIMIN E LËVIZJES HARMONIKE LËKUNDËSE

Madhësitë të cilat ndryshojnë gjatë kohës te lëvizjet harmonike lëkundëse, përveç elongacionit, janë edhe shpejtësia dhe nxitimi. Shpejtësia \vec{v} e pikës P e ka kahen sipas tangjentës të tërhequr prej pikës P. Shpejtësia v_y te lëvizjet harmonike lëkundëse ndryshojnë sipas modulit të vet, kështu sipas kahes së vet. Deri te ligji i shpejt-

tësisë të lëvizjes harmonike lëkundëse mund të arrihet nëse përcillet mënyra të cilën do ta shfrytëzojmë për elongacionin, d.m.th. shpejtësin e kërkojmë si projektion prej vektorit të shpejtësisë vijore \vec{v} të lëvizjes rrethore në drejtim të lëvizjes lëkundëse (fig. 1).

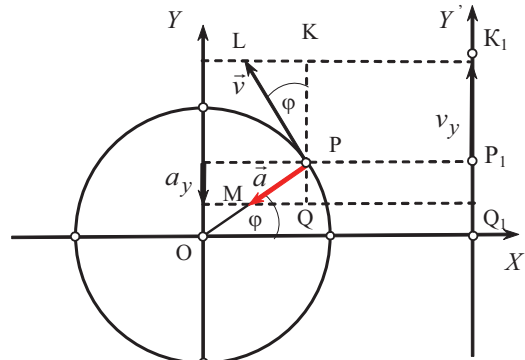


Fig. 1

Te fig.1 shihet se prej trekëndëshit PKL vijon

$$\frac{PK}{PL} = \frac{P_1K_1}{PL} = \frac{v_y}{v} = \cos \varphi, \quad (1)$$

Nëse amplituda ose vlera maksimale e shpejtësisë është $v = \omega A$; $\varphi = \omega t$, A është rrezja e lëvizjes rrethore me amplitudën e lëvizjes lëkundëse. Sipas barazimit (1) shpejtësia v_y të lëvizjes harmonike lëkundëse është dhënë me:

$$v_y = \omega A \cos \omega t, \quad (2)$$

Te barazimi (2) ω është frekuenca rrethore. Shpejtësia e lëvizjes harmonike lëkundëse është dhënë me funksionin e kosinut si funksion i kosinut prej kohës. Vlera e tij ndryshon në kufijtë $v_y = \pm v = \pm \omega A$. Domethënë se shpejtësia e pikës P kryen lëvizje lëkundëse, periodikisht ndryshon. Shenja (+) ose (-) vetëm e tregon orientimin e shpejtësisë si madhësi vektoriale në lidhje me boshtin Y.

Nxitimi i lëvizjes harmonike lëkundëse mund të caktohet si projektion prej nxitimit centripetal \vec{a} (fig.1). Prej trekëndëshit PMQ vijon:

$$P_1Q_1 = PQ = PM \sin \varphi, \quad (3)$$

Pasi PM është moduli i nxitimit centripetal të lëvizjes rrethore të njëtrajtshme, mund të shkruhet $a = \omega^2 A$ dhe $\varphi = \omega t$. Shpejtësia në kahe të boshtit Y është:

$$a_y = -\omega^2 A \sin \omega t. \quad (4)$$

Nxitimi është proporcionalisht me elongacionin dhe gjithmonë është me kahe të kundërt prej elongacionit:

$$a_y = -\omega^2 y. \quad (5)$$

Te fig. 2 është paraqitur varësia grafike e elongacionit, shpejtësisë së lëkundjes harmonike gjatë kohës.

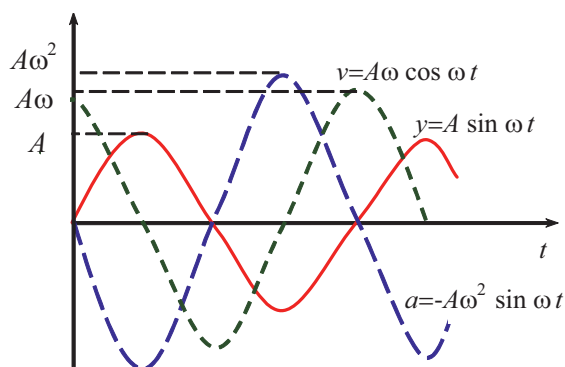


Fig. 2. Elongacioni, shpejtësia dhe nxitimi janë zhvendosje fazore.

Pasi vlerat maksimale të cilat mund t'i pranon funksioni sinus ose kosinus janë ± 1 . Vlerat maksimale të shpejtësisë do të jenë $\pm \omega A$. Shpejtësia është më e madhe kur trupi kalon nëpër pozitën e baraspeshës, d.m.th., për $t = 0$ dhe $t = T/2$. Shpejtësia, pra, është e barabartë me zero në pikën ku elongacia është maksimale, d.m.th., oër $t = T/4, 3T/4, 5T/4, \dots$

Nxitimi i pikës materiale gjatë lëvizjes harmonike lëkundëse ka vlerë maksimale $a_0 = \omega^2 A$ që io përgjigjet elongacionit maksimal. Nxitimi është i barabartë me zero kur trupi kalon nëpër pozitën baraspeshë (elongacioni $y=0$).

Përsëri si shembull më të thjeshtë për lëvizjen harmonike lëkundëse ta shqyrtojmë lëkundjen e peshës me masë m të varur në skajin e njëjës spirale elastike.

Sistemi peshë-spirale nën ndikimin e forcës së jashtme F le të realizohet në mënyrë të pozitës baraspeshë. Forca e jashtme është proporcionale me ndryshimin e gjatësisë të spirales, $F = ky$, ku k është koeficienti i proporcionit. Nëse spiralja është më e vrazhdë, koeficienti k është më i madh. Ose për çfarëdo lëkundës harmonik, konstanta k është e njohur edhe si konstante e proporcionit të forcës kthyesë të lëkundës harmonik.

Nëse spiralja zgjatet për ndonjë gjatësi $y = A$ dhe lëshohet, si rezultat i kësaj, si forcë kthyesë e spirales vepron forca

$$F_{ei} = -ky \quad (6)$$

E cila tento ta kthen peshën në pozitë të baraspeshës (pozita $y=0$). Përkatësisht sistemi peshë-spirale fillon të lëkundet rreth pozitës baraspeshë. Shenja minus tregon se forca dhe zhvendosja y gjithmonë forca e ndryshon kahen kur trupi kalon prej pozitës baraspeshë. Forca e cila lëkundet ka vlerë më të madhe kur trupi më shumë është larguar prej pozitës së baraspeshës. Lëvizja lëkundëse është jo e njëtrajtshme e ndryshueshme, te disa faza ajo është e përshpejtuar (kur trupi lëviz nga pozita e baraspeshës), kurse të tjerat e ngadalësuar (kur trupi do të largohet prej pozitës baraspeshë). Sipas ligjit të dytë të Njutnit, madhësia e forcës mund të shkruhet

$$F = ma_y = -ky, \quad (7)$$

Pra nxitimi është:

$$a_y = -\frac{k}{m}y. \quad (8)$$

Me krahasimin e barazimeve (5) dhe (8) fitohet $-\omega^2 y = -ky/m$, përkatësisht:

$$\omega = \sqrt{k/m}. \quad (9)$$

Këtu zhvendosja fillestare prej gjendjes së baraspeshës është amplituda A .

Sipas kësaj që është thënë më sipër për frekuenca e lëkundjeve f_0 , të quajtur frekuenca e vet e lëkundësit harmonik fitohet:

$$\text{përkatësisht } f_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (10)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (11)$$

Prej dy barazimeve të fundit shihet se frekuenca dhe perioda nuk varen prej amplitudës, por varen prej masës së lëkundësit harmonik dhe koeficientit k .

SHEMBULLI 1. Topi me masë $m=200$ g, i përforcuar në spirale me koeficient të elasticitetit $0,2$ kN/m, kryen lëvizje lëkundëse. Sa është moduli i nxitimit kur topi ka zhvendosje 2 cm prej pozitës së baraspeshës?

Është dhënë: $m=200$ g= $0,2$ kg; $k=0,2 \cdot 10^3$ N/m; $k=200$ N/m; $y=2$ cm = $0,002$ m.

Zgjidhje. Me zëvendësimin e vlerave të dhëna te

barazimi $a_y = -\frac{k}{m}y$ te e cila e lëshojmë

shenjën minus kemi

$$a = \frac{k}{m}y = \frac{200 \text{ N/m}}{0,2 \text{ kg}} 0,002 \text{ m} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

SHEMBULLI 2. Të shkruhet barazimi i lëvizjes harmonike lëkundëse nëse moduli i amplitudës $A=0,4$ m, frekuenca rrethore është $\omega=4$ Hz dhe faza fillestare $\varphi_0=\pi/2$

Është dhënë: $A=0,4$ m, $\omega=4$ Hz; $\varphi_0=\pi/2$

Zgjidhje. Me zëvendësimin e vlerave te barazimi $y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ fitohet:

$$y = 0,4 \sin(4t + \pi/2)$$

Pyetje dhe detyra

1. Çka është frekuenca she cila është njësia e saj në SI dhe cila është lidhja ndërmjet frekuencës periodike?
2. Nxirrni barazimin për elongacionin në boshtin. Nëse funksioni $\sin \omega t$ dhe $\cos \omega t$ janë funksione periodike si do ta shkruash elongacionin sipas kT periodave?
4. Shkruaje projeksionin e pikës materiale P i cili gjithashtu bën lëvizje harmonike lëkundëse mbi boshtin X.
5. Prej çka varet konstanta e forcës kthyesë të lëkundësit harmonik kur lëkundësi harmonik është peshë e spirales.
6. Shkruani barazimin e shpejtësisë te pika, që lëkundet te boshti Y.

REZYME

Faza e lëkundjes γ , koha t , perioda e lëkundjes T dhe frekuenca rrethore φ janë të lidhura me :

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi f t = \omega t.$$

- Frekuenca është e lidhur ashtu që të vlejë:

$$f = \frac{1}{T}$$

- Njësia për frekuencën është $1 \text{ Hz} = \frac{1}{1 \text{ s}} = \text{s}^{-1}$.

- Frekuenca rrethore është numër i lëkundjeve për 2π sekonda.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f.$$

- Nëse faza fillestare ka ndonjë vlerë φ_0 , elongacioni është

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

- Frekuenca e vet e lëkundjes harmonike dhe periodës së lëkundjes

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

7.4. ENERGJIA E LËKUNDJES HARMONIKE

Çdo lëkundje harmonike posedon energji. Energjia mekanike e përgjithshme gjatë lëvizjes së lëkundjes është shumë prej energjisë kinetike dhe potenciale. Ato në procesin e lëkundjes periodike shndërrohen në njëra në tjetrën (fig.2).

Të shqyrtojmë, për shembull, trup me masë m që lëkundet i varur në spirale. Trupi në fillim tërhiqet poshtë nën ndikimin e ndonjë force që është e barabartë dhe e kundërt me forcën kthyesë që tenton trupin ta kthen në pozitën e baraspeshës.

Energjia kinetike e pikës materiale me masë m që merr pjesë në lëkundjet harmonike dhe shpejtësia e së cilës v_y është përcaktuar në (2.3) barazimi (2), është:

$$E_k = \frac{1}{2} m v_y^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t) \quad (3)$$

$$E_k = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t) \quad (4)$$

Energjia kinetike ka vlerë maksimale për $y=0$, por vlerë zero për $Y=A$. Është e qartë se të gjitha pozitat e sistemit njëkohësisht do të ketë energji kinetike dhe potenciale.

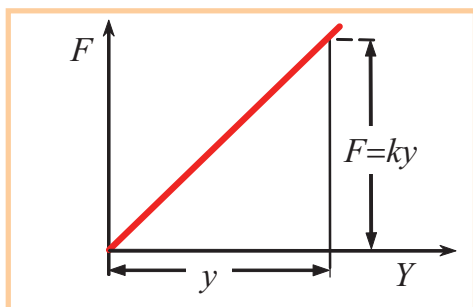


Fig. 1.

Pika materiale e fiton energjinë potenciale në llogari të punës që e kryejnë forcat e deformimeve elastike gjatë zhvendosjes së saj prej pozitës së baraspeshës. Forca nuk është konstante, por me zhvendosjen ndryshon linearisht $F = -ky$. Te fig. 1 është paraqitur forca me të cilën janë

deformuar spiralja sipas ligjit të Hukut është $F = ky$. Nëse spiralja zgjatet për y puna është e barabartë me syprinën e trekëndëshit të formuar me drejtëzën $F=ky$ dhe boshtin Y , duke filluar prej zero deri te y (fig.1),

Pasi puna kryhet në llogari të energjisë potenciale të trupit në fushën e forcave elastike, vijon se energjia potenciale është $E_p = -A$, ose:

$$A = -\frac{ky^2}{2} \quad (1)$$

$$E_p = \frac{1}{2} ky^2 = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t) \quad (2)$$

Sikurse shihet prej barazimit (2) energjia potenciale varësisht prej kohës, ndryshon sipas shenjës së njërit funksion periodik. Megjithatë, energjia potenciale për $y = 0$ ka vlerë zero, $E_p(\text{min}) = 0$, kurse për $y = A$ ka vlerë maksimale $E_p(\text{max}) = kA^2/2$. Energjia mekanike e përgjithshme e sistemi që lëkundet është [shumë e energjisë kinetike E_k dhe energjisë potenciale E_p].

$$E = E_k + E_p = \frac{kA^2}{2} [\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)] = \frac{k}{2} A^2$$

$$E = E_k + E_p = \frac{k}{2} A^2 \quad (5)$$

Prandaj, te sistemi te i cili forcat e fërkit dhe rezistenca e mjedisit mund të eliminohen, energjia mekanike e përgjithshme është madhësi konstante. Ajo me kohën nuk ndryshon dhe varet vetëm prej konstantes së spirales k dhe katrorit të amplitudës.

Kur spiralja do të zgjatet fig. 2 në pikën më të ulët $y=A$, e tërë energjia mekanike është potenciale, trupi do të lëshohet lirshëm të lëkundet, shpejtësia e tij rritet, por me të edhe energjia kinetike për të cilën zvogëlohet energjia potenciale

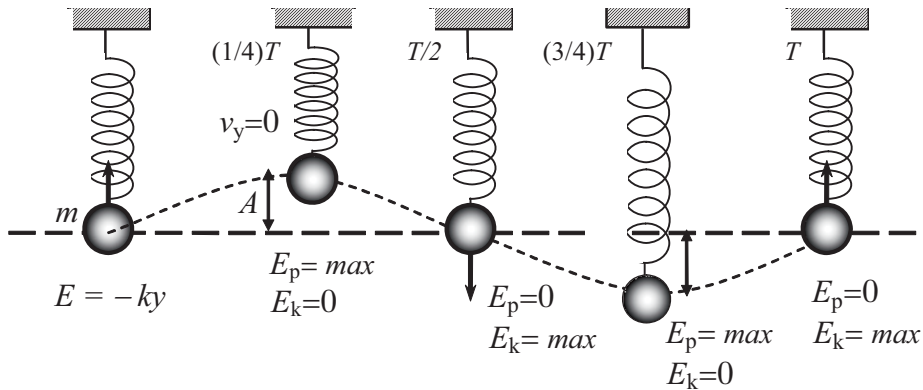


Fig. 2

Te pozita e baraspeshës ($y=0$) gjithë energjia potenciale shndërrohet në energji kinetike. Në atë pikë ka shpejtësi maksimale. Poashtu duke lëvizur trupi e kalon gjendjen e baraspeshës. Spirala mblidhet dhe forca nga ana e spirales do të ngadalëson trupin, kështu ai e humb energjinë kinetike, kurse spirala fiton energji potenciale. Trupi përfundimisht do të ndalet në pikën më të lartë $y=-A$, dhe përsëri energjia mekanike është vetëm energji potenciale. Atëherë forca kthyesë e spirales e përshpejton trupin në kahen e kundërtë, pra energjia potenciale shndërrohet në energji potenciale dhe kështu tërë procesi përsëritet.

(E, y) puthitet me gjendjen e baraspeshës rreth së cilës realizohen lëkundjet harmonike. Këtu $E_p = 0$. Lëvizja është e kufizuar për vlerat e y të kufijt ndërmjet A dhe $-A$ që i përgjigjen zhvendosjeve më të mëdhaja të mundshme prej gjendjes së baraspeshës: Me vijë të plotë është paraqitur lakorja e energjisë potenciale $E_p = ky^2/2$. Largësia prej vijës horizontale deri te lakorja është e barabartë me energjinë kinetike. Vija horizontale i përgjigjet energjisë së përgjithshme

$$E = E_p + E_k = \text{const.}$$

Deri te përfundimet e njëjta për energjinë e përgjithshme do të vijmë edhe te lavjerrësit matematikë, ose cilido të jetë sistem që realizon lëvizje.

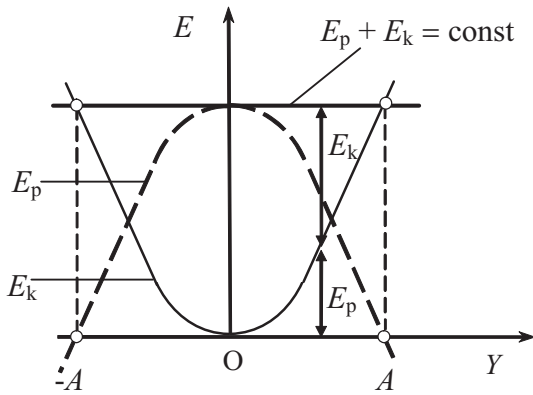


Fig. 3

Te fig. 3. Grafikisht është paraqitur se si ndryshon energjia potenciale, kinetike dhe energjia e përgjithshme te sistemi që lëkundet. Fillimi i koordinatave prej sistemit koordinativ

PYETJE DHE DETYRA

1. Sa është energjia e përgjithshme te sistemi i lëkundjes.
2. Si varet energjia te sistemi i lëkundjeve prej amplitudës?
3. Peshë e varur në spirale është nxjerrë prej pozitës së baraspeshës dhe është lëshuar. Pas sa kohë (pjesë të periodës) energjia potenciale maksimale do të kalon në energji mekanike kinetike?

(Përgjigje : $T/4$)

4. Peshë te spirala me koeficient të proporcionalitetit $k=10^3$ N/m lëkundet me amplitudë 20 cm. Cakto energjinë e tij të përgjithshme.

(Përgjigje: $4 \cdot 10^{-6}$ J)

7.4. LËKUNDJET E NGULFATURA

Te provat e deritanishme supozohej se sistemi që lëkundet nuk ka humbje të energjisë mekanike, pra lëkundja realizohet me amplitudë konstante A . Në kushte reale, përveç forcave elastike dhe kuazielastike, veprojnë edhe forcat e fërkimit ose forcat e rezistencës të mjedisit ku lëkundësi lëviz, pra amplituda e sistemit lëkundës me kohën bie. Kohëzgjatja e lëkundjeve të lira varet si edhe prej madhësisë të humbjeve të energjisë ashtu edhe prej madhësisë së energjisë fillestare të futur.

Paraqitja grafike e amplitudës me kohën është dhënë në fig. 1.

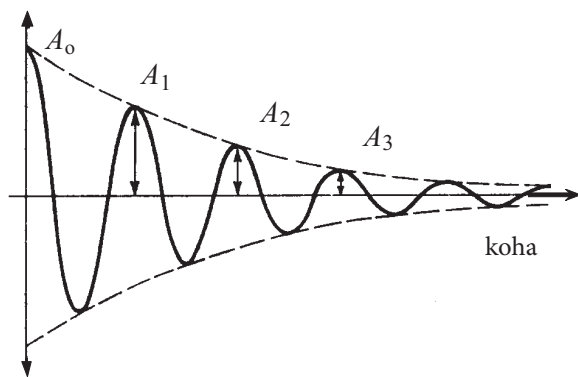


Fig. 1. Rënia e amplitudës gjatë lëkundjeve të ngulfatura

Te lëkundjet mekanike energjia gradualisht kalon në energji të brendshme. Te lëkundësit prej natyrës jo mekanike pjesë e energjisë kalon në të brendshme, kurse një pjesë rrezatohet në afërsi.

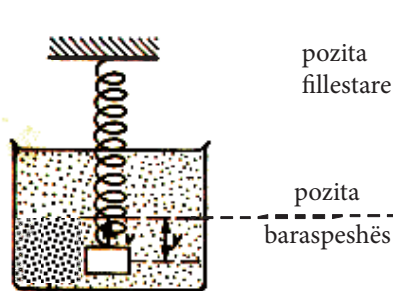


Fig. 2

Në praktik, në vend me koeficientin e ngulfatjes, shpejtësia e ngulfatjes *dekrementi logaritmik i ngulfatjes* ϕ . Ai përkufizohet me logaritmin natyror prej herësit të dy amplitudave të njëpasnjëshme të lëkundjes. Nëse me A_n e shënojmë amplitudën e n lëkundjeve, por amplituda e pasardhëses $(n+1) A_{n+1}$ atëherë:

$$\phi = \ln \frac{A_0}{A} = \ln \frac{A_1}{A_2} \dots = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}}, \quad (1)$$

$$\phi = \ln e^{\delta T} = \delta T$$

Dekrementi logaritmik ϕ është prodhim prej koeficientit të ngulfatjes δ dhe periodes së lëkundjes T .

Koeficienti i ngulfatjes varet prej mesit të cili sistemi kryen lëkundjen dhe prej energjisë së shpenzuar për shkak të elasticitetit të spirales. Për shembull, ngulfatja e sistemit trup-spirale është më e madhe kur ai sistem lëkundet në ujë ose vaj se sa kur lëkundet në ajër (fig. 2).

Te fig. 3 është paraqitur lëvizja e sistemit me vlera të ndryshme të koeficientit të ngulfatjes. Te lakorja (1) sistemi rreth pozitës së baraspeshës së saj lëkundet i ngulfatu. Nëse vlera e koeficientit të ngulfatjes është shumë i madh, lëvizja ngel periodike.

Kur koeficienti i ngulfatjes rritet dhe arrin ndonjë vlerë kritike (lakorja 2), trupi gradualisht afrohet deri te pozita e baraspeshës së vet, por nuk lëkundet.

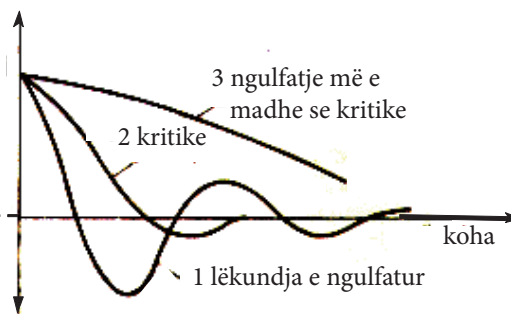


Fig. 3

Sistemi te i cili koeficienti i ngulfatjes e arrin vlerën më të madhe prej kritikes (lakorja 3), ngadalë afrohet nga pozita e saj baraspeshe.

Ngulfatja kritike shfrytëzohet te shumë instrumente matëse të cilat kanë shigjetë, për shembull, voltmetri, ampermetri, shpejtësi-metri, terazi etj. Shigjeta e cila lëkundet ngulfatur, do të lëkundet rreth pozitës së saj përfundimtare, deri sa pra, te sistemi ku ngulfatja është më e madhe se kritikja, do të lëkundet kështu ngadalë, që madhësia e matur mund të ndryshon para se të lexohet.

Për lëkundjet e pangulfatura forca është sikurse tani më që treguam është dhënë në me:

$$F = ma = -ky \quad (2)$$

ku k konstante e proporcionalitetit ndërmjet forcës dhe elongacionit y .

Në rastin kur lëkundjet e ngulfatura, barazimi e merr këtë formë:

$$F = -ky + R \quad (3)$$

ku me R është shënuar forca e fërkimit dhe ndikimi i rezistencës së mjedisit. Kjo forcë më së shpeshti është proporcionale me shpejtësinë v , përkatësisht $R = -rv$, pra sipas kësaj fitohet:

$$F = -ky - rv \quad (4)$$

Në këtë barazim është futur konstanta r që është konstanta e rezistencës. Ai është ligji themelor i dinamikës së lëkundjeve të ngulfatura.

Pyetje dhe detyra

1. Kur krijohen lëkundjet e ngulfatura dhe si bie amplituda mekohën?
2. Prej çka varet se a do të ketë lëkundje periodike të ngulfatur?
3. Kur një lëvizje është aperiodike?
4. Grafikisht paraqite rënien e amplitudës me kohën te një lëvizje të lëkundjes së ngulfatur.
5. Lëkundjet e ngulfatura a janë dhe kur shfrytëzohen?

7.5. LËKUNDJET E NGULFATURA. REZONANCA MEKANIKE

Çdo sistem lëkundës në kushte reale, për shkak të përballimit të forcave të fërkimit, rezistencat e jashtme, kryen lëkundje të ngulfatura. Sistemilëkundës, që të realizon lëkundje të pangulfatura, duhet në mënyrë të kontinuar të pranon energji. Përkatësisht, sistemi mund të realizon lëvizje lëkundëse edhe kur mbi të vepron ndonjë forcë e jashtme e cila në mënyrë periodike ndryshon me kohën. Forca e jashtme harmonike le të jetë me amplitudë F_0 dhe frekuencë f që shkakton lëkundje është dhënë me barazimin:

$$F = F_0 \sin 2\pi f t \quad (1)$$

Kur forca e jashtme harmonike në mënyrë alternative e vazhdon dhe e mbledh spiralen, sistemi krijon *lëkundje harmonike të ngulfatura*.

Sistemet të cilat nuk i nënshtrohen forcave të jashtme periodike, realizojnë *lëkundje të lira*. Frekuenca e sistemit që lirshëm lëkundet quhet *frekuenca personale* f_0 . Ajo varet prej vetive mekanike të sistemit.

Për shembull, kur forca e jashtme harmonike në mënyrë alternative e vazhdon dhe mbledh spiralen, sistemi realizon me zbatimin e forcës së atillësistemi ngulfatet të lëkundet me frekuencën e forcës së dhënë. Amplituda, kurse me të edhe energjia e lëkundjeve të ngulfatura varet prej ndryshimit ndërmjet frekuencës f të forcës së jashtme periodike dhe dhe frekuenca personale f_0 e vet lëkundësit. Sa ndryshimi ndërmjet këtyre frekuencave është më e madhe, po aq amplituda e lëkundjeve të ngulfatura është më e vogël.

$$A = \frac{F_0}{k} \sqrt{1 - (f / f_0)^2}$$

ku $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ është frekuenca personale .

e sistemit trup-spirale, k është konstante e proporcionalitetit.

Kur frekuenca e forcës jashtme harmonike f afrohet deri te frekuenca personale

e sistemit f_0 , amplituda e lëkundjes rritet, njëkohësisht rritet edhe, njëkohësisht rritet edhe energjia. Kur do të arrihet $f - f_0 = 0$, përkatësisht për:

$$f = f_0,$$

amplituda e lëkundjeve të ngulfatura arrin vlerë maksimale. Kjo dukuri quhet **rezonanca mekanike**. $f = f_0$ është rezonanca e frekuencës. Sa do të jetë amplituda e lëkundjeve të ngulfatura shiko prej koeficientit të ngulfatjes δ . Kur koeficienti i ngulfatjes është $\delta \ll 0$ për $f = f_0$, amplituda bëhet shumë e madhe e pafundshme.

Te fig. 1 është paraqitur grafikisht varësia e amplitudës A prej frekuencës për koeficient të ndryshëm të ngulfatjes δ . Prëj figurës shihet se amplituda e lëkundjeve të ngulfatura arrin maksimumin për frekuenca të caktuara të forcës së jashtme harmonike, $f = f_0$. Kjo dukuri quhet **rezonanca mekanike**, kurse lakoret – lakoret e rezonancës.

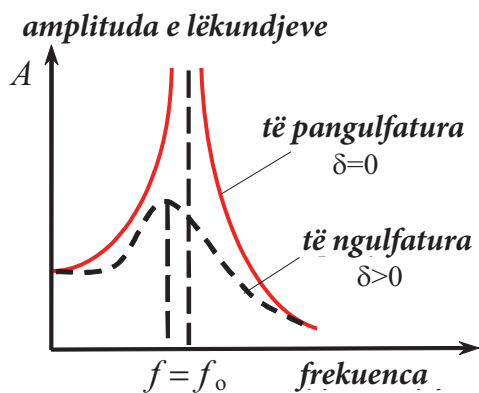


Fig. 1

Zakonisht, trupi ose sistemi që paraqitet si shkak ndonjë sistem lëkundës, quhet *lëkundës*. Lëkundësi i cili e pranon frekuencën e forcës së jashtme periodike në këtë rast është *rezonator*.

Nëse masa e lëkundësit m_0 në krahasim me masën e rezonatorit m_r është shumë më i madh ($m_0 \gg m_r$), veprimi kthyes i rezonatorit nga lëkundësi është po aq i dobët që mundet të eliminohet. Megjithatë, nëse ato kanë masa të barabarta ($m_0 \ll m_r$) vjen në shprehje veprimi kthyes

i rezonatorit. Gjatë rrethanave të këtitlla të bartjes alternative të energjisë lëkundëse prej lëkundësit nga rezonatori dhe, anasjelltas.

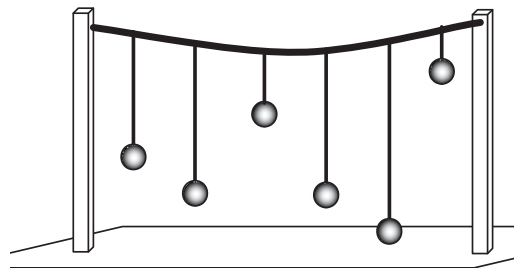


Fig. 1

Dukurinë e rezonancës më së miri mund ta demonstroi në këtë mënyrë: te zorra elastike e hollë prej gome, e përforcuar te skajet, janë varur lavjerësa të barabartë me gjatësi të ndryshme (fig.2).

Fig. 3. Shembull klasik për rezonancën. Shembja e urës nëpërmjet lumit Tokama në vitin 1940.

Nëse cilado prej tyre nxirret prej gjendjes së baraspeshës, lëkundjet i pranojnë vetëm lavjerrësit të cilët janë me gjatësi të barabarta (e dyta dhe e katërta). Për këto dy lavjerrësa thuhet se janë në rezonancë. Pikërisht, lavjerrësit do të jenë në rezonancë vetëm nëse u puthiten frekuencat personale.

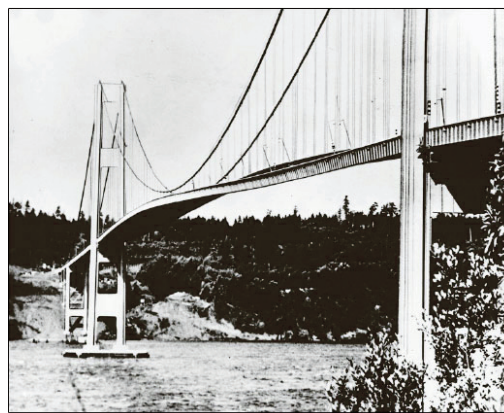


Fig. 3. Shembull klasik për rezonancën. Shembja e urës nëpërmjet lumit Tokama në vitin 1940.

Te fig.3 është paraqitur forografia e urës nëpër lumin Tokama që është shembur prej

valëve rezonant të erërave periodik të cilat kanë kalur nën të.

Rezonancia është karakteristike edhe për të gjitha llojet e valëve. Përveç rezonancës mekanike, ka edhe akustike, elektromagnetike, nukleare-magnetike, rezonancia optike (te te gjeneratorët-laserët e kuantit). Që të fitohet zë i caktuar të telave tingëllor dhe zbrazëtira e gojës janë si rezonator etj.

Lëkundjet e ngulfatura dhe rezonanca gjejnë zbatim të gjerë në akustikë-për përforcuesit e zërit, në radioelektroteknikë - për përforcues të lëkundjeve elektrike etj.

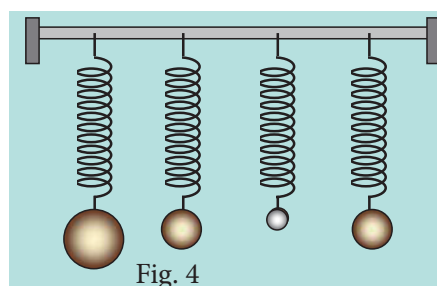
Përveç efekteve pozitive, rezonca mund të ketë pasoja dëmtoese. Prandaj, gjatë konstruksionit të objekteve ndërtoese, ura, makina dhe pjesët e tyre, mbahet llogari frekuenca e tyre personale të mos puthitet me frekuencën e forcave periodike të jashtme. Rezonancia shfrytëzohet edhe për konstruksionin e instrumenteve për matjen e frekuencës së rrymës alternative-frekuencë-metër.

Trupi i njeriut, si tërësi, mund të llogaritet për sistem lëkundës të përbërë. Nëse dihet masa, koeficienti i elasticitetit dhe koeficienti i ngufatjes të organeve të ndryshme, mund të studiohet reaksioni i trupit të njeriut të vibracioneve të ndryshme. Për këltë qëllim shfrytëzohet modeli biomekanikë i njeriut. Çdo element prej sistemit biologjik, si sistem mekanik, ka frekuencë karakteristike të vet personale. Nxitja e atyre frekuencave zakonisht ndodhin te ato frekuenca të mjetet transportuese, nëpërmjet makinave lëkundëse me të cilat punojnë ose nëpërmjet mbështetëses në të cilën qëndron. Për shembull, frekuenca e rezonancës për masën e stomakut është 4-8 Hz.

Lëkundësit me amplituda të vogla prej 3 deri 30 Hz njihen si *vibracione* ose *dridhje*. Vibracionet dëmshëm ndikojnë te njeriut. Është treguar se eshtrat janë përçues të mirë dhe rezonator të vibracioneve. Por, dukuritë e rezonancës gjatë ndikimeve të jashtme të qeta, pasi koeficienti i ngufatjes për sistemin biologjik është shumë i madh, shumë vështirë realizohen.

PYETJE DHE DETYRA

1. Kur ndodhin lëkundjet e ngulfatura?
2. Kur ndodhin rezonanca mekanike?
3. Përveç rezonancës mekanike a ekzistojnë rezonanca tjera edhe te llojet tjera valore?
4. Çka duhet bërë që të pengohet rezonanca e dëmshme?
5. Katër spirale të barabarta janë vendosur në të njëjtën mbajtës horizontal prej gome (fig. 4). Nëse e para zhvendoset prej baraspeshës, dhe duke pasur parasysh barazimi për periodën e lëkundjeve të spiraleve, përgjigjuni cila prej spiraleve do të pranon lëkundje me amplituda maksimale. Topat janë bërë prej materialit të njëjtë. Pse?



Që ta vëreni rezonancën e shembjes së urës Toca-na Narrows shikoni video-klipin

<http://www.youtube.com/watch?v=POFilVcbpAl>

REZYME

-Lëkundjet e ngulfatura mund të jenë periodike (koeficienti i ngufatjes-më i vogël se kritike) dhe periodik (më i madh se vlera e kritike).

-Frekuenca e sistemit që lirshëm lëkundet quhet *frekuenca personale* f .

Rezonanca krijohet nëse frekuenca personale f_0 e lëkundësit puthitet me frekuencën e forcës së jashtme harmonike.

-Përveç efekteve pozitive, rezonanca mund të ketë pasoja të dëmshme.

8.1. DUKURITË VALORE

Shembuj për lëvizje valore ka çdokundi rreth nesh. Nëse te uji i qetë hedhim gur, zona e cila drejtpërdrejt është kontaktuar me gurin fillon të lëkundet, kurse pastaj lëkundja zgjerohet duke krijuar valë nëpër sipërfaqen e ujit. Zëri, gjithashtu, është një lloj i lëvizjes valore. Pranimi i zërit dhe fotografisë te radioja dhe pranuesit televiziv realizohet me valët elektromagnetike. Valët elektromagnetike janë edhe rrezet e dritës, rrezet erentgenit dhe rrezet g.

Varësisht prej natyrës së procesit valor dhe mjedisit nëpër të cilin bartet ekzistojnë: *valë mekanike, elektromagnetike dhe kuantit-mekanik.*

Çka është vala? Si krijohet lëvizja valore? Përgjigjet janë të ndryshme për lloje të ndryshme të valëve.

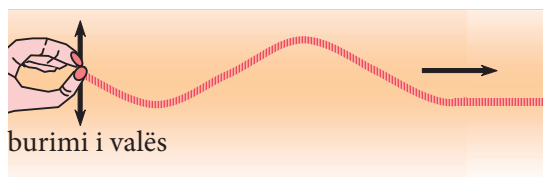


Fig. 1

Shembulli më i thjeshtë që të tregojmë lëvizje valore është nëse marrim një litar të gjatë ose zorrë gome dhe me dorë e lëvizim lartë çposhtë (fig. 1). zgjerimi

Kur në një mjedis material (të ngurtë, të lëngshëm ose të gaztë) gjendet burim të lëkundjeve (ato janë edhe *burimi i valës*) ndërmjet burimit dhe grimcave të mjedisit të materijalit paraqiten forca elastike të vetëveprimit. Nën ndikimin e tyre grimcat e mjedisit janë ngulfatur të lëkunden me frekuencë të barabartë me frekuencën të barabartë me frekuencën e burimit të valës. Kuptohet, së pari do të fillojnë të lëkunden ato grimca prej mjedisit të cilët janë në kontakt të drejtpërdrejt me burimin e valës, kurse grimcat më të largëta vonohen sipas fazës prej paraprake vonohen sipas fazës së valës.

Procesi i zgjerimit të lëkundjeve në hapësirë me kohën quhet *procesi valor, lëvizja valore ose val.*

Gjatë procesit valor grimcat e mjedisit elastik lëkunden rreth baraspeshës, kurse prej njëresë në tjetrën grimcë në hapësirë *bartet vetëm deformimi, kurse me të edhe energjia nga burimi.* Në këtë mund të bindemi nëse te uji i qetë ku ka njëtop ose send tjetër të lehtë hidhni gur. Megjithatë topi lëkundet lartë-poshtë, duke ngelur gati në të njëjtin vend, pa dallim që vala dukshëm është zgjeruar.

Çfarë valë dallojmë dhe se si ato zgjerohen te mjedisi?

Varësisht nga ajo se si lëkunden grimcat e mjedisit elastik të valëve mund të jenë:

- **transverzale** – ato janë valë ku grimcat prej mjedisit material lëkunden normal në kahen e zgjerimit të valës. Valë të atilla janë paraqitur në fig. 2;



Fig. 2

- **longitudinale** – grimcat e mjedisit lëkunden në drejtim i cili zgjerohet vala (fig. 3).



Fig. 3

Si shembull për valën longitudinale është zgjerimi i valës së tingullit në ajër.

Zgjerimi i valëve longitudinale është kushtëzuar prej deformimit voluminoz të mjedisve elastike, pra ato zgjerohen në mjedise të ngurta, mjedise të lëngshme dhe të gazrave. Pasi zgjerimi i valëve transversale është pasojë e llojit të veçantë të deformitetit vetëm për trupat e ngurtë, ato zgjerohen vetëm te trupat e ngurtë. Zgjeri-

mi i valës transversale në mjedisin e materialit njëdimensional grafiki është ilustruar me një varg të grimcave (molekula, atome) në fig. 4.

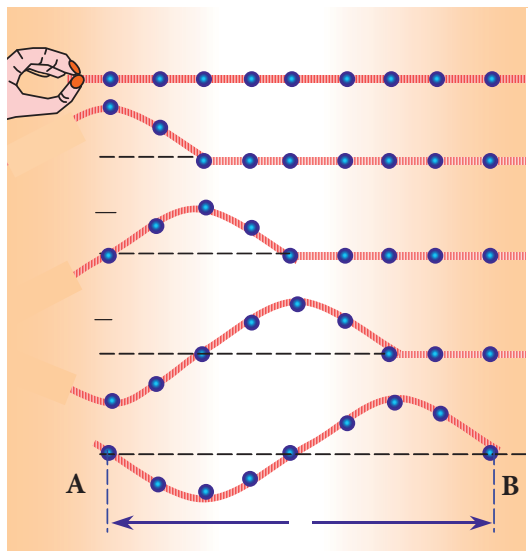


Fig. 4. Zgjerimi i valës transversale.

Në momentin $t=0$, vala le të zgjerohet prej të majtës në të djathtë deri te grimca 1. Ajo fillon lëvizje translatorë lëkundëse duke tërhequr edhe grimcën 2. Kur grimca 1 e arrin largësinë maksimale prej baraspeshës ($t=T/4$), vala zgjerohet deri te grimca 3. Për kohën $t=T/2$, grimca 1 përsëri është në baraspeshë ndërsa grimca 3, duke tërhequr edhe grimcën 4, e arrin elongacioni maksimal. Për atë kohë vala është zgjeruar deri te grimca 5 e cila akoma është në gjendje të baraspeshës. Ky proces vazhdon, ashtu që për kohën $t=3T/4$ grimca e parë është në largësi maksimale prej baraspeshës por në kahun e kundërt prej drejtëzës, kurse vala është zgjeruar deri te grimca e shtatë. Për $t=T$ grimca e parë do të bën një gjysmë lëkundje, kurse për atë kohë lëkundja e grimcave janë zgjeruar deri te grimca 9. Kështu e fillon lëkundjen në të njëjtën kohë kur edhe grimca 1 e fillon periodën e dytë, d.m.th., grimca 9 lëkundet me vonesë kohore prej $t=T$. Ato dy grimca lëkundet në *fazë*, d.m.th., *sinhronike* (ndërmjet tyre ekziston ndryshim fazor 2π).

Rrugën që e kalon reformacioni në mjedisin elastik për kohën prej një periode të lëkundjes së burimit (grimca e parë) është *gjatësia valore*. Zakonisht shënohet me λ .

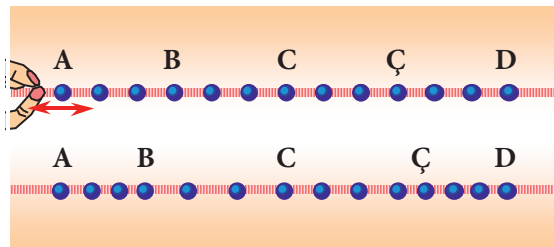


Fig. 5. Zgjerimi i valës longitudinale.

Formimi gradualisht i valës longitudinale prej shumë grimcave (fig.5) mund të sqarohet në mënyrë analoge sikurse te formimi i valës transversale. Erdhe në këtë rast lëkundja e grimcës së parë bartet te e dyta, kurse nëpërmjet asaj te e treta etj. Gjatë lëkundjes, ndryshon vetëm largësia ndërmjet tyre. Vala e atillë te mjedisi shkakton ndryshime periodike të dendësisë (dendësim, i dhe hollimi), të cilët lëvizin në kahe të zgjerimit të valës.

Një pjesë prej hapësirës te i cili të gjithë grimcat janë përfshirë te procesi i lëkundjes quhet *fushë valore*. Kufiri te i cili i ndan grimcat të cilat lëkunden prej atyre që akoma nuk kanë filluar të lëkunden, quhet vala e frontit (latinisht frontis - balli).

Sipërfaqja valore e vendit gjeometrik të pikave të cilat gjatë procesit të valës lëkunden me faza të barabarta.

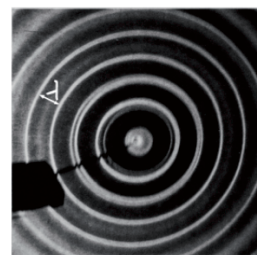


Fig. 6. Vala sferike

Sipërfaqja valore mund të ketë çfarëdo lloj forme, por në rastin më të thjeshtë ajo mund të jetë e rrafshët, sferike ose cilindrike.

Prandaj, te mjedisi homogjen jo i kufizuar dhe izotop, ku shpejtësia e zgjerimit në të gjitha kahet është e njëjtë, vala zgjerohet sipas sipërfaqeve koncentrike qendra e të cilit është në burimin e valës. Valët e atilla janë **valë sferike**, kurse fronti i valës është sipërfaqe sferike. Dimenzionet e burimit të valës së atillë janë të vogla pra mundet të llogaritet se burimi i valës së këtillë është me pika (fig. 6).

Nëse sipërfaqet valore janë rrafshje normale në kahen e zgjerimit të valës, ai është **valë e rrafshët**. Vala e rrafshët në sipërfaqen e ujit mund të fitohet gjatë drishjes së vijës dimenzionet e së cilës janë shumë më të mëdha se gjatësia valore e valës.

Valët mund të jenë *hapësinore, sipërfaqësore dhe njëdimensionale (vijore)*. Nëse lëkundjet e burimit barten nga një prej më parë është konstatuar drejtimi, në këtë rast bëhet fjalë për shpërndarjen e valëve vijore. Valët e atilla zgjerohen, për shembull, sipas gjatësisë së një drejtëte (tel, thupër, litar).

Për paraqitje dhe përshkrim më të thjeshtë të valëve futet koncepti **rreze**. Rreze është vijë tangjente e së cilës në çdo pikë puthitet me kahen e zgjerimit të valës në mjedisin homogjen janë drejtëza normale në frontin e valës. Kahja e rrezeve është përcaktuar me kahen e zgjerimit të valës.

Pyetje dhe detyra

1. Çfarë valë dallohen sipas asaj se si lëkunden grimcat dhe sqaro mekanizmin e krijimit të tyre.
2. Anija, e cila do të gjendet në valën e detit a noton së bashku me valën? Pse?
3. Gjatë procesit valor grimcat e mjedisit elastik lëkunden rreth pozitës së baraspeshës, kurse nga njëra anë grimca tjetër në hapësirë bartet vet?,
4. Pse nuk mundet të fitohen valë mekanike në vakuum. A e dini cilët valë zgjerohen në vakuum?
5. Përmend disa dukuri të cilat kanë karakter valo.
6. Si zgjerohen valët në mjedis të: a) gazta, b) lëngta dhe c) ngurtë.

8.2. BARAZIMI I VALËS SË RRAFSH

Te mjedisi elastik homogjen burimi i valës realizon lëkundje harmonike. Çdo grimcë, deri te e cila ka arritur vala, realizon lëkundje të ngulfatura me frekuencën e burimit. Prej atyre shkaqeve karakteristikat e burimit: **frekuenca f** **perioda T** dhe **amplituda A** anë karakteristikat edhe të valës që krijohet.

Nëse shpejtësia e zgjerimit të valëve është v , për intervalin kohor deri sa burimi bën një gjysmë lëkundje (një periodë T) vala do të kalon rrugën vT , përkatësisht ai ka kaluar largësinë λ të barabartë me:

$$\lambda = vT. \quad (1)$$

λ është **gjatësia valore** e valës. Ajo është largësia më e vogël në kahe të zgjerimit të valës ndërmjet dy grimcave nga mjedisi elastik të cilët lëkunden në fazë.

Prej formulës për gjatësinë valore (1) fitohet edhe shpejtësia e valës:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f. \quad (2)$$

Kur vala kalon prej njërit mjedis në tjetrin, ai e ndryshon edhe gjatësinë valore megjithatë, frekuencën e vet ngel e pandryshueshme.

Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës në mjedisin e parë është më e madhe, do të jetë më e madhe edhe gjatësia e saj valore.

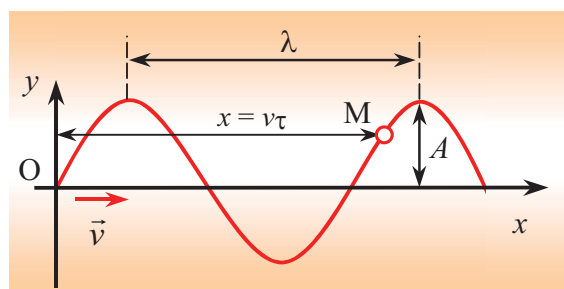


Fig. 1.

Që ta realizojmë barazimin e rrafshët gjatësia e tij valore mjedisi i parë është më i madh, do të jetë

më i madh edhe supozojm se burimi i valës gjendet në fillimin koordinativ O të sistemit kënddrejtë koordinativ dhe realizon lëkundje harmonike. Vala zgjerohet në kahe të boshtit x , kurse grimcat e mjedisit lëkunden në kahe të boshtit y (fig. 1). Me A le të shënojmë amplitudën, me T periodën, kurse me $f=1/T$ frekuencën e valës.

Barazimi i burimit të valës mund të paraqitet me:

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t . \quad (1)$$

Grimcat të cilat janë më larg prej burimit do të fillojnë të lëkunden me ndonjë vonesë në lidhje me burimin, domethënë vonesë fazore. Që të zgjerohet deri te grimca M që është në largësi x prej burimit të valës, duhet të kalon kohë τ . Prandaj barazimi i asaj grimce është dhënë me:

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \tau) . \quad (2)$$

Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës te mjedisi i dhënë material v , kurse koha t e barabartë me $\tau=x/v$, fitohet:

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) \text{ ose}$$

$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{vT} x \right) .$$

duke pasur parasysh se $vT = \lambda$ fitohet:

$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) .$$

Duke e marrë madhësinë $k=2\pi/\lambda$, e cila quhet **numri valor** dhe $\omega = 2\pi/T$ – **frekuenca valore**, barazimi i valës së rrafshët mund të shkruhet edhe në këtë formë:

$$y = A \sin(\omega t - kx) \quad (3)$$

Me kx shprehet ndryshimi fazor ndërmjet lëkundjeve që i realizon pika e larguar për x prej burimit të valës dhe lëkundjeve të burimit të valës.

Pyetje dhe detyra

- Përmend disa dukuri të cilat kanë karakter valor.
- Çka është lëvizje valor, kurse çka është valë?
- Vizatoni lakore për varësinë e elongacionet e lëvizjes valore periodat e të cilave qëndrojnë se 1: 2.
- Me cilat madhësi themelore karakterizohet vala dhe si është lidhja ndërmjet tyre?
- Sipas të dhënave prej figurës 1, cakto shpejtësinë e zgjerimit të valës.

(Përgjigje: 0,3 mis)

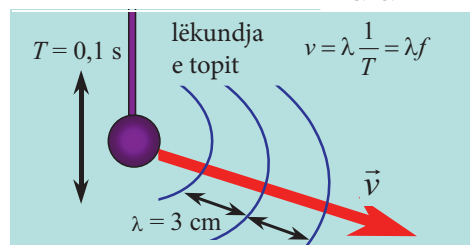


Fig.1

- Sa është shpejtësia e valës longitudoale, që e ka moduli i elasticitetit të Jungut $2.05 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$, dhe dendësi $7.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

(Përgjigje: $v=5193 \text{ m/s}$)

- Barazimi i valës është dhënë me

$$y = 0,1 \cos \left(\frac{\pi}{8} t + \frac{\pi}{4} x \right) \text{ Të caktohet: a) perioda } T,$$

- frekuenca rrethore ω dhe c) gjatësia valore λ .

(Përgjigje: $T=16 \text{ s}$, $\omega = \frac{\pi}{8} \text{ rad/s}$)

REZYME

-Varësisht prej asaj se si lëkunden grimcat e mjedisit të elasticitetit, valët mundet të jenë *transversale dhe longitudoale*.

-Sipërfaqja valore mund të ketë çfarëdo forme, por në rastin më të thjeshtë ajo mund të jetë *rrafshore, sferike ose cilindrike*.

-Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës v , për intervalin e kohës deri sa burimi bën një lëkundje të plotë (T) vala do ta kalon rrugën vT , përkatësisht ai kalon largësinë X të barabartë me $\lambda = vT$, λ -gjatësia valore.

8.3. SUPERPOZICIONI I VALËVE. INTERFERENCA VALORE

Superpozicioni i valëve

Nëse me dy shkopij njëkohësisht e prekim sipërfaqen e ujit, prej çdonjërit prej tyre do të krijohet val rrethor që „do të kalo” nëpër tjetrin, sikurse ky tjetri të mos ekziston (fig.1).

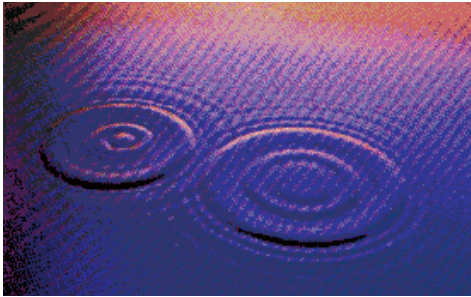


Fig. 1

Ngjashëm shpërndahen valët e zërit, valët e radios ose valët e dritës. Të përkujtohem se nëse dy instrumente muzikore tingëllojnë, na të dy i dëgjojmë pavarësisht njëri prej tjetrit. Domethënë, përvoja dhe eksperimentet na tregojnë se valët e burimeve të ndryshme zgjerohen në hapësirë në mënyrë të pavarur.

Pasi valët nuk vetëveprojnë atëherë çdo pjesë e hapësirës, të cilat zgjerohen dy ose më shumë valë do të merr pjesë në lëkundjet, të shkaktuara prej çdo vale në veçanti. Që të caktohet rezultanta e deformimit, duhet të caktohet deformimi i shkaktuar prej çdo valle, kurse pastaj ajo të mbledhet shpesh në vektorial pasi atë krijohet në drejtime dhe kahe të ndryshme, ose skalare (algjebrike) nëse valëzimet janë orientuar në drejtim të njëjtë. Themi se në hapësirë ka ardhur deri te superpozicioni i valëve.

Duhet të përmendet se ky parim vlen vetëm për valët me intensitete të vogla.

Interferenca e valëve

Nëse vjen deri te superpozicioni i dy valëve me frekuencë të barabarta, që kanë gjatësi valore të barabarta, atëherë gjatë superpozicio-

niot valor mund të krijohet njëra prej shumë dukurive të rëndësishme me të cilën më gjerësisht do të merremi.

Të vendosim në të njëjtin mbajtës dy shkopinj të barabartë dhe mbajtësin ta vendosim mbi instrumentin që do të shkaktonte lëkundje të njëkohësishme të dy shkopinjve që godisin mbi sipërfaqen e ujit. Megjithatë kemi fituar valë rrethore të barabarta të cilat zgjerohen prej burimeve. Si rezultat të dakordimit të dy valëve të këtilla mbi sipërfaqen e ujit, do ta fitojmë figurën të dhënë me vizatimin dhe fotografinë prej fig. 2. Sikurse shihet nuk vjen deri te përforcim i njëkohësishëm i valëzimit të ujit, por fotografia është

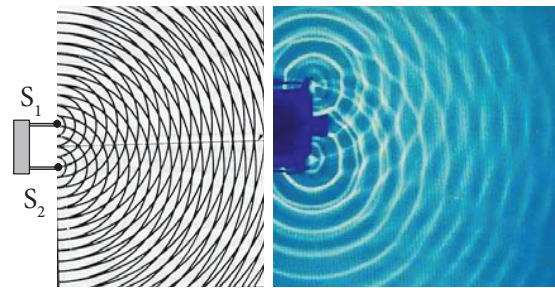


Fig. 2 . Figura dhe fotografia e valëve në ujë.

e ndërlikuar. Në disa vende valëzimi është më i përforcuar, ndërsa ekzistojnë edhe vende kuj uji rrin qet.

Dukuria e dakordimit të dy (ose më shumë) valëzime ku firmohen valëzime me amplitudë kohore konstante në çdo pikë të hapësirës ku valëzimi shpërndahen, quhet **interferenca e valëzimit**.

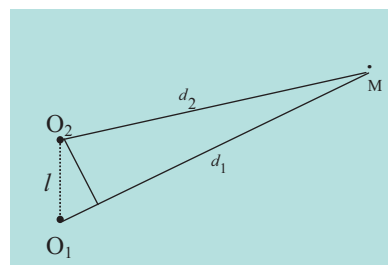


Fig. 3. Të dy burimet gjenden në largësi l njëri prej tjetrit që është shumë e vogël prej largësive d_1 dhe d_2

Do të sqarojmë më detalisht në çfarë kushte mund të krijohet interferenca e valëve. Për këtë shkak do të shërbehemi me vizatimin prej fig. 3. Pyetemi si do të jetë amplituda e valëzimit te pika M prej burimeve O_1 dhe O_2 është në largësi përkatëse d_1 dhe d_2 .

Rezultati i pajtimit të valëve te pika M do të varet prej ndryshimit në fazë që është shkaktuar me ndryshimin e rrugëve Δd . Në kushte kur largësia ndërmjet burimeve është shumë e vogël prej largësisë prej pikës M , $\Delta d = d_2 - d_1$. Nëse kjo largësi është λ , ose 2,3,4 herë më e madhe se λ , atëherë pika M njëkohësisht arrin amplitudën valore maksimale ose minimale.

$$\Delta d = k\lambda \quad k = 0,1,2, \quad (1)$$

Atëherë themi se valëzimet janë në fazë. Në ato vende do të plotësohen kushtet për amplitudat maksimale të valëzimit.

Amplituda e valëzimit te pika e dhënë do të jetë maksimale, nëse ndryshimi i kalimit të rrezeve në të dy valët të cilat e shkaktajnë lëkundjen në këtë pikë është e barabartë me numër të plotë herë sipas gjatësisë valore. Në figurë 4 është dhënë varësia e elongacioneve Y_1 dhe Y_2 të provokuara prej valëve për të cilat është mbushur kushti (1), si edhe rezultanta e elongacionit që, sikurse shihet është rezultat i mbledhjes së elongacioneve Y_1 dhe Y_2 . Prandaj, barazimi (1) e jep formulimin matematikor për kushtin e maksimumit.

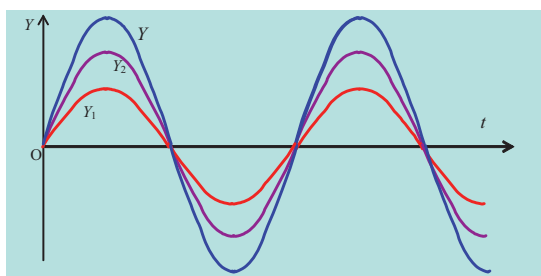


Fig. 4. Y_1 (vija e kuqe) dhe Y_2 (vija vjollcë) janë zhvendosjet (elongacionet) të shkaktuara prej dy valëve ndërmjet të cilave ekziston ndryshimi $\Delta d = \lambda$. Atë herë nuk ekziston ndryshim te fazat dhe zhvendosja fazore Y (vija e kaltër) është dhënë te shuma. Vjen deri te përforsimi i lëkundjes.

Nëse largësia ndërmjet Y_1 dhe Y_2 është njëra $\lambda/2$, ose numër tek $\lambda/2$, atëherë ndërmjet elongacioneve te cilido moment ekziston ndryshim fazor k . Lëkundjet te pikat ku ajo është plotësuar me elongacionin 0, më saktë, atje lëkundje nuk ka (fig.5). Ai është **kusht për minimum**:

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad k = 0,1,2, \dots \quad (2)$$

Amplituda e lëkundjes te pika e dhënë do të jetë minimale, nëse ndryshimi i kalimit të rrezeve prej të dy valëve që i shkaktajnë lëkundjet te pika e dhënë është e barabartë me numër tek të gjysmave prej gjatësisë valore.

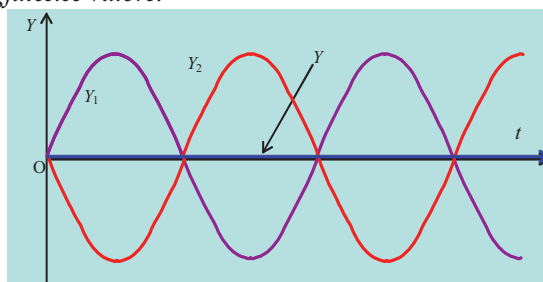


Fig. 5. Ndryshimi i kalimit të rrezeve $\Delta d = \lambda/2$ ose numër tek herë më i madh. Zhvendosja rrezultuese Y është zero. Lëkundjet janë kundërfazore

Kuptohet ekzistojnë edhe pika te të cilat nuk është plotësuar as kushti (1) as kushti (2). Atje amplituda e lëkundjes rezultuese ka ndonjë vlerë e cila gjendet ndërmjet këtyre dy vlerave. Por më e rëndësishme është ajo, se amplituda e lëkundjes edhe në ato pika nuk ndryshon me kohën. Prandaj te sipërfaqja e ujit paraqitet shpërndarje e caktuar të amplitudës së lëkundjes, e cila quhet *fotografia interferuese* (figura 2a).

Interferenca si dukuri paraqitet te të gjitha llojet e valëve: mekanike, tingëllore, radiovalët ose të dritës.

Sqaroni këto koncepte:

- superpozicionin valor;
- valët koherente;
- valët interferuese.

8.4. PRINCIPI I HAJGENS-FRENELIT

Principi i Hajgensit

Numër i madh i dukurive të lidhura me zgjerimin e valëve, refleksioni i tyre, përtsherja etj., mund thjesht të sqarohen nëse njihet fronti i valëve.

Në vitin 1690 fizikani holandez Hajnrih Hajgens ka propozuar një mënyrë të thjeshtë se si të caktohet fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$ nëse e kemi të njohur pozitën e frontit në momentin t .

Hajgens supozoi se çdo pikë prej frontit valor në momentin t paraqet burim sekundar të valës elementare sferike. Fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$ do të jetë anvelopa e përbashkët e këtyre valëve sekundare.

Do ta ilustrojmë iden e Hajgensit nëpërmjet zgjerimit të valës në mjedisin homogjen.

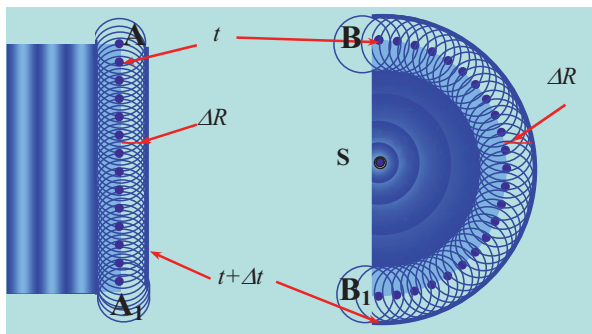


Fig. 1. Projektioni i valës së rrafshët dhe sferike në rrafsh (rrafshi i burimit të valës sferike)

Te figura 1 majtas është dhënë fronti valor i valës së rrafshët AA_1 . Në momentin t , ai paraqet rrafsh. Çdo pikë prej atij rrafshi është burim i valës elementare sferike, kurse anvelopa elementare sferike e këtyre valëve përsëri është rrafsh.

Kjo do të thotë front valor në momentin $(t+\Delta t)$ fitohet largësia ΔR :

$$\Delta R = v\Delta t \quad (1)$$

Në fotografimin e njëjtë djathtas është paraqitur zgjerimi i valës sferike në rrafshin e burimit S.

Atje fronti valor në momentin t është sferë BB_1 , kurse si pikë e saj paraqet burim të valës sferike, anvelopa e tyre e përbashkët përsëri është sferë-fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$.

Burimet sekundare janë koherente

Hajgens është luftëtar i madh për natyrën valore të dritës, por ideja e tij nuk ka qenë e pranuar deri me paraqitjen e fizikanit francez Frenel i cili principin e Hajgensit e ka plotësuar dhe sqaruar. Pikërisht, Freneli vërtetoi, se valëtr elementare sekundare të cilat shtrihen te fronti valor janë koherente. Prandaj fronti valor në cilëndo pikë në momentin pas një kohe Δt fitohet si rezultat i interferencës së valëve sekundare.

Megjithatë, principi i **Hajgens-Frenelit** thotë:

Çdo pikë në hapësirë deri te e cila ka prekur valëzimi (çdo pikë te fronti valor) është burim i valës sekundare elementare, kurse interferenca e valës sekundare e përcakton valëzimin te cilado pikë te e cila vala arrin te momenti vijues.

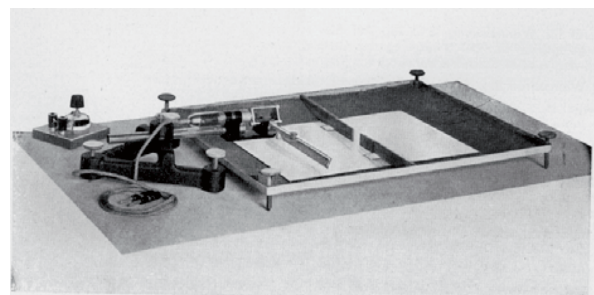


Fig. 2 Aparatura për valët e ujit

Me eksperiment është realizuar në valët e ujit se mund të vërtetohet principi i Hajgens-Frenelit. Në enë të cekët me ujë, në njërin skaj montohet thupër drejtkëndore e cila me ndihmën e motorit lëkundet lartë-poshtë, duke prekur sipërfaqen e ujit (fig. 2). Kështu në sipërfaqen e ijët fitohet val e rrafshët, fronti valor i të cilit këtu janë drejtëza paralele.

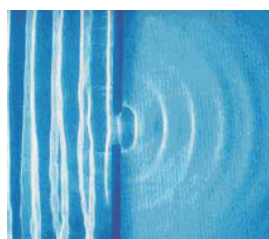


Fig. 3

Në rrugën e asaj vale të rrafshët, paralelisht me frontin valor është vendosur pengesë me hapje të vogël. Është treguar se ajo pjesë e vogël (që mundet ta llogarisim për pikë) bëhet burim i valës elementare sferike. Pas pengesës zgjerohet vala rrethore. Në fotografi prej fig. 3 shihet vala sferike atillë e fituar.

Te pjesa e dytë e principit të Hajgens-Frenelit do ta tregojmë përsëri me ndihmën e valëve në ujë.



Fig. 4

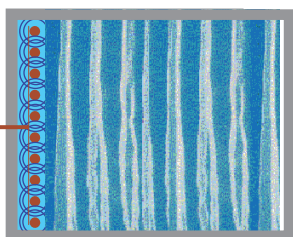


Fig. 5

Te ena e njëjtë me ujë vendosen të lëkundën mbajtësi me shumë shkopinjë (figura 4), ashtu që ato ta prekin njëkohësisht ujin. Çdo shkop paraqet burim të valës sferike, por pasi ato burime janë koherente, valëzimi i tyre interferojnë. Si rezultat i interferencës në një largësi fitohet valë e rrafshët (këtu drejtvizhorisht) (fig. 5).

Sqaroini këto koncepte:
- valët sekondare
- principin e Hajgens-Frenelit

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Bëni eksperiment të këtillë në kushte shtëpiake. Te ena më e gjerë e cekët mbushni ujë. Për atë qëllim mund të shërbej edhe enë e gjerë e zakonshme. Te tehet e enës vëndoni pëlhurë që t'i largoheni, të paktën pjesërisht, refleksionin e valëve prej mureve të enës. Në mesin e enës vendosni dy. Në njërën anë me

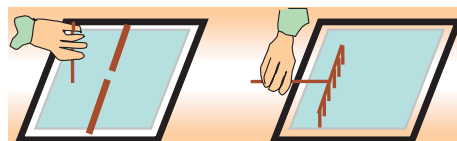


Fig. 6

Fig. 7

shkop të shkurtër prekni ujin në mënyrë ritmike. Çka vëreni pas pengesës? Vizatoni se si duket vala pas hapjes së pengesave.

2. Te ena e njëjtë bëni eksperiment të ngjashëm me atë të dhënë në fig. 5 (fig. 7). Nëse në mënyrë ritmike e lëvizni dorën do të fitoni valë të rrafshët
3. Çka mendoni, nëse si burim që në mënyrë ritmike e prekni ujin, përdorni send me një formë të mbuluar të frontit valor pas pengesës te prova prej figurës 6, a do të ndryshon?

4. Kërkoni në Internet veb faqet: Huygens' principle

1. The Physics of Light: Huygens' Principle

library.thinkquest.org/27356/p_huygens.htm - 14k -

2. Huygens' principle

farside.ph.utexas.edu/~rfitzp/teaching/302/lectures/node135.html

dhe studioni formimin e frontit valor me ndihmën e principit e Hajgens-Frenelit.



Christiaan Huygens (1629-1695) është fizikan dhe matematikan holandez, krijues i teorisë valore të parë për dritë në vitin 1690. Ai i pari e krijoi formulën për lavjerrësin dhe konstruktioi orë me lavjerrës.

Punimet e tij matematikore janë për prerjet konike, cikloida dhe teoria e gjasës. Me përsosjen e teleskopit ai e zbuloi satelitin Saturn Titan dhe tregoi se una e Saturnit e prek sipërfaqen e tij.

8.5. VALËT E QËNDRUESHME

Pulsi valor gjatë refleksionit

Le të marrim zorrë gome dhe me dorë le të prodhojmë vetëm një puls valor (fig. 1). Skaji i zorrës le të jetë përforcuar për ndonjë mur (mjedisi me dendësi më të madhe) (fig.1a). Kur pulsi valor do të arrijë deri te muri, ai prej tij reflektohet. Gjatë këtij reflektimi muri vepron mbi zorrën e gomës, ashtu që pulsi i reflektuar do ta ndryshon kahen e deformimit (fi.1b). Them:

Gjatë reflektimit të valës prej mjedisit më të dendur deri te ndryshimi i fazës së valës për $\varphi = \pi$.

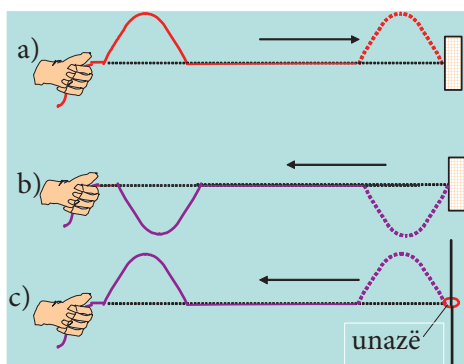


Fig.1. Refleksioni i pulsit valor; a) pulsi arrijë deri te mjedisi i përforcuar; b) pulsi i reflektuar prej skajit të përforcuar lëviz pas, por gjatë refleksionit arrijë deri te humbja e fazës për π ; c) refleksioni i pulsit në rastin e skajit të lirë të zorrës nuk ndryshon faza e valës së reflektuar.

Si pasojë e këtij ndryshimi të fazës nëse vala e dhënë reflektohet prej mjedisit më të dendur çdo pikë prej zorrës është e detyruar të lëkundet nën ndikimin e të dy valëve: ndërhyrës dhe reflektues.

Këto dy valë janë koherente dhe ato ndërferojnë. Ato janë me kahe të kundërt dhe zhvendosin fazore.

Vala e qëndrueshme te teli

Karakteristikat e ndërferencës së fituar

interferenca gjatë refleksionit prej mjedisit më të dendur mundet mirë të vërehen nëse bëhet ky eksperiment.

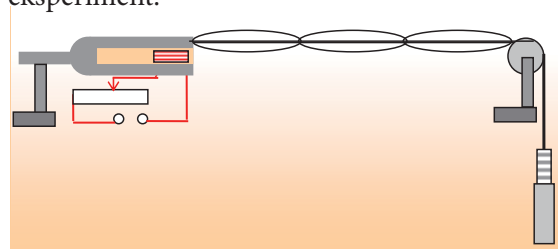


Fig. 2

Në njërin skaj të perit të shtrënguar vendosim pirunë me zë që në mënyrë të ngul-fatur lëkundet nën ndikimin e elektromagnetit (fig.2). Skaji tjetër hidhet nëpërmjet vinçit të palëvizshëm dhe shtrëngohet me peshë ose dinamometër. Frekuenca e kështu e përfutur e pirunit kështu elektromagnetik është 100 Hz.

Pasi peri prej të dy anëve është fortë ilidhur këtu krijohet refleksioni i valës dhe si rezultat te vala paraprake krijohen vala e qëndrimit. Vala e qëndrimitit ka barqe qartë të shprehura-vende ku peri lëkundet me amplitudë maksimale, dhe nyje-vende ku nuk ka kurrfarë lëkundje. Vendpozita e barqeve dhe nyjeve nuk ndryshon me kohën, ato nuk lëvizin për së gjati perit, prandaj valët e këtilla i quajmë valë të qëndrueshme.

Fotografia e valëve të këtilla të fituara të qëndrësës është dhënë në figurë 3.

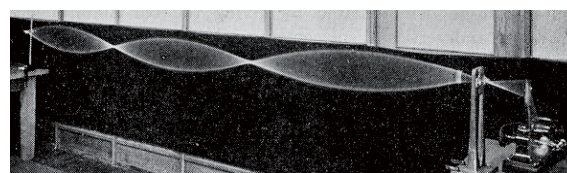


Fig. 3. Barqet dhe nyjet te lëkundja e telit

Eksperimenti tregon se numri i nyjeve dhe barqeve varet prej frekuencës f të lëkundjes, por edhe prej masës së perit në njësi gjatësi μ si edhe prej modulit të forcës së shtrëngimit F . Ajo varësi është dhënë me këtë barazim:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1)$$

Këtu l paraqet largësinë ndërmjet dy nyjeve, ose dy barqeve. Do të tregojmë se ajo largësi i përgjigjet një gjysme të gjatësisë valore, pra ky barazim mund të shkruhet edhe në formë tjetër:

$$v = f\lambda = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1a)$$

ku v është shpejtësia e shpërndarjes së valës. Ky barazim e keni të njohur (shih kapitullin 1.2)

Vetitë e valëve të qëndrueshme

Tani më vërejtëm se vend pozita e nyjeve dhe barqeve nuk ndryshon gjatë kohës. Ajo është e atillë pasi ndryshimi të fazat e lëkundjeve të vendeve të barqeve dhe nyjeve (por edhe në cilëndo pikë) nuk ndryshon me kohën. Ajo varet prej vendpozitës së pikës të peri,

Që ta kuptojmë këtë do të shërbehemi me figurën 4 të e cila janë treguar elongacionet e valës ndërhyrëse dhe reflektuese (i vizatuar me ngjyrë të kuqe) në momente të ndryshme të lëkundjes. Ato dy valë interferojnë dhe krijojnë val të qëndrueshme (ngjyrë e gjelbër).

Prej figurës shihet se largësia ndërmjet dy nyjeve ose dy barqeve është $\lambda/2$.

Prej kësaj fotografie, gjithashtu, shihet se **të gjitha pikat ndërmjet dy nyjeve lëkunden në fazë**, ato njëkohësisht fitojnë vlera maksimale në njëjërë ose kahen tjetër. Gjithashtu, **të gjitha pikat majtas dhe djathtas prej nyjes lëkunden me fazë të kundërta**. Themi se ato janë zhvendosje fazore për π .

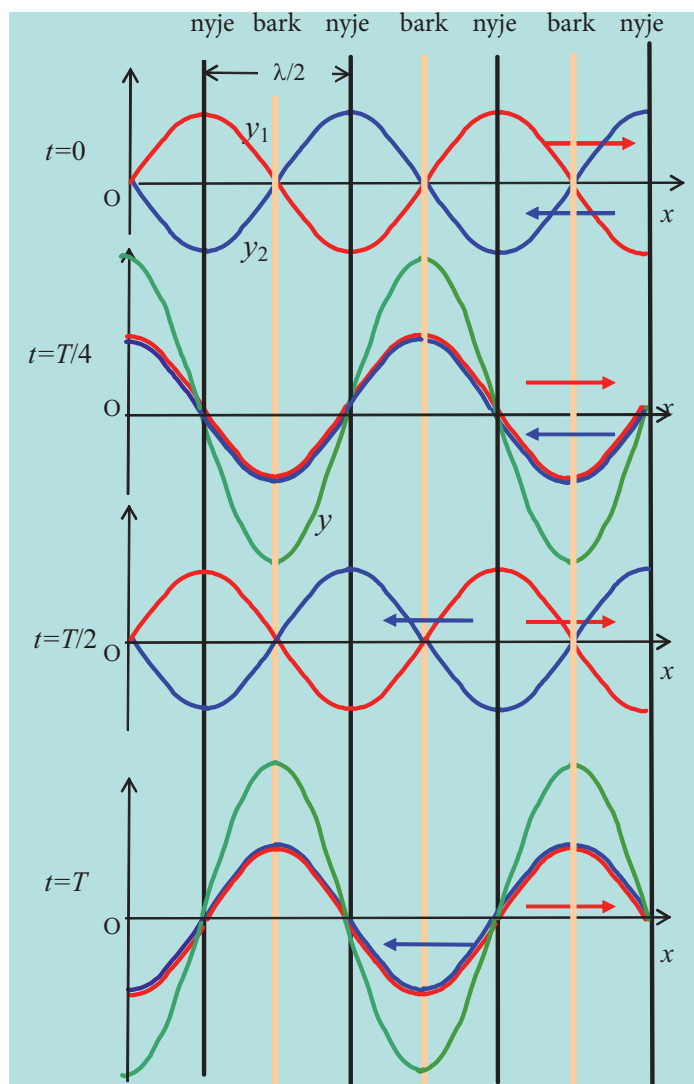


Fig. 4. Lëkundjet të vendeve të ndryshme të telit në kohë të ndryshme. Shihet se në vendet e nyjeve vala ndërhyrëse dhe reflektuese gjithmonë janë me fazë të kundërta. Atje lëkundje nuk ka. Barqet janë vende me amplituda maksimale

Duhet të përmendim se valët e qëndrueshme të teli i dhënë nuk mund të krijohen gjatë çfarëdo frekuce, por vetëm, gjatë disa frekucave të caktuara

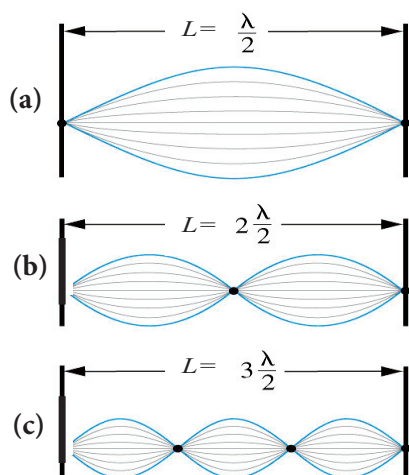


Fig. 5

Nëse e kemi rastin e lëkundjes së telit që është prej të dy anëve i përforcuar, atëherë në të dy skajet detyrimisht krijohen nyje, por ndërmjet tyre një ose më shumë barqe (fig.5). Largësia ndërmjet dy nyjeve është $\lambda/2$. Domethënë gjatësia e telit L mund të krijohen vetëm numër i plotë i gjysmave prej gjatësisë valore

$$L = m\lambda/2 \text{ ku } m=1,2,3,\dots$$

Ta shprehim gjatësinë [valore nëpërmjet shpejtësisë v dhe frekuencës f : $\lambda = \frac{v}{f}$ do të kemi:

$$f = m \frac{v}{2L} \quad (m = 1,2,3,\dots) \quad (2)$$

Kështu e fitojmë relacionin të ashtuquajtur frekuenca personale, themelore (për $m=1$) dhe më të lartat frekuenca-harmonike.

Te valët e qëndresës, për dallim prej atyre që lëvizin, nuk vjen deri te bartja e energjisë. Të dy valët që lëvizin në kahe të kundërt bartin sasi të barabarta të energjisë, kështu së bashku me lëvizjen e tyre arrihet deri te bartja e kaheve të kundërta. Energjia e lëkundjes të të gjitha pikave ndërmjet dy nyjeve ngel e pandryshueshme. Te vala ideale e qëndresës vjen deri te shndërrimi i energjisë kinetike në energji potenciale dhe anasjelltas.

Valët e qëndresës mund të krijohen te të gjitha llojet e valëve: Te valët e ujit, te valët e zërit burimet e radiovalëve – antenave etj. Te valët e ndriçimit si rezultat i valëve të qëndresës fitohen të ashtuquajturat holograme me shtresa të trasha (fotografi tredimensionale të sendeve të cilat mund të shihen edhe me burimet e dritë së zakonshme të dritës së bardhë).

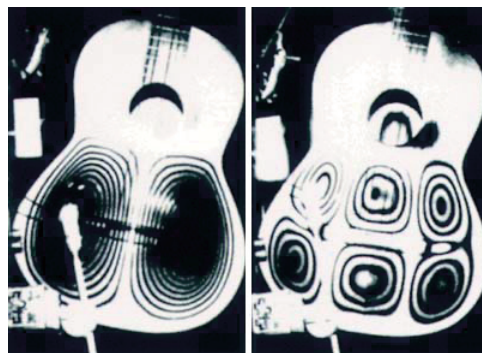


Fig. 6 Valët e qëndresës së kutisë së drurit të kitarës.

Lëkundjet e telave te instrumentet me tela kanë formën e valëve të qëndresës. Poashtu përveç frekuencës themelore madhësia e së cilës është përcaktuar me relacionin (1) gjatë lëkundjes së telit prodhon edhe frekuenca të cilat janë numër plotë herë më e lartë dhe të cilat quhen harmonika-obertit. Kështu vibracionet e instrumentit të dhënë nuk janë lakore sinusoidale, por thjesht lakore lëkundëse shumë të ndërlikuara. Megjithatë, tregon se ato lakore mund të paraqiten si rezultat i radhitjes së lëkundjeve të cilat kanë formën e sinusoidës.

Duhet të përmendet se te përfitimi i vaëve të tingullit të instrumenteve rol të rëndësishëm ka edhe kutia e rezonancës te e cila krijohen valë ajrore, por edhe kutia e drurit te e cila gjithashtu krijohet valë e qëndresës (fig. 6).

Sqaronmi këto koncepte:

- vala e qëndresës
- nyje
- bark
- frekuenca personale
- harmonike

8.6. BARAZIMI I VALËS SË QËNDRESËS

Nëse në kahen e zgjerimit të valës e vendosim e boshtin e absisë x kurse me y i shënojmë elongacionet e valës, atëherë vala ndërhyrëse (y_1) dhe vala e reflektuar (y_2) mund të paraqitet me këto barazime:

$$y_1 = A \sin(\omega t - kx) \quad (3)$$

dhe
$$y_2 = A \sin(\omega t + kx + \varphi) \quad (4)$$

Këto janë lëkundje në largësi x prej burimit të lëkundjes frekuenca rrethore e së cilës është $\omega = 2\pi f$, kurse $k = 2\pi/\lambda$ është numri valor. Barazimi (4) është për valën reflektuese, shpërndarja e së cilës është në kahen e kundërt prandaj para x te barazimi (3) duhet të qëndron shenja „-“. Gjithashtu, pasi bëhet fjalë për refleksionin këtu vjen deri te krijimi i ndryshimit fazor shtues φ . Nëse supozojmë se vala reflektohet prej mjedisit më të dendur, sikurse treguam $\varphi = \pi$, pra për barazimin e valës së rezultantes fitohet si:

$Y = Y_1 + Y_2 = A \sin(\omega t - kx) + A \sin(\omega t + kx + \pi)$
Nëse zbatohet relacioni themelor trigonometrik për shumën e dy sinuseve prej dy këndeve kemi:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

për barazimin e valës qëndresë do të kemi:

$$y = 2A \cos\left(kx + \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = 2A \sin kx \cos \omega t \quad (5)$$

që mund të shkruhet sikurse

$$y = B \cos \omega t$$

ku
$$B = 2A \sin kx \quad (6)$$

është amplituda e valës së qëndresës. Sikurse shihet ajo varet prej koordinatës x . Vendet e nyjeve i gjejmë kur është $B=0$. Prej barazimit (6) ato janë vendet për të cilët: $kx = m\pi$, ku $m = 0, 1, 2$. Duke pasur parasysh se $k = 2\pi/\lambda$, për koordinata e nyjeve fitohet:

$$x_{\text{jazol}} = m \frac{\lambda}{2} = 2m \frac{\lambda}{4} \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (7)$$

Vendet e barqeve fitohen atje ku $B = \pm 2A$; shenja negative te amplituda tregon se gjatë kalimit nëpër nyje faza e valës së qëndresës ndryshon në kundërfazë. Pra pasi, sipas (6)

$$\sin kx = \pm 1, \text{ vijon } kx = (2m + 1) \frac{\pi}{2} \text{ përkatësisht}$$

$$x_{\text{mev}} = (2m + 1) \frac{\lambda}{4} \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

Prej relacioneve (7) dhe (8) shihet se largësia ndërmjet dy nyjeve ose dy barqeve është saktë $\lambda/2$.

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Sa duhet të jetë forca e shtrëngimit të telit prej të dy anëve të përforcuara, nëse ai është i ngacmuar me pirun elektromagnetik (100 Hz) që të fitohet vetëm një bark. Teli është bërë prej materialit me dendësi 7 g/cm^3 , me prerje tërthore prej 1 mm^2 dhe gjatësi prej 1 t. (Përgj: 280 N)

2. Sa është gjatësia valore dhe shpejtësia e zgjerimit të valës te teli nga detyra paraprahe? (Përgj: $\lambda = 2m$; $v = 200 \text{ m/s}$)

3. Largësia ndërmjet dy nyjeve të valës së qëndresës së krijuar prej pirunit tingëllues në ajër është 40 cm. Sa është frekuenca e pirunit nëse dihet shpejtësia e ajrit $v = 340 \text{ m/s}$?

(Përgjigje: 425 Hz)

4. A keni vërejtur se si violinistët i akordojnë violinat e tyre? Sqaroni!

5. Nëse kitara gjendet te mjedisi me tjetër temperaturë, ajo duhet të akordohet, pse??

Kërkoni në internet veb faqet:

Standing Waves

I. Formation of Standing Waves

www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/Class/waves/u10l4b.html dhe

www.cord.edu/dept/physics/p128/lecture99_35.html - 16k - 17 Mar 2003

dhe vëreni simulimin e valëve të qëndrimit.

8.7. DIFRAKSIONI I VALËVE

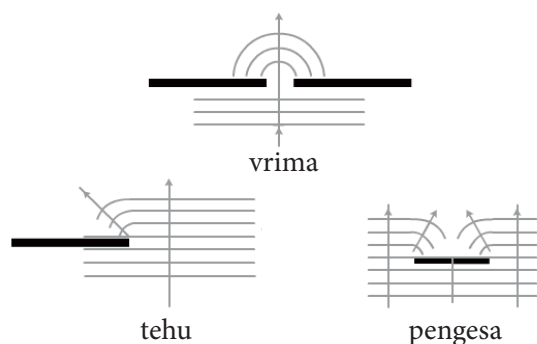


Fig.1. Difraksioni i valës së rrafshët

Dukuria e difraksionit krijohet kur vala kalon në kufirin e një pengese, ndonjë vrimë ose objekt. Asnjë veti nuk ndryshon gjatë paraqitjes së difraksionit përveç drejtimit të zgjerimit të valës (fig.1). Gjatësia valore, frekuenca, perioda dhe shpejtësia janë të njëjta para dhe pas dukurisë së difraksionit. Ajo mundet të vërtetohet edhe të eksperimentohet.

Me ndihmën e pllakës drejtkëndore dhe elektromotorit të shkaktojmë krijimin e valëve të rrafshta në ujë (si te fig.2) dhe në rrugën e tyre të vendosim pengesë me vrimë dimensionet e të cilës do t'i ndryshojmë (figura 2). Nëse është vrima me dimensione të vogla ose e rendit të madhësisë së gjatësisë valore do të fitohet valë rrethore (fig. 2a).

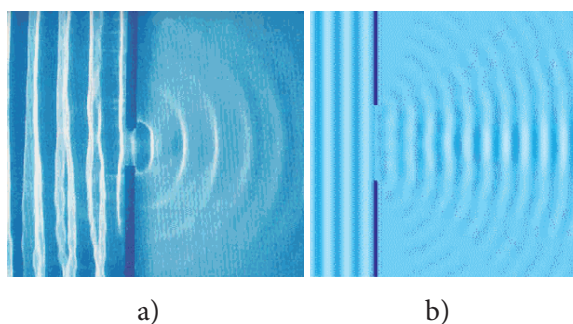


Fig.2.

Por nëse vrimën e pengesës e zmadhojmë (fig. 2b) do të vërejmë se deri te lakimi i frontit valor do të vjen vetëm nëse skajet e vrimës, deri sa te pjesa më e madhe të frontit valor do të jetë vijë e drejtë.

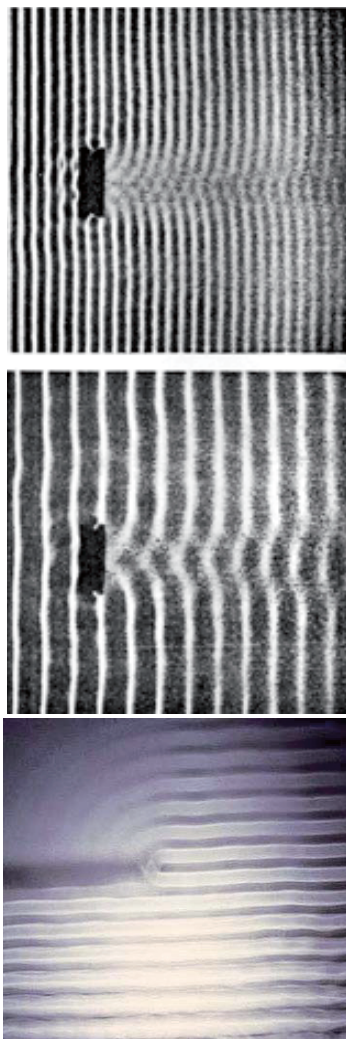


Fig. 3.

Edhe te pengesat v ërehet dukuria e lakimit të frontit valor.Nëse në rrugën e valëve në ujë vëndohet pengesë e vogël , dimenzhionet e të cilës janë të krahasueshme me gjatësinë e valës, fronti valor do të deformohet (fig.3 lartë dhe në mes) por jo shumë.

Nëse pengesa është shumë me dimensione të

mëdhaja, valëzimi pas pengesës nuk do të ketë, por vetëm te tehet do të vjen deri te lakimi i frontit valor (fig. 3 poshtë).

*Dukuria e lakimit të frontit valor gjatë kalimit nëpër vrimat me dimensione të vogla, të krahasueshme me gjatësinë valore të valës, ose te tehet, quhet **difraksioni valor**.*

Dukuria e difraksionit valor sqarohet me principin e Hajgens-Frenelit. Valët sekondare të vrimës së ngushtë prej figurës 2a, interferojnë, numri i tyre është i vogël, ashtu që rezultati i interferencës është krijimi i valës të ngjashme me sferik

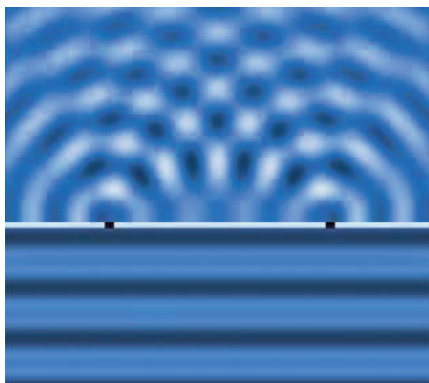


Fig. 4.

Te figura 4 është dhënë fotografia e difraksionit të dy vrimave të vendosur në rrugën e valës së rrafshët në ujë. Shihet se valët pas vrimave interferojnë, ngjashëm sikurse që interferojnë dy burime të pavarur.

Difraksioni i valëve pas pengesave paraqitet edhe te tingulli. Çdonjëri din se mundet të dëgjon muzikë nga radio nga dhoma fqinje edhe pse nuk e sheh radion.

Difraksioni i valëve, gjithashtu sikurse edhe interferencioni është tipik për të gjitha llojet e valëve.

Po, kushti themelor që të vërehet ky fenomen është se vrima, ose pengesa te e cila hasëm valën duhet

të jenë me madhësi të krahasueshme, ose më e vogël prej gjatësisëvalore që ndërhyjnë

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaroni çka është difraksioni valor.
2. Cilat kushte duhet të jenë të plotësuara që të arrihet difraksioni valor?

3. Në veb faqen

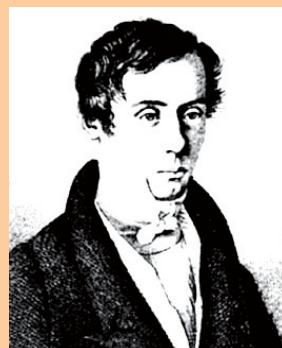
<http://www.smeter.net/propagation/images/wave-diffraction-2.gif>

vëreni simulimin e dukurisë së difraksionit të dritës he studioni.

Sqyroni këto koncepte

- Difraksioni i valës me teh të mprehtë
- Difraksion valor me vrimë të vogël
- Difraksioni me dy vrima.

Pak histori



O. Frenel (**Augustin Fresnel, 1788-1827**) është fizikan francez i dëgjuar. Freneli i vendosi bazat e optikës valore bashkohore. Duke plotësuar principin e Hajgensit me ide se valër sekondare interferojnë ai e ka dhënë edhe teorinë matematikore për difraksionin e dritës. Edhe transversaliteti i valëve të dritës së pari ka qenë e vërtetuar nga ai. Formulatat e Frenelit për amplitudën dhe fazën e reflektimit dhe të përthyerjes së dritës nuk e kanë humbur rëndësinë edhe sot.

8. 8. VALËT E ZËRIT

Fushat e zërit, përkatësisht krijimi, zgjerimi dhe mënyra sipas së cilës pranohet tingulli mësohet në fushën e veçantë të fizikës-**akustika**.



Valët e zërit janë valë mekanike me frekuencë prej 16 deri 20000 Hz. Konstruksioni fiziologjik i veshit te njeriu është e atillë që nuk është e aftë t'i regjistrojë tingujt me frekuencë $f < 16$ Hz, d.m.th., **infrazëri** dhe tingujt me $f > 20000$ Hz -**ultrazëri**. Megjithatë, ekzistojnë gjallesa të cilat e dëgjojnë ultrazërin dhe infrazërin.

Në rastin e përgjithshëm, çdo trup që është i aftë të lëkundet te intervali i frekuencës së theksuar, mund të jetë burim i zërit.

Ekzistimi i valëve të zërit më së lehti mund të konstatohet me veshin tonë. Ajo është më lehtë kur ekziston rezonancë e valëve të zërit. Për këtë qëllim bëni këtë provë:

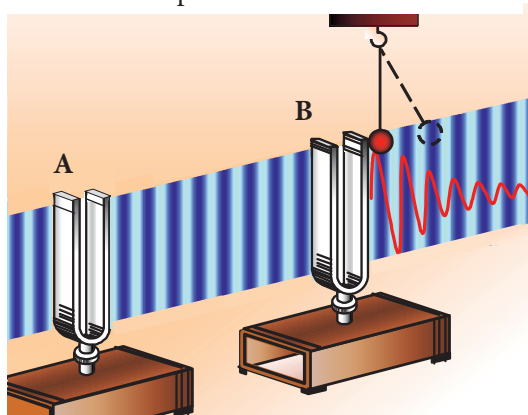


Fig. 1.

Merrni dy piruna tingëlluese A dhe B të cilat lëkunden me frekuencë të barabarta (fig. 1). Kutitjat e tyre të rezonancës vëndoni një rënë përballë tjetrës, kurse largësia ndërmjet tyre le të jetë rreth gjysmë metër. Top të vogël vendosni ashtu që lehtë ta prekni njërin skaj të pirunit B. Me çekiç gome shkaktoni (goditni) pirunit A.

Vëreni: topi i lavjerrësit fillon dukshëm të hidhet.

Edhe pse pirunit B nuk e kemi goditur, ai përsëri fillon të lëkundet. Lëkundjet e tingullit të lëkundjeve të pirunit A krijojnë ndryshime periodike të shtypjes dhe dendësisë të ajrit që arrijnë deri te piruni B dhe e ngulfat të lëkundet. Themi, ndërmjet dy të dy pëirunave ka vepruar **rezonanca e tingullit**. Megjithatë, nëse njërit krahe të pirunit i shtohet copë metali, me të cilën do të ndryshon frekuencën, kushtet për rezonancën nuk do të plotësohen. Lëkundjet te piruni i dytë janë të dobëta, pra praktikisht dhe nuk dëgjohet ton.

Këto ndryshime të lëkundjeve të shtypjes dhe dendësisë te mjedisi material krijojnë sipas rregullave që vlejnjë për valët e mekanikës.

Te lëngjet dhe gazrat tingulli zgjerohet vetëm si valëlongitudinale. Te mjediset e ngurta elastike tingulli mund të zgjerohet edhe si valëlongitudinale edhe si transversale. **Në vakuum nuk ekzistojnë kushte për zgjerimin e valëve akustik.**

Karakteristikat themelore për tingujt valor

Tingujt që çdo ditë i dëgjojmë janë të llojllojshëm. Ndërmjet tyre shumë qartë dallohen **tonet muzikore** prej **zhurmave**.

Prej çka dallohen tonet muzikore prej zhurmave dhe çka është ajo që e shkakton llojllojshmërinë që ekziston ndërmjet toneve të ndryshme muzikore?

Tingullin që e prodhon burimi i cili realizon lëkundje harmonike quhet tingull i pastër ose vetëm ton. Karakteristikat themelore fizike të valëve të tingullit të cilat regjistrohen me organin për dëgjim janë: **lartësia, ngjyra dhe niveli i tingullit**.

Lartësia e tingullit është e përcaktuar me frekuencën. Të nxitur nga lëkundjet e pirunit me frekuencë të ndryshme, japin tinguj të ndryshëm sipas lartësisë. Frekuencë sa është më e madhe, më e madh është edhe lartësia. Çdonjërit prej tingujve të shkallës muzikore përgjigjet saktë freku

encë e caktuar. Kështu, për shembull, tingulli A (la) e ka frekuencën prej 440 Hz. Frekuenca e tingullit që është për oktavë më e lartë, është dyfish më e madhe se frekuenca e të parit dhe është 880 Hz. Madhësia akustike e tingujve ndahen në 10 intervale. Intervali i lartësisë së tingujve raporti i të cilëve të frekuenca të skajshme është dy herë më e madhe quhet oktava (e para: 16:32; e dyta: 32:64 etj.).

Instrumentet muzikorte ose telat me tingull krijojnë tinguj të ndërlikuar të cilët mund të tregohen si shumë e lëkundjeve harmonike frekuencat e të cilave janë vlera numra të plotë prej frekuencës më të vogël. Tingulli i asaj frekuence më të ulët (gjatësi valore më të madhe) njihet si tingulli *themelor* (i thjeshtë) ose *tingulli i parë harmonik*, kurse të tjerët janë *tingujt më të lartë harmonik (oberton)*.

Ngjyra e tingullit është karakteristikë specifike sipas të cilës dallohen burimet e tingujve. Ngjyra e tingullit prej llojit dhe numrit të tingujve më të lartë harmonik.

Tingujt muzikor prej instrumenteve të ndryshme tingëllojnë një lloj, edhe pse kanë lartësi të njëjtë. Për shembull, të njëjtë sipas lartësisë së tingujve prej violinës dhe pianos dallohen. Frekuencat personale të telave varet prej shumë faktorëve: masa, gjatësia dhe forca e shtrëngimit (shiko frekuencën personale).

Zhurmat janë rezultat i shumë lëkundjeve të ndërlikuara, jo periodike dhe sipas amplitudave dhe sipas frekuencës. Zhurmat nuk mund të zbërthehen në komponente të thjeshta harmonike. Zhurma e fuqishme dhe kohëzgjatje të shkurtër është i njohur si *zhurmë*. Të atillë janë, për shembull, ekolozi të ndryshme, thyerje xhamash etj.

Intensiteti dhe volumi i zërit

Përveç frekuencës, fuqia objektive (intensiteti) është njëri ndër parametrat me të cilët karakterizohet zëri.

Intensiteti ose *fuqi* I e valës së zërit definohet në të njëjtën mënyrë sikurse intensiteti i çdo vale. Ajo është energjia E e valës së zërit që bartet në njësi të kohës t , nëpër njësi të syprinës S të sipërfaqes të vendosur normalisht në drejtim të zgjerimit të valës, d.m.th.,

$$I = \frac{E}{St} = \frac{P_{mes}}{S}, \quad (1)$$

ku $P_{mes} = \frac{E}{t}$ është fuqia mesatare. Intensiteti I i valës së zërit shprehet me njësi:

$$\frac{J}{m^2 \cdot s} = \frac{W}{m^2}.$$

Intensiteti i zërit si karakteristikë energjetike është proporcionalisht me katrorin e amplitudës të shtypjes që krijohet.

Zëri intensiteti i të cilit është marrë se njësia $I_{max} = 1 \text{ W/m}^2$ shkakto dhembje të veshi i njeriut. Për shembull, tingull të atillë dëgjojmë prej motorit të aeroplanëve të shpejtë në largësi prej 5 m. Tingulli me dhjetë herë intensitet më të madh (10 W/m^2) nuk e dëgjojmë, kemi vetëm ndjenjë për dhembje.

Intensiteti maksimal i zërit që veshi e regjistron me ndjenjë të dhembjes, quhet *kufiri i dhembjes* ose *kufiri i sipërm i dëgjimit*.

Vlera minimale e intensitetit të valës së zërit që shkakton ndjenjë për dëgjim të frekuencës së dhënë është *pragu i dëgjimit*. Ky prag për frekuenca të ndryshme është i ndryshëm. Për shembull, gjatë frekuencës prej $f=1000 \text{ Hz}$ është $I_{min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Gjatë vlerësimit *subjektiv* të intensitetit me organet për dëgjim në vend të intensitetit fuet *niveli i volumit të zërit* ose vetëm *volumi*. Kështu niveli i volumit L për çfarëdo intensitet I caktohet me barazimin:

$$L = k \log \frac{I}{I_{min}}, \quad (2)$$

ku k është konstante; I është intensiteti i zërit; $I_{min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ është intensiteti i zërit referent-pragu i dëgjueshmëris për frekuencën $f=1000 \text{ Hz}$.

Kur do të merret $k=1$ niveli i volumit, shprehet me njësinë bel (B), por kur $k=10$, ky nivel shprehet me dhjetë herë njësi më e vogël-decibel (dB). Te këto njësi zëri më i qetë, pragu i dëgjimit, ka volum 0 dB.Për intensitetin e zërit që shkakton ndjenjë të dhembjes niveli maksimal i zërimit është 120 dB.

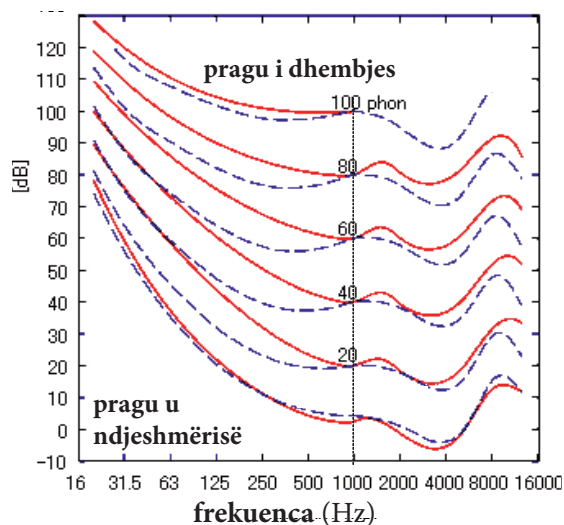


Fig.2. Krahajimi i lakoreve të reja të volumeve të barabarta (ISO 226 prej vitit 2003.-vija e plotë) dhe Fletcher-Manson lakoret (prej vitit 1923-e ndërprerë). Ndryshimi të rëndësishme të lakoret ekzistojnë të frekuencat e ulëta.

Te fig. 2 janë paraqitur lakoret të volumit të barabartë të cilat tregojnë se pragu i dëgjimit ndryshon me ndryshimin e frekuencës, kurse kufiri i dëgjimit është më i dobët. Sipërfaqja ndërmjet pragut të dëgjimit dhe kufiri i dhembjes quhet *fusha e dëgjimit*.

Prej grafikut të fig. 1 shihet se ndërmjet 2 dhe 4 kHz veshi është më i ndijshëm, ndërsa gjatë frekuencave më të larta dhe më të ulëta ndjeshmëria është më e vogël. Për shembull, në 100 Hz pragu i ndjeshmërisë është afërsisht 10 W/m^2 , që është 104 herë më i madh intensiteti për frekuencën prej 1000 Hz.

Intensiteti i zërit dhe volumit prej shkaktesëve të ndryshëm të zhurmës janë paraqitur te tabela 1.

Tabela 1. Krahajimi i njësive subjektive dhe objektive për zërin

BURIMET E ZËRIT	L (dB)	I (Wm^2)
pragu i ndjeshmërisë (largësia 1 m)	0	10^{-12}
përshpëritje (largësia 1 m)	20	10^{-10}
bisedë e zakonshme	40	10^{-8}
rruga mesatare profitore	60	10^{-6}
të folurit mme zë, komunikacioni	70	10^{-3}
rrugë profitore,	90	10^{-3}
sirenë automobili	100	10^{-2}
aeroplan i shpejtë (largësia 10 m)	120	1

Jeni pyetur pse muret te salla e operës janë mbuluar me pëlhurë, ose si është hapësira mbi të cilën është vendosur bina? Nëse apsorpcioni i zërit nuk është i madh refleksioni i zërit në hapësira të mbyllura mund të jenë shumëkatëshe. Kjo dukuri quhet *reverberacion*. Prandaj gjatë konstruksionit të sallave të koncerteve, teatrove, auditoriumeve etj., duhet të jenë të mbushura kushtet për fitimin e kohës optimale për reverberacionin - paszërimi.

Shpejtësia e zërit varet si prej vetive të mjedisit nëpër të cilën kalon, kështu edhe prej temperaturës.

Edhe për valët me zë vlejnjë formulat për shpejtësinë e valëve transversale dhe longitudinale. .

Shpejtësia e zërit gjatë zgjerimit të mjedisit i gazrave zmadhohet me zmadhimin e temperaturës. Shpejtësia e zërit në ajër në 0°C është $331,5 \text{ m/s}$, në ujë në 20°C është $1493,2 \text{ m/s}$, kurse te graniti 6000 m/s .

SHEMBULLI 1. Të caktohet shpejtësia e zërit nëpër aluminium nëse moduli i Jungut të elastiçitetit është $E = 7 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^{-2}$, por dendësia

$$\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}.$$

Zgjidhje. Shpejtësia mund të caktohet prej

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

ajo është
$$v = \sqrt{\frac{7,0 \cdot 10^{10}}{2,7 \cdot 10^3}} \approx 5,1 \text{ km/s}.$$

8.9. LIGJET GJATË KALIMIT TË ZËRIT NËPËR DY MJEDISE

Kur valët e zërit hasin në kufi prej dy mjediseve ose në pengesë për ato si edhe për valët mekanike vlejnjë ligjet për refleksion, përthyerje, difraksion, interferencë.

Kur vala e rrafshët bie normalisht në rrafshin kufitar të dy mjediseve, kurse një pjesë reflektohet.

Gjatë shpërndarjes së valës së zërit, përveç shtypjes ekzistuese po, që ekziston te mjedisit në mungesë të valës së zërit, krijohet **një shtypje akustike periodike plotësuese** të dhënë me:

$$\Delta \tilde{p} = A \omega \rho v \sin 2\pi f(t-x/v), \quad (1)$$

ku me $p_{max} = A\omega\rho v = A\omega R_a$ është amplituda e shtypjes së akustikës që varet prej karakteristikave të valës (A -amplituda, ω —frekuenca rrethore) edhe prej vetive të mjedisit material të shprehur nëpërmjet **rezistencës akustike -impedans** të mjedisit $R_a = \rho v$ (ρ -densësia e mjedisit dhe v -shpejtësia e zërit).

Intensiteti I i valës së zërit, si karakteristike energjetike është proporcionalisht me karrorin e amplitudës së shtypjes akustike dhe në proporcion të zhdrejtë me rezistencën akustike të mjedisit. Për valën e rrafshët longitudinale, duke pasur parasysh definicionin për intensitet të valës së zërit fitohet:

$$I = \frac{1}{2} A^2 \omega^2 \rho v = \frac{p_{max}^2}{2\rho v}. \quad (2)$$

Domethënë, duke matur amplitudën e shtypjes akustike, lehtë caktohet intensiteti i zërit.

$$\frac{p_{1r}}{p_{1u}} = \frac{R-1}{R+1}, \quad \frac{p_{2u}}{p_{1u}} = \frac{2R}{R+1}$$

ku $R = \frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1}$ koeficientin që e karakterizojnë mjediset.

Për mjediset për të cilët $R=1$, d.m.th., vala e kalon mjedisin kufitar pa refleksion edhe për edhe për $R \ll 1$ ka refleksion të plotë.

Për intenzitetin e valës ndërhyrëse, reflektuese dhe transmetuese të zërit duke pasur parasysh barazimin (2) vlen

$$\frac{I_{1r}}{I_{1u}} = \left(\frac{R-1}{R+1} \right)^2, \quad \frac{I_{2u}}{I_{1u}} = \frac{4R}{(R+1)^2}$$

Kur vala e zërit kalon nëpër pllakën e gjerë duke rënë normalisht në të bartja e energjisë varet prej karakteristikave të mjedisit dhe trashësisë së pllakës. Bartja më e madhe e energjisë ka kur trashësia e pllakës është numër shumëoror prej gjysmave të gjatësisë valore të zërit në pllakën ($\lambda/2$) Në këtë rast nuk do të thotë gjithmonë dy herë më e trashë pllaka është dy herë izolator më i mirë i zërit të zhurmës.

8.10. REZONANCA E ZËRIT

Buritmet e zërit, si lëkundës mekanik, mund të kryejnë lëkundje të ngulfatura dhe të sillen deri në gjendjen e rezonancës.

Rezonanca te burimi i zërit, përveç te shembulli të paraqitur me pirun me zë të vendosur në kutinë e rezonancës, mund të tregohet me provën të paraqitur në fig. 1. Te ena e gjerë është zhytur gypti i qelqit që është i hapur në të dy skajet. (ajo mund të bëhet edhe me një menzurë më të madhe ose gypë prej neonkës së vjetër te e cila ngadalë shtohet ujë).

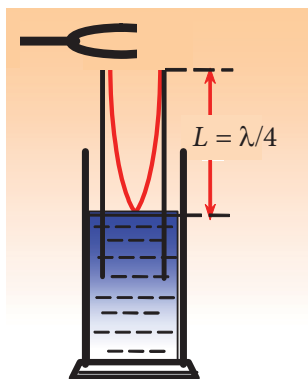


Fig. 1. Eksperimenti për rezonancën e zërit.

Kur mbi vrimën e gypit do të sjellet piruni me zë që lëkundet, shtylla ajrore te gypit do të realizojnë lëkundje të ngulfatura. Duke e ndryshuar gjatësisë së shtyllës ajrore (duke ngritur dhe lëshuar

gypin) për lartësi të caktuar, zëri dëgjohe me fuqishëm. Rezonanca e zërit krijohet kur shtylla ajrore te gypi lëkundet me frekuencën personale që puthitet me frekuencën e pirunit me zë, ose kur njëra frekuencë është numër i plotë herë më e madhe se tjetra. Te gypi krijohet val të stoënit e atillë është edhe kutia e rezonancës te e cila është vënduar pirun me zë).

Frekuenca personale e shtyllës ajrore varret prej gjatësisë së tij L

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{(2n+1)}{4L} v; \quad n=1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

ku n është çfarëdo numër i plotë, v është shpejtësia e zërit në ajër. Te figura 1 është paraqitur gjatësia e shtyllës ajrore $L=\lambda/4$. Përveç kësaj, rezonanca mund të krijohet për çfarëdo numër tek të të katërtave të gjatësisë valore të valës së qëndrimit të formuar te shtylla ajrore e mbyllur prej njërit skaj, d.m.th., nëse gjatësia është

$$L = (2n+1) \frac{\lambda}{4}.$$

Rezonanca me zë shfrytëzohet te instrumentet me frymë. Disa instrumente (kitara, violina) që të japin intensitet më të madh shfrytëzojnë trupa me të cilat mund të shkaktojnë rezonancë. Trupat e atillë janë reziopnator]. Për shembull, piruni me zë është vendosur në kutinë e rezonancës.

Dukuria e rezonancës shfrytëzohet për matjen e shpejtësisë së zërit të valëve të zërit. Përpikuni të caktoni shpejtësinë e zërit sipas eksperimentit si në fig. 1.

SHEMBULLI 1. Piruni me zë me frekuencë $f=735$ Hz është vendosur mbi shtyllën ajrore të mbyllur prej njërit skaj, Zë më të fuqishëm së pari do të dëgjoni kur shtylla ajrore e ka gjatësin: a) 11,3 cm, kurse pastaj edhe të b) 33,5 cm. Të caktohet shpejtësia e zërit në ajër.

Zgjidhje: Duke pasur parasysh barazimin:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{(2n+1)}{4L} v,$$

për shpejtësinë fitohet

$$v = \frac{4Lf}{(2n+1)} \quad n=0,1,2,3,\dots$$

a) Me zëvendësimin e vlerave numerike në këtë barazim për $n=0$, për shtyllën ajrore gjatësia e së cilës është $L=11,3$ cm për shpejtësinë fitohet:

$$v = 4Lf; \text{ përkatësisht } v = 332 \text{ m/s}$$

b) Për shtyllën ajrore gjatësia e së cilës është $L=33,5$ cm, duhet $n=1$. Shpejtësia tani është:

$$v = \frac{4Lf}{3}; \text{ përkatësisht: } v_2 = 328 \text{ m/s}.$$

Shpejtësin e zërit do ta fitojmë si vlerë mesatare prej v_1 dhe v_2 .

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Sirena e automobilit jep zë me intensitet 10^{-3} W/m² ose volumin me 90 dB; dhjetë sirena të atilla japin intensitet 10^{-2} W/m² ose volumin e tingulit prej 100 dB; dy sirena pra 93 dB. Pse?

2. Gypi i metalit me gjatësi 931 m sipas gjatësisë është goditur me çekiç. Në skajin tjetër në ndryshimin kohor prej $t=2,5$ s do të dëgjoni dy her zë. Sqaroni kujt i dedikohet dukuria. Të caktohet shpejtësia e zërit te metali, nëse shpejtësia e zërit është 340 m/s. (Përgjigje: 3900 m/s)

8.11. METODAT AKUSTIKE. Auskultacioni dhe perkusioni



Fig. 1. Stetoskopi

Me zhurmën mundet të fitohen *informacione* të nevojshme edhe për gjendjen e brendisë të trupave, metoda e tërheqjes, e njohur si **aus-kultacioni** (përgjimi i zërave), është njëra nga metodat më të vjetra akustike për diagnostikë.

Për auskultacionin shfrytëzohet stetoskop (fig.1). Ai është gyp me të cili silltet zëri deri te veshi. Stetoskopi *binaural* (fig.2) përbëhet prej kapsulës së rezonancës së mbuluar me membranë elastike (1) e cila vendoset te trupi që studiohet, kurse prej tij dallin gypa gome (2) nga të dy veshët. Membrana është detektor me zë. Te kapsula e zbrazët (nëse madhësia e saj është numër tek prej $\lambda/4$) krijohet, rezonanca e shtyllës ajrore, ku zëri përforcohet për auskultacion (dëgjim).



Fig. 2. Stetoskopi binaural (për të dy veshët)

Auskultacioni nuk shfrytëzohet vetëm në mjekësi ajo gjen zbatim edhe degë të teknikës dhe jetës.

Gjatë auskultacionit dëgjohe ndryshimi i tonit dhe sipas tyre gjykohe për gjendeje të ndryshme. Për dëgjim të përnjëhershëm prej shumicës dhe për shënim të përhershëm shfrytëzohet sistemi te i cili hyjnë: mikrofoni, përforcuesi, altoparlant, sistemi i filtrave frekuentë dhe instrumenti për regjistrimin e zërit.

Metodë e ndryshueshme principiele nga **perkusioni** paraparak. Gjatë ë saj metode subjektivisht analizohen zërat prej pjesëve të caktuara të trupit ku goditja e tyre me gisht ose çekiq të butë.

Pikërisht, në mënyrë skematike çdo trup mund të paraqitet si përgjithësim prej vëllimit të mbushura me gaz, me lëng ose substanca të ngurta. Gjatë goditjes së sipërfaqes së trupit krijohen lëkundje, me frekuenca të cilat kanë diapazon të gjerë. Megjithatë disa lëkundje shuhen shumë shpejtë, të tjerat, të cilat puthiten me lëkundjet personale të ndonjë zbrazëtire, përforcohen dhe si rezultat i rezonancës dëgjohe. Profesionisti me përvojë sipas tonit të perkusionit e cakton gjendjen dhe të topografisë së trupit të dhënë.

8.12. LOKACIONI I BURIMIT TË ZËRIT. EFEKTI BINAURAL

Hulumtimet tregojnë se njeriu, pothuajse, pa gabim mund të caktoj se zëri a i vjen prej veshit të majtë ose prej anës së djathtë. Megjithatë, të mundshme janë gabime gjatë caktimit të vendit burimi i zërit kur ai është para tij ose pas tij. Deri sa vendi i burimit të zërit në rrafshin horizontal është më i mirë se sa vendi vertikal.

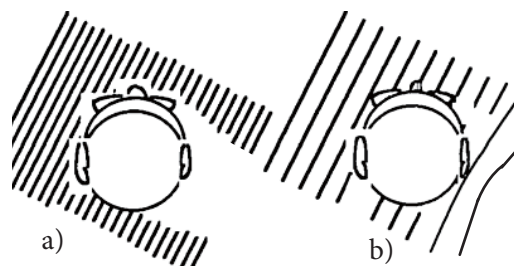


Fig. 1

Sqarimi im këtyre dukurive është e ndryshme për frekuencat e larta dhe të ulëta. Koka e njeriut mund të marrë se është përafërsisht sferike diametri i së cilës është 0,18 m, kësaj gjatësie në ajër i përgjigjet vala ajrore me frekuencë prej 1.8 kHz. Prandaj, kur valët e zërit do të hasin te koka si pengesë, nëse kanë gjatësi valore $\lambda \ll 0,18$ m të anës së kundërt lejnë hije me zë pa ose me fushë të vogël zëri, sikurse është treguar te fig 1a. Poashtu njëri vesh e dëgjon zërin, kurse tjetri jo. Ky dallim në intenzhitetet kontribuojnë gjendja e burimit të zërit lehtë caktohet.

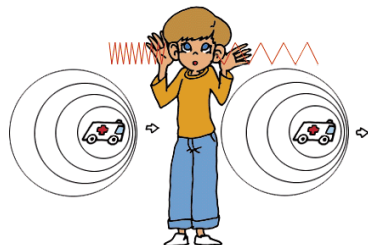
Nga ana tjetër, kur $\lambda \gg 0,18$ m ($f \ll 1,8$ kHz) vjen deri tge difraksioni i valëve, pra ato zgjerohen edhe në hijen gjeometrike, duke rrethuar kokën si pengesë. Kjo është paraqitur në fig. 1b. Pasi rruga e kaluar prej burimit deri te veshi tjetër është i ndryshëm, valët nuk janë në fazë, pra në momentin e dhënë shtypja te njëri vesh është më i madh se sa te veshi tjetër. Impulset nervore të cilat vijnë prej njërit vesh dhe prej tjetrit, poashtu, përmbajnë informata për shtypjet e ndryshme të cilat truri i shfrytëzon për vendosjen e burimit të zërit.

Domethënë mund të thuhet se për frekuencat nën 1 kHz, pozita e burimit të zërit caktohet në

bazë të ndryshimit të fazave të zërave të cilët arrijnë deri te të dy veshët, por mbi 5kHz – në bazë të ndryshimeve në intensitetet. Ndërmjet 1 kHz dhe 0.5 kHz lokacioni realizohet në të dy mënyrat, megjithatë aftësia për lokacionin e burimit është zvogëluar.

8.13. EFEKTI I DOPLERIT.

Depërtimi i barrierës së zërit



Me siguri keni vërejtur, kur barka lëviz përballë valës së ujit, frekuenca me të cilën valët godisin barkën do të jetë më e madhe se sa kur barka pezullon ose lëviz në kahen e shpërndarjes së valës. Ose, kur burimi i zërit lëviz nga vëzhguesi, kurse rrethina pushon, vëzhguesi dëgjon lartësi më të madhe të tonit prej asaj që e jep burimi. Në rastin e kundërt, kur burimi i zërit largohet, vëzhguesi dëgjon lartësi më të vogël të tonit. Ky efekt vërehet kur automobili ose lokomotiva të cilët japin signale të zërit kalojnë shpejtë pranë vëzhguesit.

Efekti i Doplerit është ndryshimi i frekuencës së zërit gjatë lëvizjes relative në lidhje me burimin e pranuesit.

Efekti i Doplerit është dukuri karakteristike për të gjitha valët e lëvizjes-valët e ujit, valët e zërit dhe ultrazëri, por gjithashtu edhe gjatë shpërndarjes të valëve të dritës, radialeve dhe valëve tjera elektromagnetike.

Që ta sqarojmë këtë efekt do të supozojmë se burimi i zërit O (fig.1) lëviz me shpejtësi v nga vëzhguesi i cili qëndron te pika A, kurse pikat 1, 2, 3, 4 ... e tregojnë gjendjen burimit të zërit O për intervale të barabarta kohore.

Kur burimi i zërit është në pozitën 1, prej tij niset valë sferike dhe në momentin e dhënë në formë të sferës, qendra e të cilit është pika 1, zgjerohet deri te pika A. Diçka më vonë kur burimi

i zërit është në pikën 2, niset valë tjetër deri te momenti i dhënë zgjerohet deri te A me sferën më të vogël qendra e të cilit është pika 2. Poashtu vjen vala prej pikës 3 etj. Poashtu në kahen OA gjatësia valore λ' e valës së zërit do të jetë më e vogël λ kur burimi i zërit nuk do të lëviz. Anasjelltas, në kahen OA' gjatësia valore λ'' do të jetë më e madhe se λ .

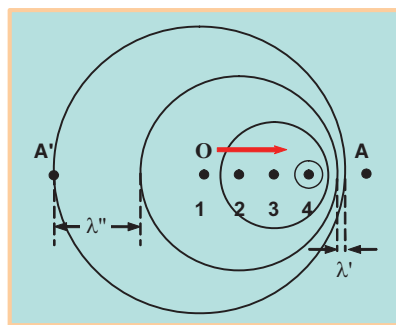


Fig.1

Megjithatë duhet të përkujtohem se gjatësia valore λ dhe frekuenca f janë të lidhura me barazimin $f = v_z/\lambda$, ku v_z shpejtësia e zërit.

Nëse me v shënohet shpejtësia me të cilën lëviz burimi i zërit që e ka frekuencën f , kurse me v_z shpejtësia e zërit, frekuenca që megjithatë do të regjistrohet është:

$$f' = \frac{v_z}{v_z \mp v} f \quad (2)$$

Shenja „-“ është për gjendjen kur burimi i zërit afrohet, poashtu pranuesi do të regjistron (vëzhguesi dëgjon) zë me frekuencë më të madhe prej frekuencës f që e jep burimi i zërit. Shenja „+“ vlen nëse burimi i zërit largohet me shpejtësi v dhe poashtu regjistrohet zëri me frekuencë më të vogël.

Në rastin kur vëzhguesi lëviz me shpejtësi v , kurse burimi i zërit qetësohet, frekuenca që regjistrohet është

$$f' = \frac{v_z \pm v}{v_z} f \quad (2)$$

shenja „+“ vlen kur pranuesi i zërit (vëzhguesi) afrohet nga burimi, kurse „-“ kur pranuesi largohet.

Gjithashtu, kur valët reflektohen prej pengesës lëvizëse, frekuenca prej valës së reflektuar, për shkak të efektit të Doplerit, ndryshon prej frekuencës së valës ndërrhyrëse. Kur vala ndërrhyrëse dhe e reflektuar do të sillen deri te interferenca, për shkak të ndryshimit të vogël te frekuencat krijon rahje ose goditje të zërit. Kjo dukuri mundet të shfrytëzohet për caktimin e shpejtësisë së pengesave lëvizëse. Efekti i Doplerit është karakteristik për të gjithë llojet e valëve. Për shembull, valët e ultrazërit të reflektuara prej enëve të trupthave të gjakut japin informatë për shpejtësinë e gjakut te enët e gjakut, regjistrohen ndryshimet te frymëmarrja.

Në astronomi efekti shfrytëzohet gjatë përcaktimit të shpejtësisë së lëvizjes së ndonjë ylli ose galaksioni në lidhje me Tokën. Drita që vjen prej yjeve e cila largohet prej Tokës ka frekuencë më të ulët prej dritës të emetuar nga atomet të elementit të njëjtë kur ato janë të qeta. Thuhet vijat spektrale të dritës prej atij ylli janë *zhvendosur nga e kuqja*.

Në principin e efektit të Doplerit radarët e policisë gjatë kontrollës në komunikacion e përcaktojnë shpejtësinë e automjetit.

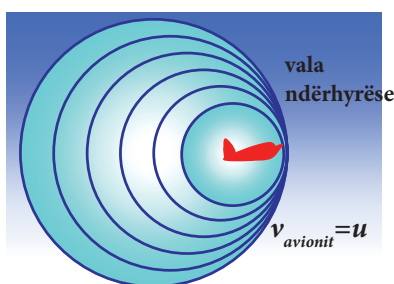


Fig 3

Rast special i efektit të Doplerit është depërtimi i barrierës së zërit „. Për sqarimin e këtij efekti është e domosdoshme të supozohet se çdo pikë, nëpër të cilën kalon burimi, përhapet vala elementare. Kur burimi i zërit (për shembull aeroplani) lëviz me shpejtësi të barabartë me shpejtësinë e shpërndarjes së zërit, valët e zërit grumbullohen para tij duke krijuar valë të rrafshët që përhapet në kahe normale të lëvizjes së burimit (fig.3).

Nëse shpejtësia e aeroplanit v bëhet më e madhe prej asaj të valëve të zërit u (v

$> u$), para ballit të aeroplanit ajo valë gjithmonë është në formë pikash. Pas aeroplanit rrezet e frontit të valëve elementare rriten me shpejtësi të zërit u . Fronti i atyre valëve është në formë të konit (fig.4). Përkatësisht, pas burimit krijohet valëndërrhyrëse te koni.

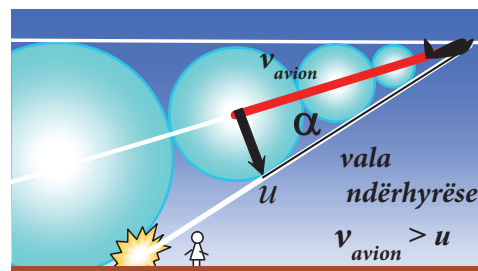


Fig. 4

Ai përhapet në sipërfaqen e Tokës me shpejtësi të aeroplanit v . Nëse aeroplani fluturon poshtë, në momentin kur fronti i valës do të arrijn sipërfaqen e Tokës, dëgjohet zhurmë e njohur si „depërtimi i barrierës së zërit „.

Këndi ndërmjet valës dhe boshtit të konit (α) është i njohur si këndi i Max $\sin \alpha = u / v$. Gjatë goditjeve paraqitet shtypja plotësuese prej të cilave mund të thyhen edhe dritaret e n dërtësive. Vala goditëse zmadhohet me zmadhimin e numrit të Max, që është dhënë me $M = v / u$. Nëse $M=1$ domethënë aeroplani lëviz me shpejtësi 330 ms^{-1} ; $M=2$ shpejtësia e aeroplanit është dyherë më e madhe se shpejtësia e zërit.

Pyetje dhe detyra

1. Në rrugën magjistrale qëndron vëzhgues. Automobili i cili lëviz me shpejtësi 20 m/s , vjen nga vëzhguesi dhe e kalon me sirenën e shtypur frekuenca e së cilës është 540 Hz . Sa frekuencë regjistron vëzhguesi gjatë afrimit dhe gjatë largimit të ajuutomobilit? (Përgjigje: 574 Hz , 510 Hz)

2. Çfarë shpejtësie mund të arrijn aeroplani supersonik për të cilin $M=6,15$? (2030 m/s)

Informime dhe simulime për efektin e Doplerit kërkoni në:

www.scholsobservaory.org.uk/internal/doppler.htm
http://webphysics.davidson.edu/Applets/Examples_From_Others/doppler.html

9.1. VETITË THEMELORE TË FLUIDËVE

Me fluid nënkuptohet mjedisi material me grimca përbërëse të lehta për të lëvizur. Pikërisht, lëngjet dhe gazrat me merin e përbashkët njihen si *fluide*. Gjatë studimit të lëngjeve shqyrtohet modeli i fluidit ideal për të cilin llogaritet se është jocompresibil dhe mundet të eliminohen forcat e fërkimit të brendshëm (viskoziteti). Fluidet reale posedojnë veti të kompresibilitetit dhe viskozitetit.

Mekanika e fluidëve i përfshin *aeromekanikën dhe hidromekanikën*.

Është patjetër të vendoset edhe kjo pyetje: cilat janë vetitë që i bëjnë lëngjet dhe gazrat të ndryshme?

Kështu, për shembull, gazrat kanë veti ta plotësojnë tërë vëllimin që e kanë në diskonim. Ato kanë dendësi të vogël dhe lehtë komprimohen.

Ngjashëm me trupat e ngurtë, lëngjet janë inkompresibile të jashtëzakonshme, krse kjo do të thotë se rezistencë e madhe e forcave të jashtme atë të mos kryejnë deformim vëllimi. Për dallim prej trupave të ngurtë të cilët kanë elasticitet të formës dhe vëllimit, lëngjet kanë elasticitet të vëllimit. Lëngjet marrin formën e enës.

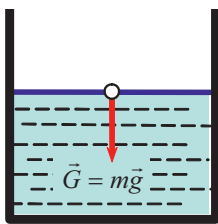


Fig. 1

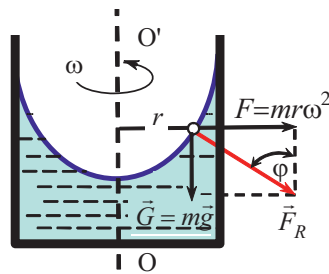


Fig. 2

Si pasojë e ndërtimit molekular, vetia themelore e lëngjeve dhe gazrave është *lëvizshmëria* më e madhe e tyre.

Lëvizshmëria e lehtë e grimcave të lëngut mundëson lëngu të jetë në baraspeshë vetëm atëherë, nëse forcat të cilat veprojnë në të janë me kahe normale në sipërfaqen e saj. Poashtu, te ena e gjerë sipërfaqja e lirë e lëngut, nëse në të veprojnë vetëm forca e peshës Tokësore (fig.1), është

horizontale. Nëse mbi lëngun, përveç forcës së peshës Tokësore veprojnë edhe forca tjera, sipërfaqja e lirë do të vendoset rezultanta normale në rezultanten e të gjitha forcave që veprojnë në të.

Rast karakteristik paraqitet, nëse lëngu së bashku me në enë cilindrike rrotullohet rreth boshtit vertikal OO' (fig.2). Në çdo pikë materiale me masë *m* prej sipërfaqes së lëngut njëkohësisht veprojnë, forca vertikale e vendosur të peshës $\vec{G} = m\vec{g}$ dhe forcës inerciale të vendosur horizontalisht $F = mr\omega^2$, të ashtuquajtur forca centrifugale, ku *r* është largësia e pikës materiale prej boshtit të rrotullimit, ω është shpejtësia këndore rreth boshtit OO'. Megjithatë, sipërfaqja e lirë e lëngut do të vendoset normalisht në rezultanten e këtyre dy forcave. Sipërfaqja e lirë e lëngut e ka formën e paraboloidit rrotullues.

Prej fihurës 2 drejtpërdrejt mund të vendosen edhe kushte për baraspeshën:

$$\text{tg } \varphi = \frac{mr\omega^2}{mg} = \frac{r\omega^2}{g} . \quad (1)$$

Sipërfaqja e hapësirave të mëdhaja të ujitetërat, oqenatë është normale në kahen e peshës Tokësore.

Lëvizshmëria e lehtë e molekulave të fluidëve është shkak i çdo forci të jashtme mbi ato të bartet vetëm në kahe të forcës por nëpër tërë vëllimin e fluidit.

Pikërisht, kur vepron forca e jashtme, do të paraqiten forca elastike me të cilat lëngu i kundërvihet të mos vjen deri te deformimi i vëllimit. Këto forca elastike të cilat gjithmonë janë të orientuara normalisht nga ai dhe cilido element i lëngut, quhen **forcat e shtypjes**.

Se forcat e shtypjes te fluidet që e krijojnë forca e jashtme vepron me të njëjtin intensitet çdo kundi te fluidi, mund të vërtetojmë me këtë eksperiment: enë me shumë vrime, sikurse është treguar te fig.3 është mbushur me lëng. Kur lëngu te ena nëpërmjet kujës lehtë të lëvizshëm do t'i nënshtrohet veprimit të forcës së jashtme, \vec{F} ,

forca e shtypjes, që poashtu krijohet një lloj në të gjitha kahet e fluidit dhe prandaj prej të gjitha vrimave të enës dalin curril uji identik. Prandaj, *veprimi i forcave të jashtme nëpër fluidë bartet në të gjitha kahet një lloj.*

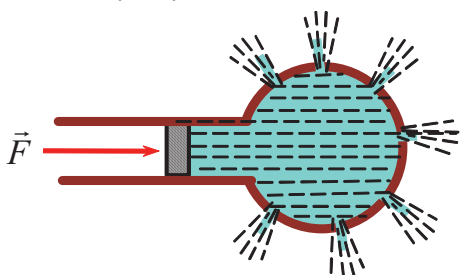


Fig. 3. Forca e shtypjes te fluidi bartet me të njëjtin intensitet në të gjitha kahet një lloj. Kjo gjykohet sipas curilave identike të ujit.

Shpërndarja e të gjitha forcave të shtypjes nëpër lëng karakterizohet me madhësinë fizike **shtypje**. Prej çka varet shtypja?

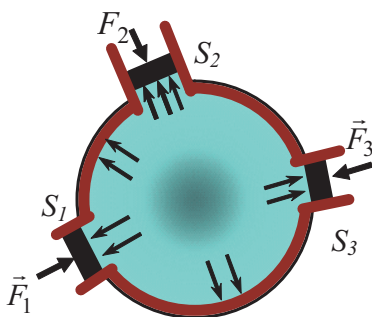


Fig.4. Forca e shtypjes që e krijon forca e jashtme vepron me të njëjtin intensitet çdo kundi te fluidi.

Që të përgjigjemi në këtë pyeshqyrtojmë këtë eksperiment të thjeshtë: enë me formë sferike është mbushur me ujë dhe ka tre vrima me sipërfaqe të ndryshme m (fig. 4). Nëse vrima me sipërfaqe S_1 nëpërmjet kujës lehtë të lëvizshme vepron forca e jashtme \vec{F}_1 , kujat e vrimave me syprina S_2 dhe S_3 zhvendosen përjashta. Që të kthehen në pozitën fillestare është e nevojshme të vepron me forcat \vec{F}_2 dhe \vec{F}_3 , përkatësisht. Nëse përcaktohen

forcat me të cilat veprojnë te sipërfaqet, mund të përfundohet se herësi prej forcave dhe syprinës te të cilat veprojnë forcat normalisht në ato, është madhësi konstante:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} = \frac{F_3}{S_3} = p \quad (2)$$

Ajo është madhësia fizike shtypja. Pikërisht, shtypja definohet si herësi i madhësisë së forcës së shtypjes F e ciola vepron normal në sipërfaqen dhe syprina S në të cilën ajo forcë vepron:

$$p = \frac{F}{S} \quad (3)$$

Duke shfrytëzuar barazimin (3) mund të përcaktohet njësi për shtypjen. Njësia për shtypjen në SI është 1 Pa (paskal)

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} \quad (4)$$

Shtypja prej 1 Pa (paskal) krijohet kur forca prej $F = 1 \text{ N}$ vepron në mënyrë të njëtrajtshme mbi sipërfaqen me syprinë prej $S = 1 \text{ m}^2$ që është vendosur normal te forca. Në praktikë shfrytëzohen edhe njësi më të mëdhaja prej raskalit, sikurse kilopaskali dhe megapaskali:

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa} \text{ dhe } 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

SHEMBULLI 1. Rezervuari drejtkëndor i mbushur me ujë. Syprina te baza e rezervuarit është $S = 16 \text{ m}^2$ kurse lartësia e ujit 5 m. Të caktohet shtypja e bazës së enës. Dendësia e ujit është $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$

Zgjidhje. Forca me të cilën uji kryen shtypje në bazë të enës është e barabartë me peshën e shtyllës ujore të bazës së enës me lartësi $h = 5 \text{ m}$ dhe syprina $S = 16 \text{ m}^2$. Që të përcaktohet pesha e ujit, së pari duhet të caktohet masa e ujit $m = \rho V$. Nëse vëllimi i ujit është: $V = Sh$. Pesha e ujit është:

$$P = mg = \rho V = 80 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 800000 \text{ N}$$

Për shtypjen e bazës së enës kemi:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{800000 \text{ N}}{16 \text{ m}^2} = 50000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 50 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Caktimi i shtypjes së bazës së enës mund ta bëjmë edhe në mënyrë më të thjeshtë.

Nëse lartësin e ujit e shënojmë me h , syprinën me S , dendësinë e lëngut me ρ . Vëllimi i lëngut është $V = S h$. Masa e lëngut është përcaktuar me $m = \rho V$ ose $m = \rho S h$. Peshja e lëngut është $P = mg = \rho g S h$. Pasi peshja e lëngut është e barabartë me forcën me të cilën lëngu vepron te baza e enës, për shtypjen fitohet:

$$p = \frac{P}{S} \text{ , ose } p = \frac{\rho g h S}{S} \text{ .}$$

d.m.th., $p = \rho g h$; (5)

Kjo është edhe barazimi për shtypjen e lëngut në fundin e enës. Sikur se që do të tregojmë te 9.3. kjo është shtypja hidrostatike. Prej barazimit (5) shihet se shtypja varet vetëm prej dendësisë dhe lartësisë së shtyllës së lëngut.

Pyetje dhe detyra

1. Çka janë fluidet dhe çfarë veti kanë ato?
2. Si definohet shtypja dhe cila është njësia e saj në SI ?

9.2. LIGJI I PASKALIT

Vërejtëm se forca e shtypjes që e krijon fluidi, nëse ai i nënshtrohet në veprimin e forcës së jashtme, vepron një lloj nëpër tërë vëllimin e fluidit. Për këtë shkak edhe shtypja e fluidit, e përcaktuar me barazimin (3), do të vepron një lloj nëpër tërë vëllimin e fluidit.

Njëra prej vetive themelore të lëngut është: shtypjen që e krijon forca e jashtme nëpër të cilën fluidi në të gjitha kahet bartet një lloj. Deri te kjo njohuri ka ardhur Blez Paskal (Blise Paskal, 1623-1662) dhe në fizikë njihet si **Ligji i Paskalit**. Ligji i Paskalit vjen në shprehje, për shembull, te shtypjet hidraulike, frerat hidraulike karriket e dentistëve, ngritëset etj.

Shtypja hidraulike (fig.1), në formën më të thjeshtë përbëhet prej dy enëve cilindrike të bashkuara të mbushura me fluid në skajet e të cilit pa fërkim lëvizin kujat.

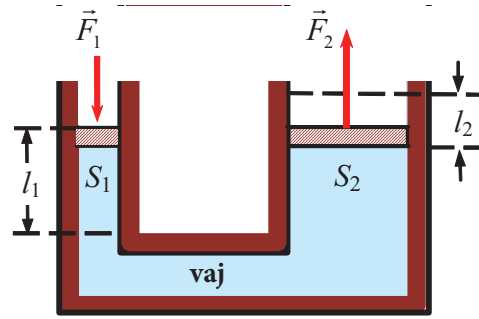


Fig. 1

Kur nën veprimin e forcës \vec{F}_1 zhvendoset kupa me syprinë S_1 , do të zhvendoset edhe kupa me syprinë S_2 në të cilën vepron forca \vec{F}_2 . Forcat \vec{F}_1 dhe \vec{F}_2 mund të shprehen nëpërmjet shtypjes:

$$F_1 = p_1 S_1 ; \quad F_2 = p_2 S_2 .$$

SHEMBULLI 1. Nëse puna e forcës F_1 është e barabartë me punën e forcës F_2 që vepron në kujën tjetër të tregohet se vlen ligji i Paskalit.

Zgjidhje. Puna e forcës \vec{F}_1 gjatë zhvendosjes së kujës me syprinë S_1 për largësinë l_1 dhe puna e forcës \vec{F}_2 e kryer gjatë zhvendosjes së kujës S_2 , përkatësisht janë:

$$A_1 = F_1 l_1 = p_1 S_1 l_1 \text{ .} \quad (1)$$

$$A_2 = F_2 l_2 = p_2 S_2 l_2 \text{ .} \quad (2)$$

Poashtu, puna e forcës F_1 është e barabartë me punën e forcës F_2 që vepron te kupa e dytë, d.m.th.,

$$A_1 = A_2 : \quad p_1 S_1 l_1 = p_2 S_2 l_2 , \quad (3)$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

ku $S_1 l_1 = V_1$; $S_2 l_2 = V_2$ është vëllimi i formuar prej zhvendosjes së kujës 1 dhe kujës 2. Gjatë supozimit se lëngu është i pakompresuar, ($V_1 = V_2$), prej barazimit (3) fitohet se shtypjet janë të barabarta:

$$p_1 = p_2 \quad (4)$$

Ky është ligji i Paskalit. Në bazë të këtij ligji mund të shkruhet:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ , përkatësisht } \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \text{ .} \quad (5)$$

Kjo do të thotë se, nën ndikimin e ndonjë force të vogël \vec{F}_1 mbi kujën S_1 shkaktohet forcë më e madhe mbi kujën S_2 . Pikërisht, te shtypjet hidraulike fitohet forca për llogari të rrugës së kaluar. Pikërisht, rrugët që kujat 1 dhe 2 i kalojnë janë në proporcion të zhdrejtë me madhësitë e forcave:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} \quad (6)$$

Sipas shtypjes hidraulike shfrytëzohet atje ku duhet të fitohen forca të mëdhaja (ngritja e ngarkesës së madhe ose arritja e shtypjeve të mëdhaja).

SHEMBULLI 2. Mbi kujën e vogël të shtypjes hidraulike vepron forca $F_1=30$ N. Syprina e kujës më të madhe është $S_2 =100$ S1. a) Të caktohet forca e cila vepron mbi kujën e madhe. b) Si është raporti i rrugëve të cilat e kalojnë kujat?

Zgjidhje. a) Shtypjen që e krijojnë forca \vec{F}_1 mbi kujën e vogël të shtypjes hidraulike $p=F_1/S_1$, ku S_1 është syprina e kujës së vogël. Pasi lëngu është i pa shtypur, vëllimi i lëngut që shtypet prej kujës së vogël dhe të madhe është i barabartë dhe përandaj:

$$l_1 S_1 = l_2 S_2 \quad \text{d.m.th.,} \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{S_2}{S_1} = 100.$$

Forca, pra, që vepron mbi kujën e madhe të shtypjes, në pajtim me ligjin e Paskalit do të jetë:

$$F_2 = p S_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1} = 3000 \text{ N.}$$

b) Nëse syprina e kujës më të madhe është

$$S_2 = 100 S_1 \quad \text{nga kushti} \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{S_2}{S_1} = 100 \quad \text{fitohet}$$

$$l_1 = 100 l_2.$$

Pyetje dhe detyra

1. Si sqarohet fakti se shtypja të lëngjet dhe gazrat bartet në të gjitha kahet një lloj?
2. Si eksperimentalisht do të tregoni se forca e shtypjes të fluidi bartet me të njëjtin intensitet në të gjitha kahet një lloj?

9.3. SHTYPJA HIDROSTATIKE

Shtypja që paraqitet te brendësia e lëngut si pasojë e veprimit të forcës së peshës Tokësore quhet *shtypje hidrostatiqe*.

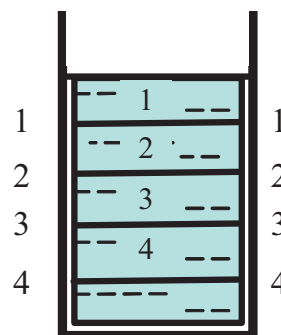


Fig. 1

Pikërisht, të gjitha molekulat me peshën e tyre veprojnë në bazën e enës, ku kryejnë shtypje në të. Nëse lëngu (fig.1) është ndarë në numër më të madh të shtresave të barabarta 1, 2, 3, etj., shtresa më e lartë (shtresa 1) nën ndikimin e forcës peshë kryen shtypje në shtresën 2. Sipas ligjit të Paskalit, ajo shtypje bartet në të gjitha shresat e më poshtme. Shtresat të cilat janë më poshtë janë të nënshtrura në shtypje të mëdha.

Te tëp gjitha pikat e një sipërfaqe horizontale shtypja hidrostatiqe është e barabartë. Vendi gjeometrik i pikave në lëng në shtypje hidrostatiqe të barabartë formon *sipërfaqe nivelore*.

Duke filluar prej sipërfaqes së lirë të lëngut, ku $p = 0$, shtypja hidrostatiqe rritet edhe aq më shumë e më shumë, që ta arrinë vlerën më të madhe të bazës së enës.

Si rezultat i peshës së vet të lëngut, por në pajtim me ligjin e Paskalit, shtypja është më e madhe në bazën e enës

Në pajtim me ligjin e Paskalit, shtypja nuk paraqitet vetëm në bazën e enës. Te lëngu ekzistojnë këto shtypje, të cilat njihen me emrin e përbashkët shtypjet hidrostatiqe: shtypje anësore, shtypje e kahëzuar kah bata e enës dhe shtypja e kahëzuar lartë.

Se shtypja hidrostatike e të gjitha faqeve të një sipërfaqeje nivelore (thellësi të njëjtë) është e barabartë, mund të bindemi me provën të paraqitur në fig. 2.

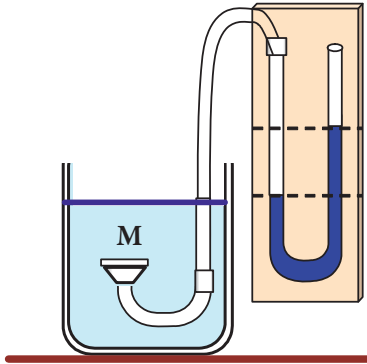


Fig. 2

Te ena me ujë është zhytur kuti metalit M e cila në njëren faqe është e mbyllur me membranë gome. Kutia e metalit M me zorrë gome është e lidhur me monometrin. Nën ndikimin e shtypjes hidrostatike të ujit, membrana e gomës deformohet, por me të kompromohet ajri në kuti. Kjo sell deri te zmadhimi i shtypjes që vepron në sipërfaqen e lirë të krahut i gypit U, përkatësisht gypit U do të tregon ndryshimin te shtypjet. Ky ndryshim do të jetë aq më i madh sa më thellë është zhytur kutia e metalit M. Kjo tregon se në thellësi më të madhe shtypja hidrostatike është më e madhe. Megjithatë, nëse kutia e metalit mbahet në thellësi të njëjtë, kurse membrana e kutisë rrotullohet në të gjitha anët, ndryshimi i lartësisë të lëngu manometrik nuk ndryshon. Me eksperimentin tregohet se *shtypja hidrostatike në thellësi të njëjtë prej lëngut është e barabartë në të gjitha kahet*.

Ligji sipas të cilit ndryshon shtypja hidrostatike me thellësinë e shtyllës së lëngut do ta realizojmë me ndihmën e fig. 3.

Së pari të veçojmë element prej lëgut në formë të cilindrit ABCD që e ka lartësinë h dhe prerje tërthore S. Në pajtim me ligji e Paskalit, shtypjet anësore prej elementit të veçuar, si të barabarta sipas madhësisë, kurtse të kundërtë sipas

kahes, kompemzohen. Faktikisht, mbi shtyllën e lëngut ABCD veprojnë forcat:

1. Forca e shtypjes që vepron në sipërfaqen e sipërme $F_1 = Sp_o$, ku p_o është shtypje atmosferike;

2. Forca peshë që vepron te shtylla e lëngut $\vec{G} = m\vec{g}$;

3. Forca e shtypjes që vepron në sipërfaqen e poshtme $F_2 = Sp$.

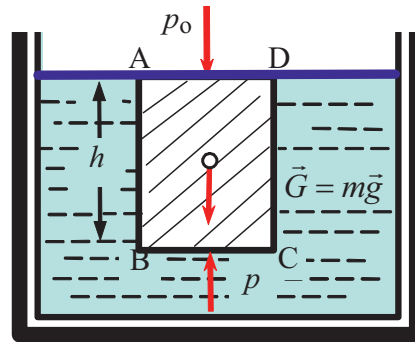


Fig. 3.

Forcat \vec{F}_1 dhe \vec{G} kanë drejtim dhe kahe të të barabartë, kurse forca \vec{F}_2 ka drejtim të barabartë por kahe të kundërt me ato. Këto forca janë në baraspeshë statike:

$$F_1 + F_2 + G = 0 \text{ d.m.th.}, Sp = Sp_o + mg. \quad (1)$$

Kur në barazimin e fundit masa e shtyllës së lëngut do të shprehet nëpërmjet dendësisë dhe vëllimit ($m = \rho V = \rho hS$), pas pjesëtimit me S për shtypjen e cila gjendet në thellësi h, fitohet:

$$p = p_o + \rho gh. \quad (2)$$

Nëse shtypja hidrostatike është shumë më e madhe prej shtypjes atmosferike $p \gg p_o$, barazimi (2) mund të shkruhet:

$$p = \rho gh. \quad (3)$$

Barazimi (3) një lloj vlen për të gjitha shtypjet të cilat gjenden në sipërfaqe nivelore të caktuar. Barazimi (3) tregon se shtypja hidrostatike e ndonjë niveli nuk varet prej formës së enës, d.m.th., prej vëllimit të lëngut në enë, por vetëm prej thellësisë h në të cilën gjendet sipërfaqja nivelore në lidhje me sipërfaqen e lirë të lëngut.

Prandaj edhe forca me të cilën lëngu vepron në bazën e enës nuk varet prej sasisë së lëngut por vetëm prej lartësisë së shtyllës së lëngut dhe prej sipërfaqes së bazës së enës.

Fakti se shtypja hidrostetike e thellësisë së caktuar nën sipërfaqen e lirë të lëngut është konstant dhe ka madhësi të caktuar me barazimin (3) manifestohet edhe nëpërmjet një rreze dukuri e cila në pamje të parë duket e pabesueshme. Ajo është paradoksi hidrostetik.

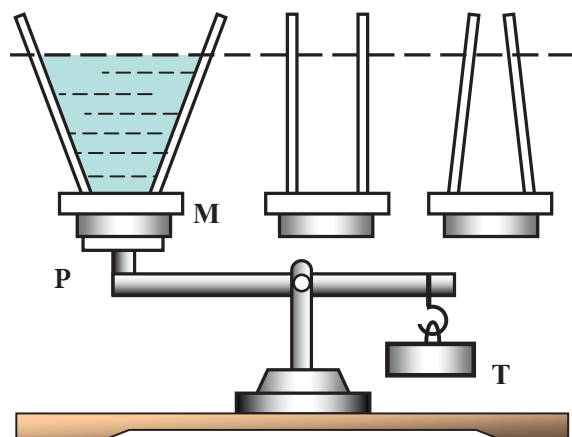


Fig. 4. Shtypja hidrostetike nuk varet prej formës së enës. Paradoksi hidrostetik.

Paradoksi hidrostetiku mund të tregohet me instrumentin të paraqitur në fig. 4. Ai përbëhet prej një terazie në të cilën në njërin krah është vendosur pllakë e lëmuar e cila mundet të jetë baza e gypit të qelqit me formë të ndryshme. Nëse te krahu i dytë vendoset pesha T pllaka P do të prekë bazën e një rreze prej gypave. Çdonjëri prej gypave vinkulohet me unazën metalike M dhe mbushet me ujë deri sa pllaka P nuk ndahet prej unazës. Poashtu mundet të shihet se te të tre rastet lartësia e shtyllës së lëngut ku ndahet pllaka P prej unazës është e barabartë.

Pikërisht, forca e shtypjes F që vepron mbi bazën është prodhim prej shtypjes hidrostetike nën sipërfaqen e lirë të lëngut dhe syprinës së bazës S :

$$F = p S = \rho g h \cdot S.$$

Përfundojmë se forca e shtypjes së njërit lëng me të cilën ajo vepron mbi bazën e enës (pa marrë parasysh formën e saj) është e barabartë me madhësinë e peshës së shtyllës vertikale baza e së cilës është baza e enës.

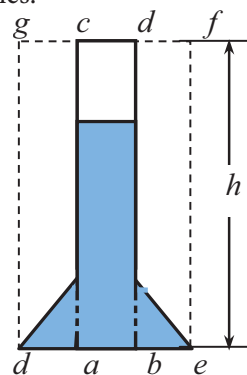


Fig. 5

Ta shqyrtojmë fig. 5. Te syprina të shënuar me ab të fundit të enës vepron shtypja $p = \rho g h$. Sipas ligjit të Paskalit shtypje të atillë të njëjtë ka edhe te syprinat da dhe be . Poashtu, forca e shtypjes hidrostetike $F = pS$ që vepron në tërë bazën de (S) do të jetë e barabartë me tërë shtyllën vertikale shtyllë vertikale të lëngut $defg$ ($hS = V_{defg}$). Ajo forcë është shumë më e madhe se forca që e shkakton lëngu te ena e paraqitur te fig.5.

Të mendojmë tani se gypi më i ngushtë i enës (fig.5) ngushtohet shumë edhe më shumë. Në këtë rast edhe me sasi të vogël të ujit mbi bazën më të gjerrë mund të shkaktohet shtypje shumë e madhe.

Në fund, në lidhje me përfundimin e fundit, të japim edhe një gjë interesante: Paskali në vitin 1648 bashkohorëve u tregoi se fuçia, në të cilën ka pasur gyp të hollë dhe të lartë deri te kati i dytë të shtëpisë së tij, me një gotë ujë të vendosur te gypit do të shkatërrohet.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do të tregohet se shtypja hidrostetike në nivele sipërfaqësore të ndryshme të lëngut të ndryshëm. I njëjti nivel i sipërfaqes është e barabartë në të gjitha kahet.

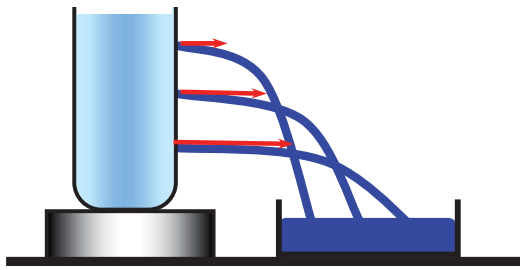


Fig. 6

2. Bëni këtë eksperiment (fig.6). Ena e lartë cilindrike ka disa vrima të vogla në lartësi të ndryshme. Kur enën do ta mbushni me ujë çka vëreni? Pse currilat e ujit janë me gjatësi të ndryshme?

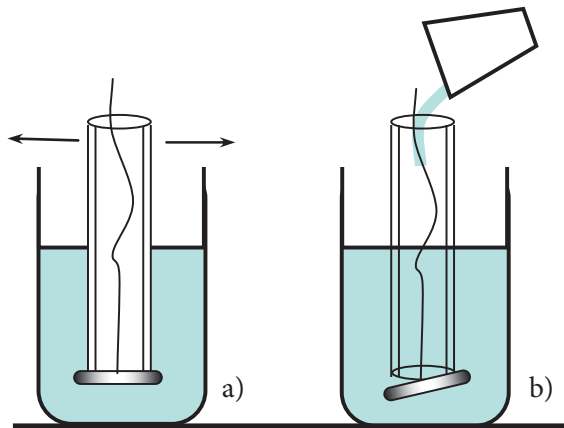


Fig. 7

3. Bëri këtë eksperiment. Enë e lartë cilindrike (gyp) te e cila baza të eliminohet, zhytni në tjetër enëmë të gjerë (fig. 7a). Filloni ta mënjanoni gypin. Pastaj hidhni akoma ujë deri sa nuk bie te baza (fig. 7a). Kur do të bie baza e enës më të ngushtë? Çka treguat me këtë eksperiment?

4. Kontrolloni ligjin e Paskalit në këtë shembull te ky shembull. Te fuçia me rreze 0,30 m është vendosur gyp vertikal me rreze 0,30 cm dhe lartësi 12 m. Të caktohen: a) masa e ujit b) forca në fundin e fuçisë. Sa do të jetë forca e shtypjes kur uji nuk është në gyp, por te fuçia me rreze 0,30 m?

(Përgjigje: $m=0,34$ kg, $p=1,5 \cdot 10^4$ N)

9.4. SHTYPJA ATMOSFERIKE

Mbështjellësi ajror rreth Tokës quhet *atmosfera*. Për shkak të veprimit të forcave të gravitacionit ajo rrotullohet bashk me Tokën. Masat ajrore që e përbëjnë atmosferën kryejnë shtypje që manifestohet si *shtypja atmosferike*. Shtypja atmosferike është më e madhe në afërsi të Tokës. Natyra e kësaj shtypje është e njëjtë me shtypjen hidrostatike që paraqitet te lëngjet.

Veprimiypjes atmosferike mund të tregohet me shumë prova. Do të tregojmë disa prej tyre. Mbi gotën të mbushur me ujë është vendosur copë e letres së trashë. Nëse letra shtrihet mirë te tehet e gotës kur ajo do të përmbysset, letra nuk çkapet prej gotës, kurse uji nuk derdhet (fig.1a).

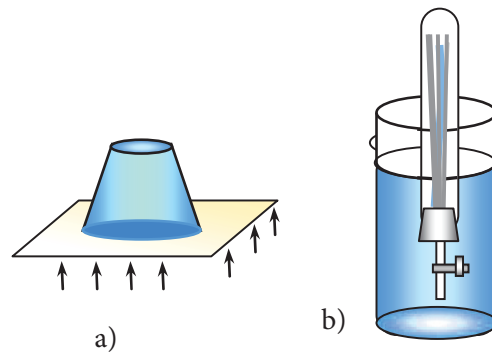


Fig. 8

Prova e dytë: merret gyp i gjatë i mbyllur me tap i cili mund ta mbyll dhe hap gypin. Gypi evakuohet dhe mbyllet dhe kështu me pjesën ku është tapa zhytet te ena më e gjerë të mbushur me ujë. Kur do të hapet tapa currili prej ujit sikurse prej fontane hyn në gyp (fig. 1b). Uji hyn te gypi pasi shtypja atmosferike e rrethinës është më e madhe se shtypja e gypit.

Madhësia e shtypjes atmosferike eksperimentalisht është përcaktuar prej Bvangelista Toriçeli (1608-1647). Për këtë qëllim shfrytëzohet gypi i qelqit me gjatësi prej një metër, i mbyllur pprej njërit skaj dhe e tëra e mbushur me zhivë.

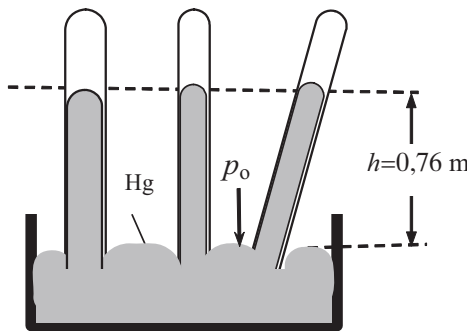


Fig. 2. Eksperimenti i Toricellit.

Gypi i mbushur mbyllet me gisht, përmbyset dhe zhytet te ena e gjerë te e cila ka zhivë. Poashtu, nëse eksperimenti kryhet në zero lartësi mbidetare, zhiva te gypi lëshohet deri te lartësi $h=0,760$ m, e matur prej sipërfaqes së lirë të zhivës nga ena më e gjerë (fig. 1). Në kushte të këtylla shtypja hidrostatike e shtyllës së zhivës te gypi është e barabartë me shtypjen e jashtme atmosferike po që vepron mbi sipërfaqen e lirë të zhivës te ena e gjerë.

Për shtypjen normale atmosferike merret shtypja e nivelit detar, për temperaturë $273,16$ K (0° C) dhe gjerësi gjeografike 45° , aiu është: $p_o = \rho gh$

$$p_o = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,76 \text{ m} = 101396 \text{ Pa},$$

ku $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ është dendësia e zhivës. Prej këtu mund të njehsohet çfarë shtypje i përgjigjet 1mm Hg.

$$1 \text{ mm Hg} = 133 \text{ Pa}.$$

Përveç kësaj, për matjen e shtypjes shpeshherë shfrytëzohet edhe njësia milibar (1mbar).

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ Pa} \text{ (1 hektopaskal)}.$$

Shtypja atmosferike varet, para së gjithash prej lartësisë mbidetare dhe gjerësisë gjeografike. Në lartësi më të madhe mbidetare shtypja është më e vogël. Ky zvogëlimi shtypjes krijohet prej dy shkaqeve: në lartësi më të madhe trashësia e shtresës ajrore është më e vogël, por gjithashtu edhe dendësia e ajrit në lartësi më të mëdha është më e vogël. Kështu, në lartësi $5,4$ km mbi Tokën dendësia e ajrit është 2 herë

më e vogël se dendësia e tij në sipërfaqen e Tokës, kurse në lartësi prej 11 km 4 herë më e vogël etj.

Përveç prej këtyre elementeve, vlera e tij varet edhe prej gjendjes kohore (temperatura e ajrit dhe lagështia). Përvoja tregon se rënia e shtypjes i kushtohet zmadhimit të lagështisë së ajrit. Kur lagështia e ajrit është më e madhe përzjerja e ajrit dhe avulli i ujit ka dendësi më të vogël, për shkak të cilës shtypja atmosferike është më e vogël. Prandaj shtypja atmosferike në të njëjtin vend nuk ka vlerë konstante, por shpesh ndryshon. Shtypja atmosferike është tregues shumë i rëndësishëm për ndryshimet kohore dhe prandaj rregullisht matet në stacionet meteorologjike.

Shtypja atmosferike prej $101,3$ kPa në të cilën është adaptuar bota e gjallë në Tokë nuk duket shumë e madhe.

Gerike (Otto von Guericke, 1602-1686 në Magdeburg) qaë ta vërteton sa është i madh ndikimi i shtypjes atmosferike, në vitin 1621 në afërsi të Jena e realizoi këtë eksperiment: dy topa gjysmë të zbrazët (gjysmëtopa makdeburgu) mund të mbivendosen ashtu që të formojnë top të zbrazët. Në njërin gjysmëton është ndërtuar vrimë me mbërthyes. Ndarja e gjysmëtopave realizohet pa vështirësi. Megjithatë, nëse nëpër mbërthyesen me ndihmën e pompës së vakuomit nxirret ajri, për shkak të shtypjes së zvogëluar te gjysmëtopat ndarja është vështirësuar ose është e pamundshme. Që të ndahen gjysmëtopat prej të cilëve nxirret ajri, Gerike ka lidhur nga katër kuaj prej të dy anëve. Nëse, tani, nëpër mbërthyesen lëshohet ajri, shtypja e ajrit te gjysmëtopat barazohet me të jashtmen, dhe ato ndahen pa vështirësi.



Fig. 3. Gjysmëtopat e magdeburgut.

Më shumë informata për gjysmëtopat e magdeburgut kërkoni në internet adresën:

<http://spot.fho-empden.de/pt/experiment/magdeburg1.htm>

9.5. MATJA E SHTYPJES

BAROMETRI. Instrumentet të cilët shfrytëzohen për matjen e shtypjes atmosferike quhen barometra. Sipas konstruksionit të ndërtimit, barometrat janë ndarë *me zhivë dhe metalik*.

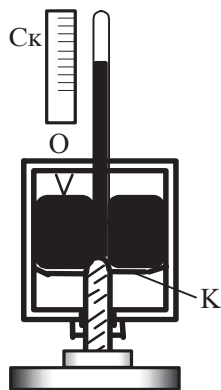


Fig.1. Barometri i Fortenit.

Barometrat me zhivë punojnë në principin e eksperimentit të Toriçelit. Te **barometri i Fortenit** (fig.1) ekziston mundësi për rregullimin e bazës së enës të cilës gjendet. Këtu është ndërtuar një vint që është në kontakt të drejtpërdrejt me membranën (K). Në këtë mënyrë, gjatë leximit të shtypjes, niveli i zhivës në enë rregullisht është në të njëjtin simbol. Indeksi O, i bërë prej eshrave të elefantit, paraqet gjendje zero të instrumentit.

Më pak preciz janë barometrat metalik, të ashtuquajtur aneroide. I atillë, për shembull, është **barometri i Vidievit** (fig.2).

Te barometri i Vidievit është ndërtuar kuti metalike dhe është mbyllur me kapak prej membrane të hollë valore.

Mesi i kapakut të kësaj kutie nëpërmjet sistemit prej levave të lehtë është lidhur me shigjetë. Gjatë ndryshimit të shtypjes në membranë,

janë shkaktohet edhe e ndryshimit të pozitës së shigjetës. Vlera e shtypjes lexohet te shkalla përkatëse e ndërtuar. Barometrat e këtillë mund të kenë të ndërtuara edhe nga dy shkallë, prej të cilave njëra e tregon shtypjen barometrike, kurse tjetra-lartësinë mbidetare.

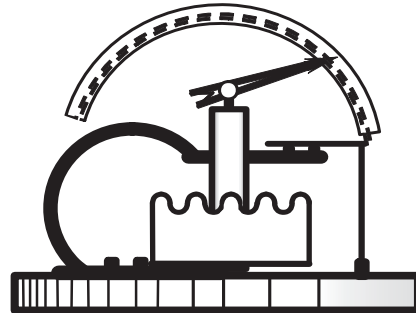


Fig. 2. Barometri i Vidievit.

Për regjistrimin e kontinuar të ndryshimeve të shtypjes me kohën shfrytëzohen *barografi*. Te ato është ndërtuar mekanizmi për lëvizjen e një shiriti të cilin shkruhet ndryshimi i shtypjes gjatë kohës..

MANOMETRI. Shtypja e lëngjeve ose gazeve matet me ndihmën e instrumenteve të quajtura manometra. Sipas konstruksionit, mund të jenë manometra me lëng dhe manometra metalik.

Për shtypjen afër deri te shtypja atmosferike shfrytëzohen të ashtuquajtura *manometra të hapur*. Për matjen e shtypjeve të mëdhaja shfrytëzohen *manometra të mbyllura* të cilët shpesh mbushen me zhivë. Te manometrat si lëng, përveç zhivës, mund të shfrytëzohet edhe uji ose alkooli. Manometrat me lëng shpesh paraqesin gypa qelqi në formë të shkronjës latine U.

Te fig. 1. a është paraqitur manometër i hapur i cili tregon ndryshimin ndërmjet shtypjes atmosferike p_0 dhe shtypjes p që matet. Njëri skaj i gypit U është lidhur me sistemi ku sundon shtypja që mat kurse skaji tjetër i manometrit është i hapur, mbi të cilin direkt vepron shtypja atmosferike po.

Nëse shtypjet p_0 dhe p janë të barabarta, atëherë lëngu në të dy skajet e gypit U, sipas

ligjit për enët e lidhura, është në nivelin e njëjtë. Nëse shtypja p është i ndryshueshëm prej shtypjes atmosferike p_0 , lëngu hip lartë ose lëshohet poshtë në njërën skaj të gypit në llogari të rënies ose hipjes së nivelit në skajin tjetër. Poashtu, kur do të vendoset baraspesha, vlen:

$$p = p_0 \pm \rho gh \quad (3.4.1)$$

ku ρ është dendësia e lëngut në gypin U.

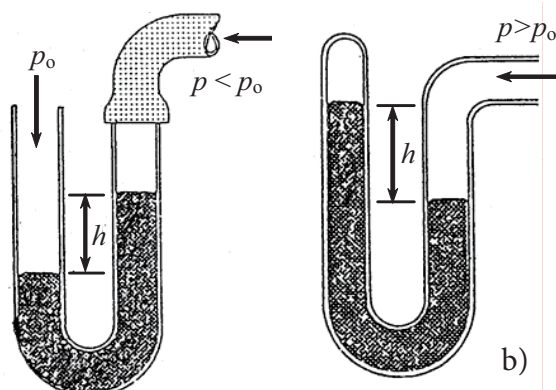


Fig. 3. Manometra. Manometra të: a) hapur dhe b) mbyllur.

Manometrat e mbyllur shfrytëzohen për matjen e shtypjeve shumë më të mëdha se shtypja atmosferike. Punojnë në bazë të zbatimit të ligjit të Boj-Mariotit.

Manometra e metalit shfrytëzohen për matjen e shtypjeve afër ose më të mëdhenjë se shtypja atmosferike. Më së shpeshti hasen dy lloje të manometrave metalik: *manometër me gyp dhe manometër me membranë*.

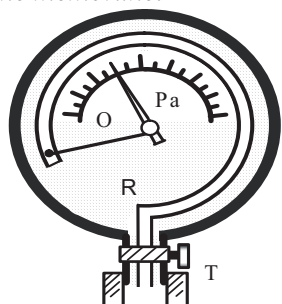


Fig. 4. Manometri me gyp të lakuar
Manometra me gyp të lakuar punojnë në bazë të deformimit elastik që krijohet në hapësirë

te e cila duhet të matet shtypja (fig. 4). Nën ndikimin e shtypjes, gypi i metalit përjeton deformoim elastik të ciklat regjistrohen me ndihmën e shigjetës së ndërtuar .

Manometri metalik me membranë është paraqitur në fig 5. Te këto manometra veprimi i shtypjes bartet te membrana, që është realizuar me sistem bartës të përshtatshëm P është lidhur me shigjetë.

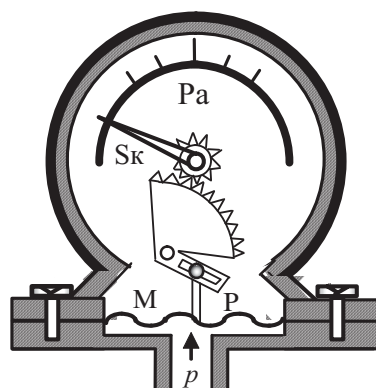


Fig. 5. Manometri metalik me membranë.

Pyetje, detyra dhe aktivitete

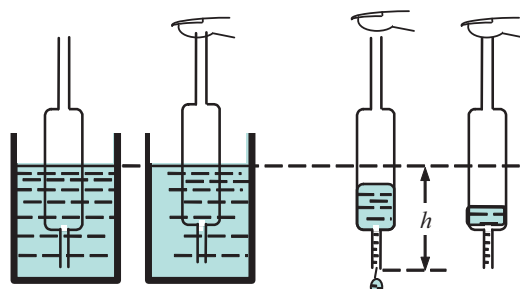


Fig. 6

1. A varet shtypja atmosferike prej lartësisë mbi-detare?
2. Bëni provë të paraqitur në fig 6 dhe sqaroni si funksionon bartja e lëngut me ndihmën e pipetës.
3. Barometri uhor është konstruktuar prej Paskalit në vitin 1646. Çfarë lartësie ka shtylla e ujit gjatë shtypjes atmosferike të barabartë me 760 mm Hg? (Përgjigje: 10,3 m)

9.6. SHTYRJA. FORCA E ARKIMEDIT

Për shkak të ekzistimit të shtypjes, Arkimedi ka vërtetuar se çdo trup i zhytur në fluid dukshëm e humb nga pesha e tij për aq sa është madhësia e peshës së të fluidit të shtypur në të.

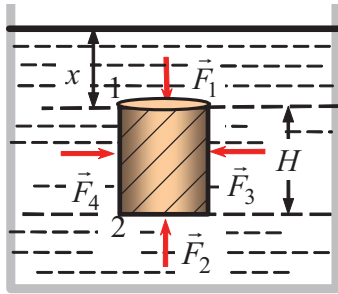


Fig. 1.

Për këtë shkak të shqyrtojmë një trup me formë të rregullt të zhytur në enë me lëng që ka dendësiap (fig. 1). Trupi gjendet në largësi x prej sipërfaqes së lëngut. Ajo prej të gjitha anëve është nënshtruar shtypjes. Poashtu faqet anësore të shtypjes, si të barabarta sipas madhësisë dhe të kundërta sipas kahes, do të zhduken, pra trupi i është nënshtruar këtyre dy forcave: forca e shtypjes që vepron mbi sipërfaqen e sipërme të trupit:

$$F_1 = p_1 S = \rho g x S; \quad (1)$$

dhe forca e shtypjes që vepron mbi sipërfaqen e sipërme:

$$F_2 = p_2 S = \rho g (x+H) S. \quad (2)$$

ku p_1 dhe p_2 janë shtypjet përkatëse hidrostatike të niveleve 1 dhe 2, kurse është syprina e bazave të cilindrit. Shtypjet janë:

$$p_1 = \rho g x \text{ dhe } p_2 = \rho g (x+H).$$

Të gjitha të dhëna me (1) dhe (2) nuk janë barazuar. Duke pasur parasysh këtë që $p_2 > p_1$, të trupit vepron forca e rezultantantes (forca e Arkimedit) që është dhënë me:

$$F = F_2 - F_1 = \rho g H S, \quad (3)$$

$$F = \rho g V, \quad (4)$$

$$F = mg, \quad (5)$$

ku $V=SH$ është vëllimi i lëngut të shtyrë prej trupit,

$m=\rho V$ është masa e lëngut të shtrydhur dendësia e të cilit është ρ . Forca e shtypjes domethënë është e barabartë sipas madhësisë me peshën e lëngut të shtypur vëllimi i të cilit është i barabartë me vëllimin e trupit të zhytur. Ajo vepron në qendrën e masës së trupit dhe është orientuar lartë.

Sa do të jetë forca e shtypjes që e shkaktojnë fluidet mbi trupat të zhytur në të, varet prej natyrës të vet fluidit dhe prej vëllimit të trupit të zhytur.

Kjo mund të tregohet me provën të paraqitur në fig. 2). Te spirallja është varë cilindër i zbrazët P dhe cilindër masiv M. Kur cilindri masiv do të zhytet në ujë, për shkak të veprimit të shtypjes zgjatja është më e vogël prej para zhytjes. Shigjeta, që ta arrin përsëri ndarjen e njëjtë, sikurse edhe para zhytjes të cilindrit masiv M, cilindri i zbrazur P, që ka vëllim të barabartë me vëllimin e cilindrit masiv, duhet të mbushet me lëngun e njëjtë te i cili është zhytur cilindri masiv. Domethënë, lehtësimi i trupit të zhytur është i barabartë po aq, sa është pesha e lëngut me vëllim të barabartë me vëllimin e trupit të zhytur, kurse ajo është pesha e lëngut të shtypur.

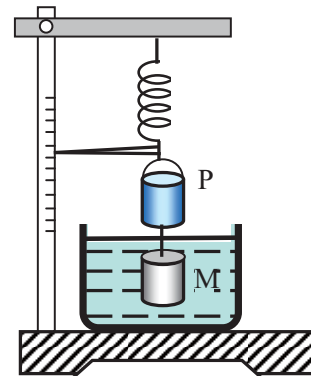


Fig. 2

Për shkak të dendësisë më të madhe të lëngjeve, forca e Arkimedit m[ë shumë vjen në shprehje te lëngjet se sa te gazrat. Prej këtyre shkaqeve te lëngjet vjen deri në shprehje „të gjithë trupat në ujë bëhen më të lehtë”.

Kur ndonjë trup është zhytur në fluid, te ai vepron dy forca me kahje të kundërta. Ato janë: Peshat Tokësore dhe forca e Arkimedit.

9.7. CAKTIMI I DENDËSISË

Në bazë të ligjit të Arkimedit janë konstruktuar instrumente të cilët shfrytëzohen për matjen e dendësisë së trupave të ngurtë dhe të lëngët, si për shembull, *areometëri, terazia e Morit, piknometri* etj.

Ligji i Arkimedit mund të shfrytëzohet për caktimin e dendësisë së trupit me vëllim jo të rregullt. Së pari do ta sqarojmë caktimin e dendësisë së trupit me vëllim jo të rregullt.

Si terazi hidrostatike (fig. 3) mund të shërben një terazi teknike. Një njëjërën anë të terazisë për pikën e fiksuar varet të enës varet trupi dendësia e të cilit caktohet. Te e njëjta anë është vendosur karrike që nuk e prek enën e trezisë, kurse te karrika është vendosur gotë me ujë.

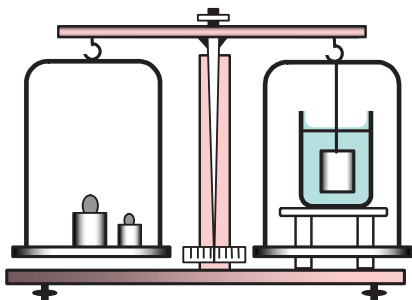


Fig. 1 Terazia hidrostatike

Së pari me trazinë matet masa e trupit të varur dendësia e të cilit caktohet. Masa e trupit le të jetë m . Pastaj matet masa e trupit të njëjtë m_1 i tzhytur në gotën me ujë.

Sipas ligjit të Arkimedit vepron forca:

$$M_v g = mg - m_1 g.$$

Prandaj masa e e ujit të shtyrë është $M_v = m - m_1$, Pasi $V = M_v / \rho_0$ është vëllimi i ujit të shtyrë, por njëkohësisht aq është edhe vëllimi i trupit, për dendësinë e trupit fitohet:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{M_v} \rho_0 = \frac{m}{m - m_1} \rho_0, \quad (6)$$

ρ_0 - dendësia e ujit gjatë temperaturës në të cilën kryhet matja.

Në kushte laboratorike dendësia e trupave të n gust dhe lëngjeve mund të caktohet edhe me piknometër. Piknometri paraqet shishe të qelqit me fyt të ngusht (fig. 2). Që të caktohet dendësia ρ e ndonjë trupi së pari me terazinë analitike matet masa e trupit dendësia e të cilit caktohet, ajo le të jetë m .

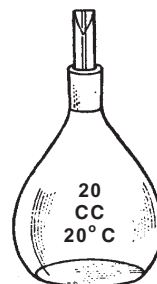


Fig. 2. Piknometri

Pastaj matet masa m_1 e piknometrit të mbushur me ujë. Dendësia e ujit dihet dhe është ρ_0 . Matja e tretë, në realitet, është matje e masës së piknometrit te i cili trupi, por pastaj e mbushur me ujë. Ajo masë le të jetë m_2 . Dendësia e trupit le të jetë:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{(m + m_1 - m_2) / \rho_0} = \frac{m}{m + m_1 - m_2} \rho_0$$

ku masa e ujit e shtyrë nga trupi ($m + m_1 - m_2$) e pjesëtuar me dendësinë të ujit ρ_0 e jep vëllimin e trupit.

$$V = \frac{m + m_1 - m_2}{\rho_0}.$$

Për matjen e dendësisë së lëngjeve të ndryshme shfrytëzohen hidrometra (fig. 3). Ai përbëhet prej dy gypave të qelqit të cilat janë të lidhura sikurse është treguar në fig. 3. Me ndihmën e kujës K zvogëlohet shtypja e gazit mbi lëngun. Megjithatë vjen deri te ngritja e lëngjeve në të dy gypat. Gypat janë të shkallëzuara mund të matet ndryshimi i vërtetë ndërmjet lëngut te gypi dhe enës përkatëse. Pasi shtypja e ajrit mbi lëngun te të dy gypat është i barabartë, të barabartë do të jenë edhe shtypjet hidrostatike të lëngjeve $\rho_1 g h_1$ dhe $\rho_2 g h_2$. Nëse dendësia e njërit prej lëngjeve dihet nëpërmjet matjes të lartësive përkatëse, mund

të caktohet dendësia e lëngut tjetër. Zakonisht si lëng i njohur merret uji. Përkatesisht, $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$

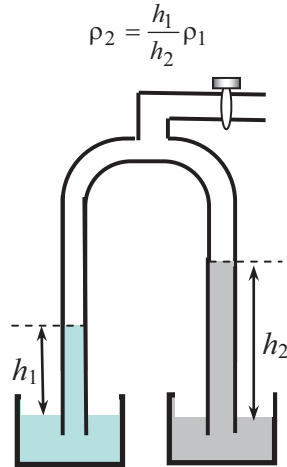


Fig.3. Hidrometri.

ku me ρ_1 dhe ρ_2 shënohen dendësitë e lëngjeve, kurse me h_1 dhe h_2 - lartësitë deri ku është ngritur lëngu te gypat.

9. 8. NOTIMI I TRUPAVE DHE STABILITETI TE LËNGJET

Nëse trupi i ngurt zhytet në lëng, te trupi vepron dy forca me kahe të kundërta. Ato janë pesha e Tokës dhe forca e Arkimit. Varësisht nga ajo se sa është rezultanta e tyre, trupi i zhytur mund të noton, gjendet dikundi në lëng dhe të zhytet në fund të lëngut. A do të noton trupi, zhytet ose qëndron, varet prej natyrës së trupit, por edhe prej natyrës së lëngut. Për shembull, copë e hekurit zhytet në ujë, megjithatë, ajo në zhivë mund të noton.

Nëse trupit të zhytur në lëng vepron pesha e Tokës G është më e madhe se forca e Arkimit A

$$G > F_A, \quad (1)$$

trupi zhytet. Me ρ ta shënojmë dendësinë e trupit të zhytur, kurse dendësinë e lëngut ma ρ_0 . Nëse te barazimi (1) e zëvendësojmë peshën e Tokës që vepron te trupi me $G = mg = \rho Vg$, kurse forcën e

Arkimit me $F_A = mg = \rho_0 Vg$, fitohet

$$\rho Vg > \rho_0 Vg \text{ përkatesisht } \rho > \rho_0 \quad (2)$$

Prej kësaj përfundojmë se trupi i zhytur do të zhytet në lëng nëse dendësia e tij është më e madhe se dendësia e lëngut te i cili është zhytur.

Trupi do të qëndron në lëng nëse pesha e Tokës që i vepron është e barabartë me forcën e Arkimit, përkatesisht $G = F_A$. Në rastin e atillë $\rho = \rho_0$. Përkatesisht, trupi i zhytur do të pezullon në lëng nëse dendësia e tij është e barabartë me dendësinë e lëngut në të cilin është zhytur.

Ngel që të sqarojmë në cilat kushte trupi do të noton. Është e qartë se forca e Arkimit duhet të jetë më e madhe se pesha e Tokës.

$$F_A > G \quad (3)$$

Trupi i zhytur do të noton në sipërfaqen e lëngut nëse dendësia e tij është më e vogël se dendësia e lëngut në të cilin është zhytur ($\rho < \rho_0$) Kur trupi është zhytur në lëng forca e Arkimit që vepron te trupi i zhytur është më e madhe nëse trupi është plotësisht i zhytur se sa nëse noton në sipërfaqe. Prandaj trupi i zhytur, dendësia e të cilit është më e vogël se dendësia e lëngut, do të ngritet vertikalisht lartë te lëngu. Prej momentit kur ai do ta prek sipërfaqen e lëngut, forca e Arkimit bëhet më e vogël. Është e qartë se trupi do të ngritet deri sa forca e Arkimit nuk barazohet me forcën e Tokës që vepron te trupi. Në kushte të baraspeshës drejtimet e veprimit të forcës së Arkimit dhe pesha e Tokës puthiten. Forca e Arkimit vepron në qendrën e masës së lëngut të shtyrë, ndërsa pesha e Tokës vepron në pikën e rëndimit.

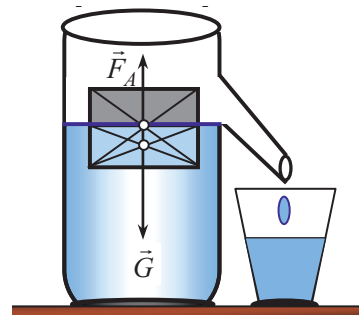


Fig. 1

Domethënë, madhësia e peshës së lëngut e shtyrë me pjesën e trupit që është zhytur në lëng duhet të jetë e barabartë me forcën e peshës së Tokës që vepron mbi trupin.

Kjo mund të vërtetohet kur një enë (fig. 1), e mbushur deri lartë me ujë, zhytet trup që noton, pesha e të cilit është e njohur. Trupi do të shtyn me një pjesë të vet një sasi ujë. Nëse pastaj caktohet pesha e ujit të shtyrë, do të shohim se ajo është e barabartë me peshën e trupit.

Objektet që duhet të notojnë në sipërfaqen e ujit, që të jenë stabil, bëhen me formë speciale. Më së shumti prej atyre objekteve ndërtohen prej materijaleve dendësia mesatare e të cilëve është më e madhe se ajo e ujit. Kusht që objekt i atillë të mbahet në sipërfaqe të ujit është forca e Tokës që vepron në trupin e zhytur të jetë i barabartë me peshën që e ka lëngu që shtyhet prej pjesës së zhytur. Për shembull, anijet së bashku me ngarkesën te ato kanë masë edhe më të madhe. Prandaj objektet të cilët notojnë bëhen me vëllim shumë të madh të pjesës së zhytur që do të shtyn ujin me madhësi të peshës të barabartë me peshën e Tokës që vepron te anija.

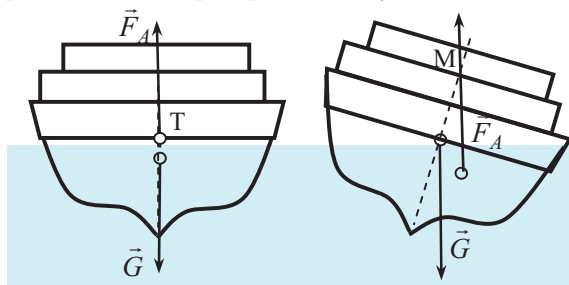


Fig. 2

Kur anija në mënyrë të qetë noton, pika sulmuese P e forcës së Arkimit është nën pikën e rëndimit T, në vertikalen e njëjtë (fig.2a). Atëherë pesha e Tokës dhe forca e Arkimit janë në drejtim të njëjtë por me kahe të kundërt, të barabarta sipas madhësisë, pra eliminohen. Nëse era ose valët e ujit e mënjajnë anijen (fig.2b), për shkak të formës së veçantë të pjesës së zhytur, pika sulmuese e forcës së Arkimit zhvendoset. Atëherë forca e Arkimit dhe pesha e Tokës krijojnë bashkim

të forcave me moment të rrotulluar të përcaktuar që mund ta sjellë anijen përsëri në pozitën e njëjtë.

Deri sa anija është mënjeluar, drejtimi i forcës së Arkimit pritet me simetralen e anijes që kalon nëpër pikën e rëndimit. Pikëprerja e fituar quhet qendra-shënjestër M. Është konstatuar se anija noton në mënyrë stabile, përkatësisht edhe kur është mënjeluar do të kthehet në pozitën stabile deri sa qendra e shënjestrës M është mbi pikën e rëndimit T. Prandaj, me futjen e qendrës së shënjestrës gjatë notimit të trupave vlejné kushtet e njëjta për baraspeshën si edhe trupat që janë mbështetur. Në rastin kur qendra e shënjestrës do të vjen deri nën pikën e rëndimit, anija është në baraspeshë labile dhe përmbysset. Që të jetë stabiliteti më i madh, qendra e shënjestrës duhet të jetë sa më e lartë prej pikës së rëndimit të objektit.

Areometri. Sipas ligjit të Arkimit, përkatësisht sipas ligjit të notimit funksionon areometri. Ai është mjet që shërben për matje të shpejtë dhe të thjeshtë të dendësisë së lëngjeve.

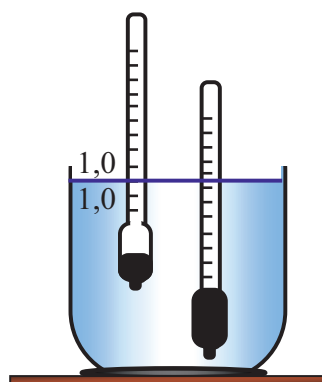


Fig. 3

Në pajtim me kushtun themelor për notimin: forca e peshës së Tokës që vepron te trupi është e barabartë sipas madhësisë së peshës së lëngut të shtyrë prej pjesës së trupit që është zhytur.

Areometri paraqet gyp prej qelqit të mbyllur. Forma e pjesës së zhytur bëhet ashtu që qendra e masës së lëngut të shtyrë, të jetë sa më e lartë mbi pikën e rëndimit të trupit. Që të arrihet kjo baraspeshë të sakjit të poshtëm, te gypi i qelqit janë përforcuar prej saçmave të plumbit.

Te pjesa cilindrike është bartur shkalla e cila është e shkallëzuar në njësi për dendësinë. Gjatë zhytjes të areometrit në lëng, niveli i lëngut direkt e tregon dendësinë e lëngut.

Në praktikë shfrytëzohen dy lloje të areometrave në fig. 3 është dedikuar për matjen e lëngjeve me dendësi të vogla. Zakonisht pika e parë dridhëse është shënuar me 1 i përgjigjet ujit të pastër të destiluar gjatë 4 °C, dendësia e tij është 103 kg/m³ ose 1 g/cm³. Nëse areometri i këtitillë zhytet në lëng me dendësi më të vogël të ujit, ai edhe më shumë do të hyjë në lëng, por me nivelin e lëngut direkt do të lexohet dendësia. dyti prej areometrave është dedikuar për matjen e dendësive të lëngjeve të cilat janë më të mëdhenj prej dendësisë së ujit. Te ato pika dridhëse është shënuar me 1 është në pjesën e sipërme të shkallës. Te lëngu më i dendur areometri i atillë më pak do të zhytet.

SHSEMBULLI 1. Te ena me ujë noton bllok homogjen i drurit, në formë të aralelopedit. Mbi ujin futet vaj deri te gryka e bllokut, ashtu që ana e sipërme e bllokut është në lartësi të sipërfaqes së yndyrës.

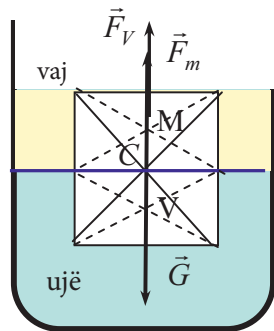


Fig.

Sa është raporti i lartësive mbi bazën e bllokut të cilët janë në ujë dhe në vaj. Dendësia e drurit është $\rho_d = 784 \text{ kg/m}^3$, i vajit është $\rho_m = 676 \text{ kg/m}^3$, 33 mbi ujin $\rho_v = 10 \text{ kg/m}^3$. Zgjidhje. Te gjendja statike është në bara-në baraspeshë te paralelopedi veprojnë forcat e peshës së Tokës G në qendrën e masës së grupit C , forca e fundosjes prej vajit F_m në pikën M (qendra e masës së pjesës te pjesa e vajit) dhe forca e shtytjes së ujit F_v te pika V (qendra e masës së pjesës prej bllokut në ujë). Pasi të gjithë forcat kanë kahe të barabartë shuma e tyre algjebrike duhet të jetë:

$$G = F_v + F_m, \quad G = g\rho_d(V_v + V_m)$$

$$g\rho_d(V_v + V_m) = g(\rho_v V_v + \rho_m V_m)$$

$$\rho_d(h_v + h_m) = \rho_v h_v + \rho_m h_m \quad (1)$$

ku V_v dhe V_m përkatësisht janë vëllimet e bllokut në ujë dhe vaj. Prej barazimit (1) fitohet raporti i kërkuar i lartësive

$$\frac{h_v}{h_m} = \frac{\rho_d - \rho_m}{\rho_v - \rho_d} = \frac{784 - 676}{1000 - 784} = \frac{108}{216} = 0,5.$$

Shembulli 2. Akulli santa noton nëpër sipërfaqen e detit. Vëllimi i santës nën sipërfaqen e ujit është $V_1 = 200 \text{ m}^3$. Të caktohet vëllimi i përgjithshëm i santës nëse dendësia e akullit është $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, kurse dendësia e ujit është $\rho_2 = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. **Zgjidhje.** Nëse vëllimi mbi ujin shënohet me V_1 , kurse vëllimi i përgjithshëm me V , atëherë vëllimi që është nën ujin është $V_2 = V - V_1$. Kur santa noton është plotësuar kushti:

$$F = F_A$$

ku F_A është forca e Arkimedit.

$$V\rho_1 g = (V - V_1)\rho_2 g, \quad V(\rho_1 - \rho_2)g = V_1\rho_2 g$$

$$V = V_1 \frac{\rho_2}{\rho_1 - \rho_2}; \quad V = 1584 \text{ m}^3$$

Pyetje dhe detyra

1. Cakto forcën e shtytjes të gurit me vëllim $1,6 \text{ m}^3$ të zhytur në ujin e detit. Dendësia e ujit është $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$. (Përgjigje: 16 480 N)

2. Te trupi në ajër vepron pesha e Tokës prej 20 N, kurse në ujë 18,25 N. Të caktohet dendësia e sendit gjatë supozimit se ai është bërë prej arit dhe argjentit. Dendësia $\rho_{Au} = 20\,000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{Ag} = 10\,000 \text{ kg/m}^3$. (Përgjigje: 16 0001 kg/m³; Au: 1,5 kg dhe Ag: 0,5 kg)

3. Të caktohet syprina më e vogël e platformës me trashësi 0,35 m nën të cilin mund të mban uji njeriun me masë prej 70 kg (dendësia e platformës është 900 kg/m^3 , kurse dendësia e ujit 1000 kg/m^3). Të supozohet se tërë platforma noton nën sipërfaqen e ujit. (Përgjigje: nëse $m_1 g + m_2 g = F_A$, ku $m_2 = \rho_2 V$ është masa e platformës, ρ_2 është dendësia e platformës $m_1 g + m_2 g = F_{zhyt}$,

$$V = \frac{m_1}{\rho_0 - \rho_2} = 0,7 \text{ m}^3, \quad S = \frac{0,7 \text{ m}^3}{0,35 \text{ m}} = 2 \text{ m}^2.$$

9.9. LËVIZJA STACIONARE E FLUIDIT IDEAL. BARAZIMI PËR KONTINUITET

Gjatë lëvizjes së fluidëve do të kufizohemi në fluid ideal. Ai është fluid ku forcat e fërkimit të brendshëm të cilët janë eliminuese të vogla. Fluidët ideal janë edhe të ashtuquajtura fluide jo të shtrëngurara të cilët gjatë lëvizjes nuk ndryshojnë, përkatësisht dendësia e tyre varet prej shtypjes. Nëse lëvizja e fluidit ideal realizohet nën ndikimin e forcave të jashtme të cilat janë të pavarura prej kohës, te lëngu vendoset gjendja e lëvizjes stacionare. Gjatë kushteve të atilla të lëvizjes madhësia dhe kahja e lëvizjes së vektorit të shpejtësisë, për grimcat të cilat arrijnë njëra pas tjetrës te pika e dhënë prej lëngut, nuk ndryshon gjatë kohës.

Trajektorët sipas të cilave lëvizin grimcat janë paraqitur me vijat të rrjedhjes. Dendësia e vijave të rrjedhjes është proporcionale me shpejtësinë. Shpejtësia e grimcave te pika e dhënë prej vijës së rrjedhjes është në drejtim të tangjentës në pikën e dhënë (fig. 1).

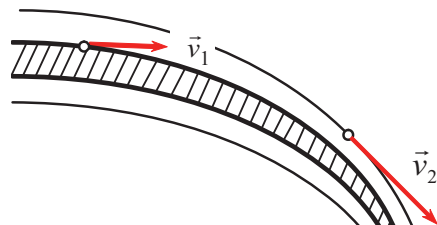


Fig. 1

Pjesë e lëngut, e kufizuar me vijat të lëngut, formon gypë të rrjedhjes. Kur lëvizja është stacionare, grimcat e lëngut nuk i lëshojnë kufijtë e gypit të rrjedhjes. Kjo lëvizje quhet shtresore ose *laminuese*, nëse ajo nuk krijohet në të ashtuquajturën *lëvizje turbulente*.

Te gypi (fig 2) i rrjedhjes vërejmë prerje ku vektori i shpejtësisë është normal në të dhe në të gjitha pikat ka vlerë konstante. Vëllimi i lëngut $\Delta V = S \Delta l$ (Δl gjatësia, S prerja tërthore) që rrjedh nëpër gypin e rrjedhjes për njësi kohe, është **rrjedhje e lëngut** Q . Ai është i barabartë me prodhimin e shpejtësisë së fluidit \vec{v} dhe syprinës S të prerjes tërthore të gypit të rrjedhjes.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = S \frac{\Delta l}{\Delta t} = vS, \quad (1)$$

ku $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$ është shënuar shpejtësia.

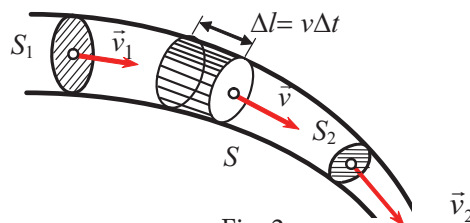


Fig. 2

Gjatë fluidit të pa shtrënguar (të pa kompresibil) për të njëjtën interval të kohës Δt , te çfarëdo prerje të zgjedhur S_1 ose S_2 , (fig. 2), rrjedhja ka vlerë konstante:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \dots = S_n v_n, \quad (2)$$

ku v_1 dhe v_2 janë shpejtësitë përkatëse në çfarëdo prerje të zgjedhura S_1 dhe S_2 . Në rastin e përgjithshëm mund të shkruhet:

$$Sv = \text{const.} \quad (3)$$

Pikërisht, gjatë rrjedhjes stacionare të fluidit ideal nëpër çfarëdo prerje tërthore të gypit të rrjedhjes, për interval kohor të caktuar rrjedh vëllim konstant.

Barazimi (3) shprehja matematike e **ligjit për kontinuitet**, prej ku vijon: shpejtësia e fluidit ideal është më e madhe atje ku prerja tërthore është më e vogël, por vlen edhe anasjelltas.

Prej këtij shkak, për shembull, bari prej gjilpërës së shpërcit rrjedh me shpejtësi shumë të madhe, se sa shpejtësia me të cilën lëviz kuja e tij. Në pajtim me kontinuitetin, gjatë shtypjes së zorrës (ena e gjakut), në vendin e shtrëngimit vjen deri te zmadhimi i shpejtësisë së lëvizjes së lëngut.

Shembulli 1. Nëpër zorrën e zjarrëfiksëve kalon ujë. Një pjesë e zorrës është e lirë dhe ka prerje tërthore, kurse pjesa tjetër është lugë katrori. Sa është raporti i shpejtësive të rrjedhjes së ujit nëpër pjesën e parë dhe të dytë të zorrës?

Së pari kërkohet lidhja ndërmjet syprinave. Prej

$$\text{barazimit (2)} \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}; \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{\pi} = 1,27.$$

9.10. BARAZIMI I BERNULIT

Barazimi i Bernulit e shpreh ligjin për ruajtjen e energjisë gjatë rrjedhjes stacionare të fluidit ideal.

Të shqyrtojmë fluid ideal te gypi i hollë i rrjedhjes me prerjedhje tërthore të ndryshueshme, të vendosur nën këndin në lidhje me rrafshin horizontal (fig. 1). Te gypi i rrjedhjes prerjet tërthore çfarëdo të zgjedhura S_1 dhe S_2 , në lidhje me rrafshin horizontal, përkatësisht janë vendosur në lartësi h_1 dhe h_2 .

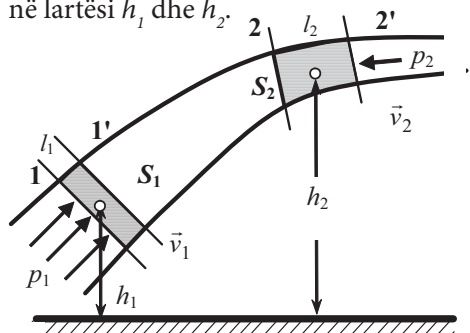


Fig. 1

Lëngu i cili gjendet ndërmjet prerjeve tërthore 1 dhe 2 lëviz edhe sipas intervalit kohor Δt le të jetë gjendja $1'$ dhe $2'$.

Vëllimet $1-1'$ dhe $2-2'$ janë cilindrike dhe shpejtësitë e fluidëve në kufijtë e atyre vëllimeve konstante. Gjatë jo kompresibilitetit të fluidit nëpër prerjet tërthore S_1 dhe S_2 në pajtim me ligjin për kontinuitet, rrjedh e njëjta sasi e lëngut:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_1 = \Delta V_2 = S_1 l_1 = S_2 l_2, \\ \Delta V &= Sv \Delta t, \end{aligned} \quad (1)$$

ku $l_1 = v_1 \Delta t$ dhe $l_2 = v_2 \Delta t$ janë gjatësitë përkatëse për të cilët lëviz fluidi në intervalin kohor Δt .

Pasi shpejtësia e fluidit gjatë kalimit prej vendit 1 në vendin 2 është e ndryshueshme, ndryshimi i energjisë kinetike është:

$$\Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad (2)$$

ndërsa ndryshimi i energjisë potenciale është përcaktuar me:

$$\Delta E_p = mgh_2 - mgh_1 \quad (3)$$

ku masa e fluidit e shprehur nëpërmjet dendësisë ρ është

$$m = \rho V = \rho V_1 = \rho V_2 = \rho S_1 l_1 = \rho S_2 l_2. \quad (3)$$

Ndryshimi i përgjithshëm i energjisë është:

$$\Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k \quad (3)$$

Kur rrjedhja është stacionare, ndryshimi i energjisë potenciale dhe kinetike ΔE_k dhe ΔE_p patjetër të jetë e barabartë me punën që e kryejnë forcat e shtypjes.

Gjatë rrjedhjes së lëngut (nën ndikimin e ndonjë pompe) te prerja S_1 , forca e shtypjes $F_1 = p_1 S_1$, në largësi l_1 , kryen punë pozitive

$$A_1 = F_1 l_1 = p_1 S_1 v_1 \Delta t. \quad (4)$$

Për të njëjtën kohë, te prerja S_2 , vepron shtypja p_2 përkatësisht forca e shtypjes $F_2 = p_2 S_2$, në kahen e kundërt të lëvizjes së fluidit, pra puna

$$A_2 = F_2 l_2 = p_2 S_2 v_2 \Delta t \quad (5)$$

ka kontribut negativ te energjia e bilansit të përgjithshëm:

$$\Delta E_p + \Delta E_k = A_1 - A_2 \quad (6)$$

Prej barazimit (5), duke pasur parasysh barazimet (1), (2), (3), (4) dhe (5) fitohet:

$$\Delta p_1 \Delta V + \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \Delta p_2 \Delta V + \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2,$$

përkatësisht

$$p_1 \Delta V - p_2 \Delta V = \rho \Delta V g h_2 - \rho \Delta V g h_1 + \frac{\rho \Delta V v_2^2}{2} - \frac{\rho \Delta V v_1^2}{2}$$

Barazimi i fundit mund të pjesëtohet me vëllimin V , por pasi grupimit fitohet:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 \quad (7)$$

Barazimi i fituar i lidh shtypjet te prerjet S_1 dhe S_2 . Pasi këto dy prerje janë zgjedhur çfarëdo, indeksat mund të lehet, poashtu për tërë gypin e rrjedhjes (8) vlen:

vlen:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{const.} \quad (8)$$

Ky është **barazimi i Bernulit**, e parashtruar në vitin 1738, prej Daniel Bernuli (1700-1782). Të gjitha tre anëtarët e barazimit të Bernulit kanë dimensionet e shtypjes. Anëtarë i parë paraqet **shtypje statike** dhe nuk është i lidhur me lëvizjen e lëngut.

Madhësia $\rho v^2/2$ është energjia kinetike në njësi vëllim, për atë në praktik shfrytëzohet termi **shtypja dinamike**. Madhësia ρgh është energji potenciale në njësi vëllim ose **shtypje hidrostatike (lartësor)**.

Barazimi i Bernulit mund të shprehet si ligj i cili thotë: *për fluidin ideal te çfarëdo pikë të gypit të rrjedhjes shuma e shtypjes statike, hidrostatike dhe lartësor është konstant*. Ky barazim paraqet bazë për zgjidhjen e një vargu të problemeve dhe të kuptuarit e disa fenomeneve në dinamikën e fluidëve..

Shembulli 1. Gypi i Venturës. Me ndihmën e gypit që ka dy prerje të ndryshme mund të matet rrjedhja Q e fluidit te makinat hidrodinamike të ndryshme dhe rrjedhje të ndryshme të ujit. Për këtë shkak shfrytëzohet gyp horizontal të vendosur për të cilën $h_1 = h_2$ edhe te barazimi (8) për prerjet tërthore S_1 dhe S_2 mund të shkruhet:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (9)$$

Me barazimin e fundit, ligji i Bernulit merr formulim të ri: *Te gypi horizontal shuma e shtypjes statike dhe hidrostatike është madhësi konstante*. Prandaj, nëse te ndonjë pjesë prej gypit horizontal shpejtësia e rrjedhjes zmadhohet, shtypja statike do të zvogëlohet ($S_1 < S_2$, $v_1 > v_2$ dhe $p_1 < p_2$).

Vlen edhe e kundërta, nëse shpejtësia zvogëlohet, shtypja statike zmadhohet. Për shembull, në llogari të zmadhimit të shtypjes hidrostatike, shtypja statike zvogëlohet, por gjatë kushteve të caktuara fiton vlera të vogja dhe prej

shtypjes atmosferike. Në rastin e këtyre të lëngu është më i vogël se shtypja atmosferike, nëse bëhet vrimë e gypit, lëngu jo vetëm që nuk do të rrjedh nëpër vrimën, por do të thith ajër ose lëng prej rrethinës. Në fig. 2 gypat manometrike M, N, Q e tregojnë shtypjen statike.

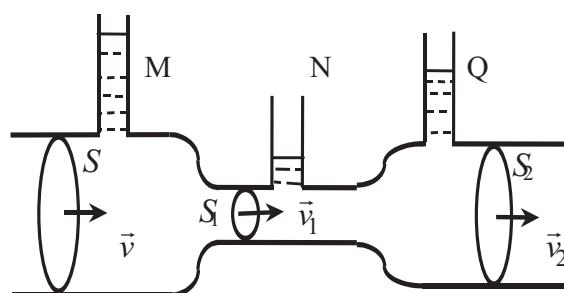


Fig. 2

Prej barazimit (9) dhe ligjit për kontinuitet mund të shkruhet

$$v_1 S_1 = v_2 S_2,$$

përkatësisht

$$v_2^2 \left[\frac{\rho}{2} \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2} \right) \right] = p_2 - p_1 \quad (10)$$

Në bazë të shpejtësisë së fituar prej barazimit (1) për vëllimin e lëngut i cili kalon në njësi kohe (rrjedhja) fitohet

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = S_1 v_2 = S_1 \sqrt{\frac{2(p_2 - p_1)}{\rho \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2} \right)}} \quad (11)$$

Prandaj kur dihet syprina e prerjeve tërthore S_1 dhe S_2 dhe shtypjet p_1 dhe p_2 , ku tregojnë nivelet e lëngjeve te gypat M dhe N (fig. 2).

Shembulli 2. Gyp të Pitot. Matja e shtypjes së fluidit që lëviz në mënyrë stacionare mund të realizohet me ndihmën e dy gypave në mënyrë të thjeshtë me ndihmën e dy gypave (fig. 3). Që të matet shpejtësia e fluidit zgjedhen dy pika A dhe B të cilat shtrihen në të njëjtën vijë të rrjedhimit (fi. 3a).

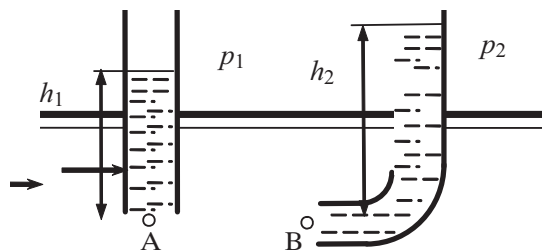


Fig. 3 Gypi i Pitit

Pasi edhe gypi është horizontal, kurse $v_2=0$, sipas barazimit (9) fitohet:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 \quad (12)$$

Prej këtui, për shpejtësinë kemi:

$$v_1 = \sqrt{2 \frac{p_2 - p_1}{\rho}} \quad (13)$$

Gypi i cili quhet gypi i Pitit e mat shumë e shtypjes statike dhe dinamike, d.m.th., shtypjen e përgjithshme. Shtypja statike p_1 të lëngut të lëvizshëm përcaktohet sipas lartësisë h_1 të shtyllës së lëngut te gypi A të paraqitur në fig. 3. Niveli i lëngut te gypi B e tregon shtypjen e përgjithshme sipas lartësisë h_2 .

Nëse ka sistem prej dy gypave të atillë, sipas barazimit (13) mund të përcaktohet shpejtësia e lëngut.

Shembulli 3. Forca shtyse e krahëve të aeroplanit ose krahët e zogjëve mund të sqarohet me ligjin themelor të hidro (aero) dinamikës.

Nëse shqyrtohet rrjedhja laminare rreth modelit të krahut (fig. 4). të pjesës të vijave të rrjedhjes është më e nmadhe, por për shkak të zmadhimit të shtypjes dinamike, shtypja statike zvogëlohet. Prandaj $\vec{v}_1 > \vec{v}_2$ vijon se edhe shtypja $p_1 < p_2$. Në kushte të atilla paraqitet forca shtyse F_p e orientuar lartë.

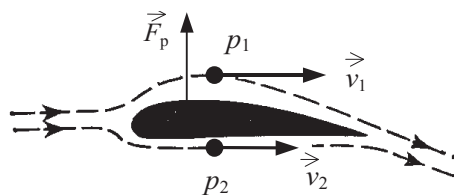


Fig. 4

Gjatë lëvizjes së topit të tenisit, që njëkohësisht edhe rrotullohet (fig. 5), për shkak të dendësisë jo të njëjlojt të vijave të dendësisë të mjedisi i tij ($p_1 < p_2$). ai mënjanohet prej pozitës paraprake.

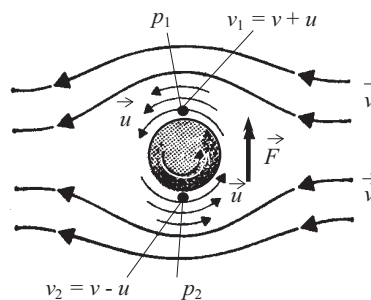


Fig. 5

Dukuri e ngjashme në kushte laboratorike, mund të tregohet me ndihmën e cilindrit të lehtë ku janë mbështjellur dy cilindra me dy penjë. Gjatë ramjes së lirë të cilindrit njëkohësisht duke u zhvendosur kryhet rrotullimi. Edhe këtu për shkak të dendësisë jo të barabar të vijave të rrjedhjes së ajrit të mjedisi i tij, ai mënjanohet prej pozitës vertikale (efekti i Magnusit).

Gjithashtu për shkak të zvogëlimit të shtypjes statike në brendësinë e gypave elastike nëpër të cilët qarkullon lëng ose gaz, nën ndikimin e shtypjes më të ulët, vjen deri te ngjitja e mureve të tyre. Ngjitja e mureve ndalon me ndalimin e rrjedhjes.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është rrjedhja e lëngut dhe si mund të përcaktohet?
2. Çka matet me gypin e Pitit?
3. A mund të numëroni edhe shembuj tjerë për zbatimin e barazimit të Bernulit?

9.11. DISA ZBATIME TË BARAZIMIT TË BERNULIT

Barazimi i Bernulit për lëvizjen e fluidëve në gypa me prerje të ndryshueshme gjen zbatim të gjerë.

POMPA E BENZONIT ose pompa vakuum me curil të ujit (gazit).-Në mjekësi dhe stomatologji shumë herë gjatë disa intevenimeve shfrytëzohet pompa me curil uji ose ajër të komprimuar (fig. 1). Uji (ose gazi) nën shtypjen e madhe lëshohet të rrjedh prej gypit A që mbaron me vrimë të ngushtë ku krijohet shtypje dinamike e zmadhuar. Curili i ujit (gazit) hyn në gypin konik dhe megjithatë në atmosferë del së bashku me gazin ose lëngun që thithet prej rezervuarit R.

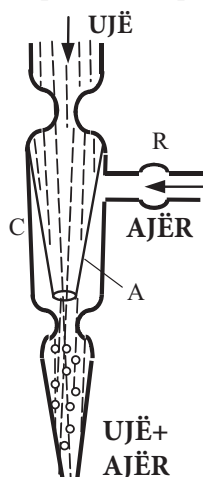


Fig. 1 Pompa e Bunzenit

Hapësira C e cila e përfshin gypin A skaji i të cilit ngushtohet. Këtu për shkak të shtypjes dinamike të zmadhuar ekziston shtypje statike të zvogëluar ku vjen deri në thithjen e ajrit ose lëngut prej balonit R

Prej këtyre shkaqeve nëse baloni C nëpërmjet R lidhet për sondën, mundet të nxirret pështymë ose gjak që mbledhet gjatë kryerjes të ndonjë intervenimi mjekësor (për shembull, iatillë është thithësja).

Me pompat e këtilla mund të arrihet zvogëlimi i shtypjes afërsisht 4 kPa deri 12 kPa (shtypja atmosferike është afërsisht 101 325 Pa).

Ky lloj i popmave laboratorike shfrytëzohet për përsheptimin e proceseve të filtrimit të tretjeve ose te avullimit i lëngjeve gjatë shtypjes së zvogëluar.

Pompa ed Benzoniit shpesh shfrytëzohet edhe për nxjerrjen e ujit të mbledhur te mushkëritë e bardha.

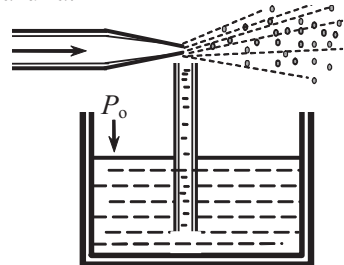


Fig. 2. Pulverizator

PULVERIZATORI zakonisht përbëhet prej dy gypave normale, prej të cilave vertikajla është vendosur në enë me lëng që duhet të stërpiket, kurse nëpër gypin horizontal të qarkullon ajër (fig. 2).

Për shkak të zmadhimit të shpejtësisë së ajrit nëpër pjesën e ngushtuar shtypja statike e skajit të sipërm prej gypit vertikal bie edhe shtypja atmosferike. Poashtu më të ulët se shtypja atmosferike. Megjithatë lëngu prej enës hyp dhe stërpiket ndërmjet molekulave të afërme.

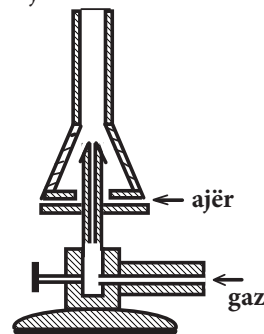


Fig. 3. Flakadani i Bunzenit

FLAKADANI I BUNZENIT (fig. 3)- këtu gjatë qarkullimit të shpejtë të gazit që duhet të digjet, nëpër pjesën e ngushtë të gypit krijohet kushte për shtypjen statike te flakadani të jetë më i ulët prej shtypjes atmosferike të mjedisit, pra nëpër vrimat anësore do të hyn ajri që e mbështet djegëjen e gazit.

9.12. DINAMIKA E FLUIDËVE REAL. VISKOZITETI I LËNGJEVE

Lëngjet e realta gjatë lëvizjes, për dalim prej lëngjeve ideale, si pasojë prej veprimit ndërmjet molekular të shtresat prej lëngut, tregojnë forca të fërkimit të brendshëm ose *viskozitetit*. Gjatë rrjedhjes të çfarëdo lëngu real shtresat e tij të caktuara veprojnë njëri në tjetrin me forcat e shtresave tangjenciale, por të kahëzuara në anën e kundërt të lëvizjes. Si rezultat i kësaj, gjatë rrjedhjes laminare një lëng real, shtresat ose pjesët prej lëngut lëvizin me shpejtësi të ndryshme

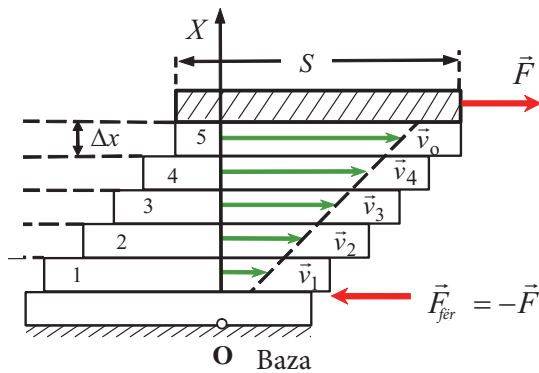


Fig. 1

Ta shqyrtojmë rrjedhjen e lëngut real nëpër bazën horizontale të palëvizshme (fig. 1). Kushtimisht, lëngu mund të tregohet në formë të shtresave, ashtu që nën ndikimin e shtrëngimit tangjencial, rrjedhja qëndron në rrëshqitjen ndërmjetshme të shtresave. Për lëvizjen e pllakës së sipërme me shpejtësi konstante v_0 është e domosdoshme në të njëjtën kahe të vepron ndonjë forcë konstante F . Megjithatë, shtresat veprojnë njëra në tjetrën dhe zhvendosen me shpejtësi të ndryshme të cilat zmadhohen me largësinë e shtresës të ngjitur për bazën e fiksuar. Shpejtësia maksimale v_0 do të ketë shtresa që është në kontakt të drejtpërdrejt me shtresën që është ngjitur për pllakën e sipërme lëvizëse, përkatësisht

$$v_1 < v_2 < v_3 < v_4 < v_5 \dots < v_0.$$

Forca e viskozitetit të fërkimit, që paraqitet ndërmjet dy shtresave, është rezultat i ndry-

mit të impulseve ndërmjet veti të molekulave që i takojnë shtresave me shpejtësi të ndryshme.

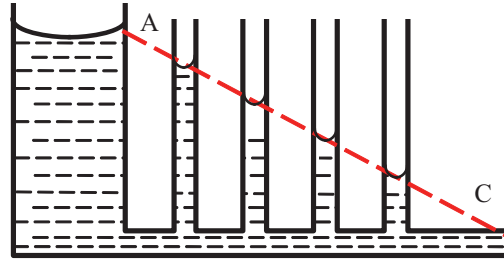


Fig. 2

Ekzistimi i forcave të fërkimit të lëngjet reale mund të tregohet në mënyrë të thjeshtë (fig. 2). Nëse nëpër gypin horizontal me prerje tërthore të barabartë rrjedh fluid ideal me shpejtësi konstante, sipas barazimit të Bernulit (barazimi i Bernulit vlen vetëm për fluidet ideale) shtypjet statike duhet të jenë të barabarta. Megjithatë, nivelet e lëngjeve në gypat e vendosur vertikalisht, tregojnë se shtypjet statike bien më shumë kur lëngu kalon rrugë të gjatë. Pasi rrjedhja është e njëtrajtshme dhe nuk shpejton, kjo do të thotë se puna e forcave të shtypjes njëtrajtesohet me forcat e fërkimit të brendshëm.

Për shkak të ekzistimit të forcave të brendshme të fërkimit, lëvizja e fluidëve në gyp është shtresore (laminare), kurse shpejtësia e shtresave rritet me largësi të mureve të gypit. Në realitet, kjo do të thotë se shtresat të cilat janë në kontakt të drejtpërdrejt me muret e gypit pothuajse janë ngjitur për atë, ndërsa pjesa e mesme lëviz me shpejtësi të madhe.

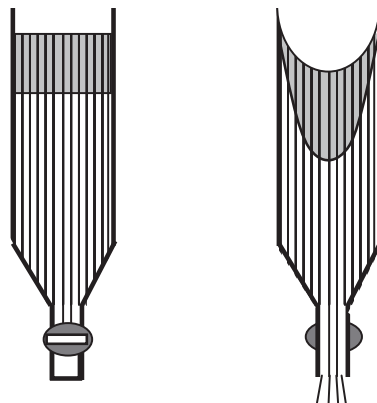


Fig. 3

Orari i këtitillë i shtresave mund të vërehet me ndihmën e këtij eksperimentit të thjesht.

Te gypi vertikal i qelqit (fig. 3a) vendoset një sasi tretje e ngjyrosur prej sheqeri, kurse mbi të shtresë të caktuar. Kur do të hapet çepi i skajit të poshtëm të gypit dhe kur tretja do të rrjedh (fig. 3b), do të vërehet se shtresat nuk lëvizin me shpejtësi të barabartë.

Eksperimentalisht është treguar se forca e fërkimit të brendshëm për shtresat e qarkullimit i nënshtrohet ligjit të Njutnit për viskozitetin i cili thotë

$$F = -\eta S \frac{\Delta v}{\Delta x}, \quad (1)$$

ku S është syprina e çdo shtrese në veçanti, koeficienti i i fërkimit të brendshëm η quhet *viskoziteti dinamik* ose vetëm viskozitet, Δy është ndryshimi i shpejtësive të lëvizjes së dy shtresave prej lëngut në largësi Δx , $\Delta v/\Delta x$ është **gradient i shpejtësisë**. Shenja minus „-“ tregon se forca e fërkimit të brendshëm të lëvizjes së shtresave.

Njësia për viskozitetin dinamik në SI është 1Pa s (paskalsekundë).

Viskoziteti kinematik zakonisht shënohet me ν dhe është dhënë me herësin e viskozitetit dinamik dhe dendësisë së lëngut.

$$\nu_k = \frac{\eta}{\rho} \quad (2)$$

Viskoziteti dinamik është karakteristikë për materialet, njëjtë sikurse që është edhe moduli i elasticitetit.

Viskoziteti i substancave, përveç temperaturës, varet edhe prej llojit të fluidit dhe kushteve nën të cilat gjenden fluidet. Kështu, për shembull, gazërat kanë viskozitet më të vogël prej lëngjeve, por me rritjen e temperaturës, viskoziteti të gazërat rritet, ndërsa të lëngjet edhe bashkëdyzimet me molekularitet të ulët zvogëlohet.

Pyetjedhe detyra

1. Për shkak të ekzistimit të forcave të fërkimit të brendshëm, se si ndryshon shpejtësia e shtresave?

9.13. REZISTENCA E MJEDISIT. LIGJI I STOKIT

Provat tregojnë se forcat e fërkimit të brendshëm ekzistojnë jo vetëm gjatë lëvizjes së lëngjeve por edhe gjatë lëvizjes së trupave në lëngje. Me qëllim që të zvogëlohet rezistenca e mjedisit që e rrethon trupin gjatë lëvizjes së tij nëpër fluide ose, anasjelltas, gjatë rrjedhjes së tij me fluidë, tgrupat bëhen me të ashtuquajturën forma aerodinamike. Prej të gjitha formave aerodinamike, sfera ka formë më të thjeshtë.

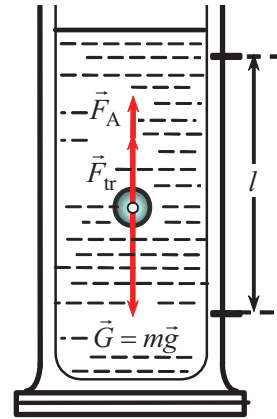


Fig. 1

Forca e rezistencës e mjedisit ka kahe të kundërt prej shpejtësisë së trupit për grimcën materijale me formë sferike gjatë lëvizjes laminaire të saj është përcaktuar me ligjin e Stokes.

$$F_{tr} = f v_o = 6 \pi \eta r v_o, \quad (1)$$

ku f është koeficienti i fërkimit që për grimcat sferike është $f=6\pi\eta r$; r është rrezja e grimcës materijale, v_o është shpejtësia e saj, η është koeficienti i viskozitetit të mjedisit.

SHEMBULLI 1. Gjatë supozimit se muret e enës nuk ndikojnë mbi lëvizjen e topit me rreze $r = 1$ mm, të caktohet shpejtësia e topit që nën veprimin e forcës së gravitacionit lëviz në mjedisin e viskozitetit (për glicerinin $\eta=0,83$ Pa s, $\rho_t=800$ kg/m³). Dendësia e topit është $\rho = 6\,000$ kg/m³.

Zgjidhje. Lëvizja e topit (shiko fig. 1) është e njëtrajtshme dhe në të veprojnë tre forca dhe atë: pesha e Tokës \vec{P} , forca e Arkimedit \vec{F}_A dhe forca e rezistencës $\vec{F}_{fër}$ e përcaktuar me ligjin e Stokes (1). Kur grimcat lëvizin njëtrajtësisht, këto forca janë në baraspeshë ndërmjet veti, ku për intensitetin e tyre mund të shkruhet:

$$P = F_A + F_{fër} \quad (2)$$

Për topin me rreze r ; dhe dendësi ρ_1 , duke ditur se vëllimi i topit është barazimi $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, (2) është

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_t g - 6\pi \eta r v = 0 \quad (3)$$

ku $P = mg = 4\rho\pi r^3 g / 3$, $F_{fër} = 6\pi \eta r v$, por $F_A = m_t g = 4\rho_t \pi r^3 g / 3$.

Te barazimet e fundit m_t është masa e lëngut të shtryrë prej topit, ρ_t është dendësia e lëngut, v shpejtësia gjatë lëvizjes së njëtrajtshme të topite. Prej barazimit (3) për shpejtësinë kemi.

$$v = \frac{2(\rho - \rho_t)r^2 g}{9\eta} \quad (4)$$

prej ku për shpejtësinë fitohet $v = 0,0136$ m/s.

Me matjen e kësaj shpejtësie mund të fitohen të dhëna për formën e madhësisë së grimcave. Barazimi (4) shfrytëzohet edhe për caktimin e viskozitetit të lëngjeve. Në këtë, në këtë princip funksionon viskozi-metri i Heplerit. Me rritjen e shpejtësisë së trupit prej kalimit laminar, rrjedhja e fluidit rreth trupit prej kalimit laminar në turbulent dhe pas trupit krijohet shtjelle. Forca e rezistencës së mjedisit shumë varet prej formës së trupit.

Karakterit i qarkullimit (turbulente ose laminare) varet, para së gjithash, prej vetive të fluidit, shpejtësisë së qarkullimit, dimensioneve dhe formës së gypit. Karakteri i qarkullimit të fluidit përcaktohet me madhësinë pa dimensionale, të ashtuquajtur **numri i Reynoldsit**.

$$R_e = \frac{\rho v D}{\eta} \quad (5)$$

ku ρ është dendësia e fluidit, D është diametri i gypit të cili shqyrtohet rrjedhja, η është koeficienti i viskozitetit, v është shpejtësia e fluidit..

Nëse shpejtësia e fluidit është e barabartë ose më e madhe prej ndonjë shpejtësie kritike për rrjedhjen e kalimit prej laminare në turbulente dhe numri i Reynoldsit fiton vlerë kritike. Për vlerat e $R_e < R_{e_{kr}}$ rrjedhja e fluidit të dhënë është laminar, kurse për $R_e > R_{e_{kr}}$ rrjedhja është turbulente.

Sikurse shihet prej barazimit (5) karakteri i rrjedhjes së fluidit varet prej dimensioneve të gypit. Te gypat e gjerë dhe gjatë krahasimit të shpejtësijave të mëdhaja mund të paraqitet rrjedhje turbulente të fluidëve. Për shembull, te gypit me diametër prej 2 mm rrjedhja e ujit bëhet turbulente gjatë shpejtësisë së madhe 127 cm/s, ndërsa në gyp me diametër prej 2 cm ajo është turbulente me shpejtësi prej 12 cm/s (temperatura prej 16°C).



Fig. 2. Rrjedhja turbulente

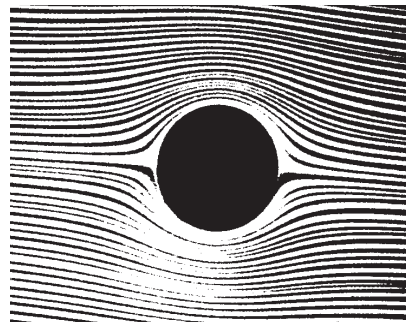


Fig. 3. Rrjedhja laminare

9. 14. LIGJI I PUAZIT. VISKOZIMETRI

Kur forcat e gravitacionit nuk ndikojnë në rrjedhjen, kurse lëngu nëpër gypin horizontal lëviz në mënyrë stacionare, që të përballohet fërkimi i brendshëm, patjetër të ekzistoj ndryshimi i shtypjeve.

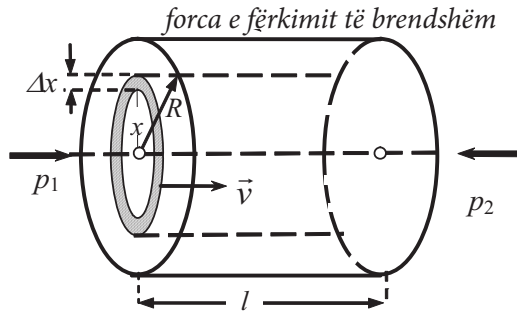


Fig. 1

Në skajet e gypit shtypjet le të jenë p_1 dhe p_2 , ashtu që $p_1 > p_2$ (fig. 1). Lëngu, megjithatë, do të lëviz prej shtypjes më të madhe nga shtypja më e vogël. Te gypi i këtillë shtresate e lëngut janë cilindra koaksial. Prandaj, çdo shtresë që është në largësi x prej boshtit të simetrisë ka shpejtësi të barabarta.

$$v = \frac{p_1 - p_2}{4\eta l} (R^2 - x^2). \quad (1)$$

Për shkak të simetrisë të boshtit, pjesëzat e lëngut të cilat një lloj janë të larguara nga boshti gjeometrik, kanë shpejtësinë e njëjtë. Shtresa që është në prekjën e drejtpërdrejtë me muret ($x=R$) ka shpejtësinë $v=0$, kurse shpejtësia më e madhe v_{max} ka shtresa në gjatësinë e boshtit gjeometrik ($x=0$):

$$v_{max} = \frac{p_1 - p_2}{4\eta l} R^2 \quad (2)$$

Domethënë, shpërndarja e shpejtësisë së grimcave në prerje të caktuar të gypit me rreze R ndryshon sipas ligjit parabolik. Përkatësisht shpejtësia bie nga muret e gypit.

Grafiku i shpejtësisë, që ka formën e parabolës, është paraqitur në fig. 2. Rrjedhja e lëngut të viskozitetit eksperimentalisht është treguar në kapitullin 9.12 figura 2.

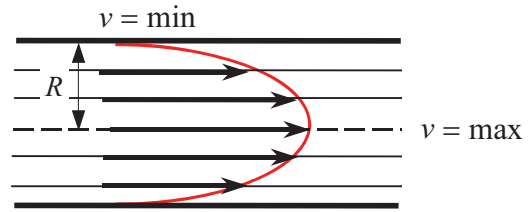


Fig. 2

Sipas shpejtësisë mesatare shpejtësia përcaktohet prej barazimit (2). Puaze ka njehsuar se rrjedhja e lëngut të viskozitetit nëpër gypin cilindrik me gjatësi l dhe rreze R është

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l} \quad (3)$$

Prej barazimit (3) mund të caktohet vëllimi i lëngut me viskozitet η i cili do të kalon nëpër gypin e këtillë për kohën t :

$$V = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l} t \quad (4)$$

Sikurse shihet prej barazimit (4), gjatë kushteve të brendshme të dhëna, rrjedhja laminare, ndryshimi konstant i shtypjes dhe rrezja e gypit, rrjedhja Q e lëngut është në proporcion të zhdrejt me koeficientin e viskozitetit η dhe gjatësi e gypit l .

Kjo varësi mund të jetë e shfrytëzuar për matjen e viskozitetit të lëngjeve.

Metodat dhe mjetet të cilat shfrytëzohen për përcaktimin e viskozitetit të fluidëve, i studion *viskozimetria*. Koeficienti i viskozitetit përcaktohet me mjete speciale, të quajtura *viskozimetra*.

VISKOZIMETRI I OSTVALLDOVIT. Ky viskozimetër mundëson të caktohet viskoziteti i një lëngu, nëse dihet viskoziteti i lëngut tjetër.

Për këtë qëllim shpesh shfrytëzohet ujë i destiluar. Njëri prej realizimeve të viskozimetrave të Ostvalldit është paraqitur në fig. 1. Ai paraqet gyp kapilar prej qelqi të lakuar në formë të shkronjës latine U. Njëri krah i gypit është zgjeruar dhe ka rezervuar (1). Në pjesën e sipërme të krahut tjetër të gypit U gjendet zgjerimi dhe dy indeksa të shkallëzuar

M_1 , dhe M_2 , me të cilat definohet volumi në të ashtuquajturën rezervar të matur (2). Fundi i rezervarit vazhdon në gyp kapilar (3). Së pari viskozimetri mbushet me volum të caktuar të lëngut viskoziteti i së cilës caktohet dhe matet koha deri sa lëngu nuk kalon përmes indeksve M_1 dhe M_2 .

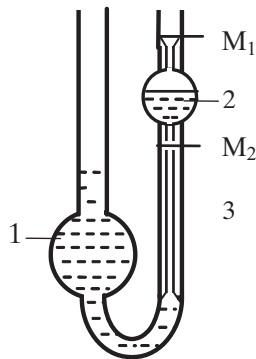


Fig. 3. Viskozimetri i Ostvalldit

Nëse te ligji i Puazes (barazimi 3) vëllimi shprehet nëpërmjet masës së lëngut m dhe dendësisë së tij ρ ($V=m/\rho$),

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{\Delta p}{l} t, \quad (5)$$

η

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8m} \frac{\Delta p}{l} \rho t, \quad (6)$$

ose

$$\eta = C \rho t, \quad (7)$$

prej ku

$$C = \frac{\pi R^4}{8m} \frac{p_1 - p_2}{l}. \quad (8)$$

Gjatë kushteve stacionare, barazimi (7) e zbatuar për rrjedhjen e vëllimit të caktuar të ujit të destiluar, i kufizuar ndërmjet indeksave M_1 dhe M_2 , thotë:

$$\eta_0 = C \rho_0 t_0, \quad (9)$$

t_0 është koha e rrjedhjes së ujit deri sa nuk kalon prej M_1 deri te M_2 ; ρ_0 është dendësia e ujit vlera e të cilit dihet. Duke pjesëtuar (7) dhe (9), vlera relative e viskozitetit është:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} \quad \text{ose} \quad \eta = \eta_0 \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}. \quad (11)$$

Vlera relative tregon për sa herë viskoziteti i ndonjë lëngu është më i madh (më i vogël) në lidhje me viskozitetin e lëngut e zgjedhur referent.

VISKOZIMETRI I HEPLERIT. Metoda e cila shfrytëzohet te ky viskozimetër është bazuar në ligjin e Stoksovit. Duke i shfrytëzuar barazimet (4 prej 9.13) gjatë lëvizjes së njëtrajtshme me shpejtësi v_0 të topit me lëng të viskozitetit η , fitohet:

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho_t)r^2 g}{9v_0} = \frac{2(\rho - \rho_t)r^2 g t}{9l}; \quad (10)$$

kurse

$$v_0 = \frac{l}{t}. \quad (11)$$

Viskozimetri i Heplerit përbëhet prej enës cilindrike që mbushet me fluid te i cili duhet të përcaktohet viskoziteti. Te ena e njëjtë janë shkallëzuar dy indeksa të cilët janë vendosur në largësi të caktuar l (fig.1 prej 9.13). Te fluidi njihet dendësia ρ_t dhe jo i njohur viskoziteti ρ , vërehet ramja e njëtrajtshme e topit. Topi është me dendësi të njohur ρ dhe rreze r , poashtu matet koha t të ramjes së lirë ndërmjet të dy indeksave të enës. Viskoziteti ρ lehtë caktohet sipas barazimit (10) dhe (11) ku të gjitha madhësitë janë të njohura dhe lehtë maten

Pyetje dhe detyra

1. Sipas cilës gjykohet se rrjedhja e një lëngu të viskozitetit do të jetë turbulente ose laminare?
2. Cilat ligje shfrytëzohen gjatë përcaktimit të viskozitetit?

Që të mësoni më shumë, kërkoni:

http://physicsweb.org/resources/Education/Interactive_experiments/Fluid_dynamics/

10.1. NXEHTËSIA. TEMPERATURA TERMIKE

Pavarësisht a bëhet fjalë për materje të ngurtë të lëngët ose të gaztë. Ajo përbëhet prej grimcave, përkatësisht prej atomeve dhe molekuleve. Atë grimca lëvizin dhe për këtë shkak posedojnë energji kinetike. Në mënyrë plotësuese për shkak se ekziston veprim reciprok ndërmjet grimcave, ato posedojnë edhe energji potenciale.

Energjia e lëvizjes relative energjia e tyre potenciale në fushën e veprimit reciprok ndërmjet molekulares quhet energji e brendshme e trupit. Këtë energji na e ndjejmë si nxehtësi. Kjo do të thotë se energjia kinetike e grimcave të materja mundemi shumë lehtë ta ndërrojmë. Mjafton që vet ta ngrohim trupin dhe energjia kinetike të grimcave është zmadhuar.

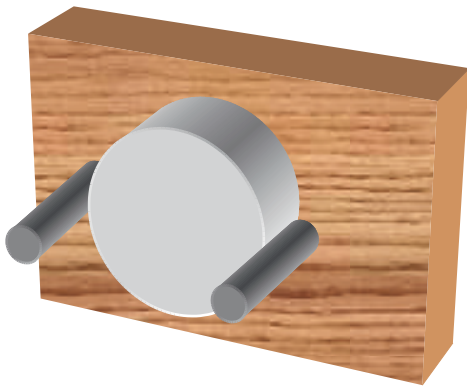


Fig 1. Zgjerimi i trupave të ngurtë gjatë nxemjes

Matja për nxemjene një trupi është madhësi fizike- *temperatura*. Me zmadhimin e nxemjes së një trupi, rritet edhe temperatura.

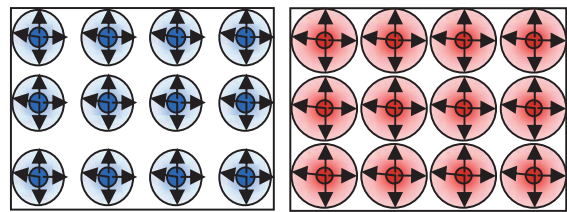
Zgjerimi termik i trupave

Të realizojmë një eksperiment. Në bazën e drurit ngulni dy gozhda në largësi sa do që të jetë ndërmjet tyre të kalon në monedhë metalike (figura 1). Bazën e drurit vendosni vertikalisht. Nxehni një monedhë me qiri, llambë shpirtusi ose në reshë. Përpiquni ta nxehni monedhën ndërmjet

monedhës dhe dy gozhdave. Ajo me siguri se nuk mund të kalon. Leni monedhën të mbështetur afër gozhdave. Pas një kohe vet mundohet do të kalon.

Çka ka ndodhur?

Kur një trup i ngurtë gjendet në temperaturë të caktuar, grimcat në mënyrë haotike lëkunden rreth pozitës së tyre baras rrafshi lëvizin vetëm në dy drejtime.) Nëse trupi nxehet në temperaturë më të lartë, grimcat lëkunden më shumë. Largësia e tyre prej pozitës baraspeshe zmadhohet (figura 2b). Kjo do të thotë se *trupit i nevojitet hapësirë më të madhe të cilin do të jenë të vendosura shumë grimca të tij.*



a)

b)

Fig.2. Trupi të figura a) është më i ftohët prej atij të figura b).

Makroskopike, na atë do ta vërejmë si zgjerim të trupit. Pothuajse të gjithë trupat zgjerohen kur nxehen, pavarësisht a bëhet fjalë për trup të ngurtë, të lëngët ose në gjendje të gaztë. Mund të përfundojmë: me përjashtime të vogla, zmadhimi i temperaturës të trupat shkakton zmadhim të vëllimit të tyre. Kjo dukuri quhet zgjerim termik të trupave. Poashtu, zgjerimi mund të jetë: vijor, sipërfaqësor dhe vëllimi.

Edhe pse çdo trup i ngurtë gjatë nxemjes zgjerohet në të tre dimensionet, duke pasur parasysh formën e trupit, mund të eliminohet njëra ose të dy dimensionet e tij. Për shembull te thuprat e gjata metalike mund të flitet për zgjerim vijor duke eliminuar zgjerimin në dy dimensionet tjera. Te pllakat metalike me trashësi të vogël mund të flitet për zgjerim sipërfaqësor. Ndërsa zgjerimi i vëllimit shqyrftohet te trupat të cilat

kanë dimensione të cilat nuk mund të elimino-
hen.

Dy trupa me gjatësi të njëjtë, por prej materijalit të ndryshëm, gjatë zmadhimit të njëjtë të temperaturës, nuk kanë një lloj të zgjerohen. Kjo tregon se zgjerimi termik i trupave varet prej materijalit prej të cilit është bërë. Prandaj te zgjerimi vijor futet i ashtuquajtimi **koeficienti i temperaturës të zgjerimit vijor**, por që është i ndryshueshëm për materiale të ndryshme. Ai përkufizohet si zgjatje e largësisë njësi të trupit të ndërtuar prej materijalit gjatë zmadhimit të temperaturës për 1°C:

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t} \quad (1)$$

Duke shënuar me l_0 gjatësinë fillestare në 0°C, prej barazimit (1) varësia e gjatësisë l_t prej temperaturës t , është dhënë me barazimin:

$$l_t = l_0 (1 + \alpha t) \quad (2)$$

Ose nëse dihet **koeficienti i temperaturës së zgjerimit vijor** α lehtë mund të caktohet zgjatja e thuprës,

Koeficienti i temperaturës së zgjerimit vijor α për numrin më të madh të materijaleve është pozitiv. Përjashtim bëjnë kauçuku ose materialet plastike të cilët kanë koeficient negativ α të zgjerimit. Prandaj te materialet me koeficient α dimensionet zvogëlohen me zmadhimin e temperaturës.

$$a_t = a_0 (1 + \alpha t) \quad (3)$$

$$b_t = b_0 (1 + \alpha t) \quad (4)$$

$$c_t = c_0 (1 + \alpha t) \quad (5)$$

Gjatë zhvillimit të shprehjes:

$$a_t b_t c_t = a_0 b_0 c_0 (1 + \alpha t)^3 \quad (6)$$

vlerat $3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3$ janë shumë të vogla dhe mund të eliminohen ashtu që:

$$\begin{aligned} a_t b_t c_t &= a_0 b_0 c_0 (1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3) \\ a_t b_t c_t &\approx a_0 b_0 c_0 (1 + 3\alpha t) \end{aligned} \quad (7)$$

Me $p=3\alpha$ le ta shënojmë **koeficientin e temperaturës së zgjerimit të vëllimit**. Ai është tre herë më i madh se **koeficienti i temperaturës së zgjerimit vijor** α .

Prodhimi $a_0 b_0 c_0 = V_0$ paraqet vëllim të 0°C, pra varësia e vëllimit prej temperaturës është:

$$V_t = V_0 (1 + \beta t) \quad (8)$$

Gjatë zgjerimit termik të lëngjeve, gjithashtu vlen barazimi (8). Poashtu, koeficienti i zgjerimit kubik të lëngjet është shumë më i madh se te trupat e ngurtë.

Uji tregon anomalinë gjatë zgjerimit termik. Kur uji ngrohet prej 0°C deri 4°C, ai në vend që të zgjerohet, mblidhet. Uji gjatë nxemjes zgjerohet gjatë temperaturës më të lartë prej 4°C. Për këtë shkak të 4°C uji zen vëllim më të vogël dhe ka dendësi më të madhe. Ndryshimi i gjatësisë ose vëllimit me temperaturë gjatë realizimeve konstruktive të ndryshme gjithmon duhet pasur llogari që ta kemi parasys.

MATJA E TREMPERATURËS. TERMOMETRI

Zgjerimi termik ka zbatim të madh gjatë konstruksioineve të termometrave.

Instrumentet me të cilat matet temperatura quhet *termometër*. Më së shpeshti hasen termometra me lëng. Lëngu, zhiva ose alkooli, vëndohen në një rezervuar të vogël që është i lidhur me kapile të vogël (fig. 3b). Me nxemjen e lëngut zgjerohet dhe hyp te kapilara.

Tip tjetër i termometrave e shfrytëzojnë zgjerimin e trupave të ngurtë. Merret shirit i hollë metaliku dhe lakohet në formë të spirales (fig. 3a). Skaj qendror i spirales fiksohet, kurse në pjesën e jashtme vëndohet shigjeta. Me nxemjen e spirales zagjitet dhe në atë mënyrë shigjeta zhvendoset.

Ekzistojnë termometra të cilat nuk e shfrytëzojnë zgjerimin e trupave gjatë nxemjes. Të atillë termometra të cilët shfrytëzojnë kristal të lëngut (fig. 3ç). Tip i veçantëtë kristaleve të lëngut kanë veti të temperaturës së caktuar

të radhiten dhe poashtu bëhen të dukshme ose u ndrysho ngjyra. Lloj tjetër i termometrave, të cilët nuk e shfrytëzojnë zgjerimin gjatë nxemjes, janë termometrat digjital (fig. 3c)

Ato në mënyrë elektronike e regjistrojnë ndryshimin e temperaturës, por që të kuptohet principi i funksionimit të tyre, janë të nevojshme disa parajohuri tjera, të cilat do t'i merrni në të ardhshmen.

Që të matet ndonjë madhësi fizike, përveç instrumentit, duhet të përkufizohet edhe njësi. Shumica e shkencëtarëve, sikurse Njutni, Remer, Rankin etj., kanë propozuar njësi të ndryshme për temperaturën. Sot në botë në përdorim ter, kurse te ne me ligj janë lejuar vetëm dy.

Në vitin 1742 astronomi suedez Anders Celsius ka propozuar shkallën e temperaturës sipas së cilës zero shkallë është temperatura te e cila ngrin uji në akull, kurse njëqind shkallë në të cilën vlon uji. Një e qindëta pjesë e intervalit të temperaturës ndërmjet ngrirjes dhe avullimit të ujit gjatë kushteve normale është shkallë Celsius (°C).

Në vitin 1848 lord Kelvini, përkatësisht Vilijam Tomson, e ka propozuar shkallën e tij, e cila quhet shkalla absolute ose shkalla termodinamike është në përdorim në shkencë. Ai ka njehsuar se zero në këtë shkallë ose e ashtuquajtura zero absolute gjendet në -273,15°C. Pënder të lordit Kelvin, kjo njësi është quajtur njësi themelore e madhësisë fizike temperatura në SI dhe përkufizohet: kelvin është 1/273,16-ta pjesë e temperaturës të pikës treshe të ujit.(Çka është pikë treshe, do të jetë e sqaruar më vonë)

Tabela 1. Konverzioni ndërmjet shkallëve të temperaturës

prej shkallës së Celsiusit në Kelvin	$T_K = t_C + 273,15$
prej shkallës së Kelvinit në Celsius	$t_C T_K = T_K - 273,15$

Shkalla e Celziusit dhe Kelvinit janë të barabarta.Lidhja ndërmjet këtyre dy shkallëve është dhënë me tabelën 1.

Te figura 4 është dhënë krahasimi i tre shkallëve të temperaturave.Është dhënë edhe një e ashtuquajtura shkalla e Farenhajtit, që, edhe pse

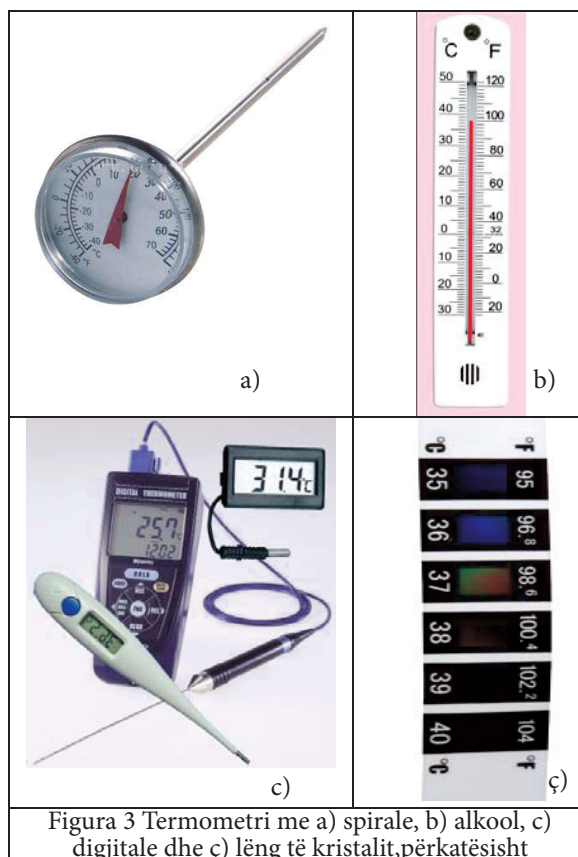


Figura 3 Termometri me a) spirale, b) alkool, c) digjitale dhe ç) lëng të kristalit,përkatësisht

nuk është sipas sistemit Ndërkombëtar, është në përdorim të madh në Amerikë në Angli edhe vende tjera.

Shkallë e Farenhajtit (°F) kanë qenë të propozuara në vitin 1724 prej fizikanit gjerman Daniel Farenhajt. Shkalla e Farenhajt është përkufizuar ashtu që është marrë temperatura prej zero shkallë të jetë ajo përzjerje e akullit, ujit dhe amonium kloridit është stabile.

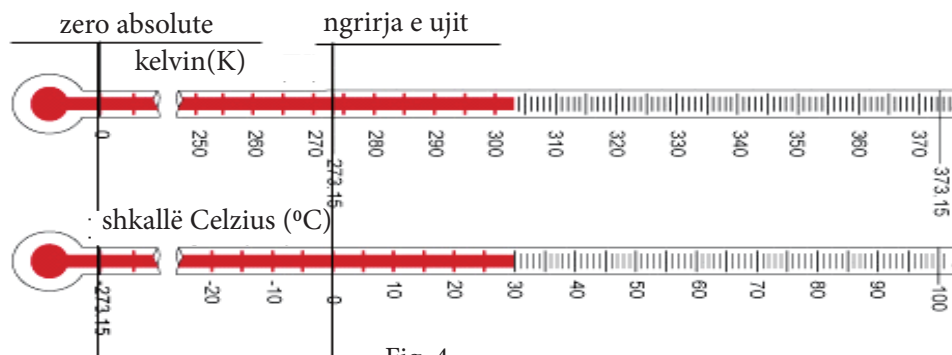


Fig. 4

10.2. BARTJA E NXEHTËSISË

Nëse me dorë prekni radiatorin e nxehtë, dora juaj do të ngrohet. Nxehtësia, pjesë e energjisë së brendshme të radiatorëve do të kalon në dorë. Por, nëse prekni copë akulli, atëherë akulli do të fillon të shkrihet, pasi nxehtësia prej dorës kalon te akulli dhe e nxeh. Kjo do të thotë se energjia e nxehtësisë në mënyrë spontane bartet prej trupit më të nxehtë nga më i ftohti.

Ekzistojnë tre lloje të mekanizmave të ndryshme të bartjes së nxehtësisë:

- përçueshmëri e nxehtësisë
- konvencionale
- rrezatim

Përçueshmëri e nxehtësisë

Përçueshmëria e nxehtësisë (konduksioni) është mekanizëm që është karakteristik për trupat e ngurtë. Që të bartet energjia e nxehtësisë, patjetër duhet të ekzistoj kontakt i nxehtësisë ndërmjet trupave. Nuk guxon të kuptohet gabimisht se nxehtësia do të bartet prej trupit që ka më pak energji. Për shembull, 10 kg hekur në temperaturë prej 50 °C ka energji të brendshme më të madhe se sa 1 kg hekur në atë temperaturë të njëjtë. Por, nëse ato dy trupa vijnë në kontakt, nuk do të ketë bartje të dukshme të energjisë së nxehtësisë. Domethënë, kusht për bartjen e nxehtësisë prej një trupi në tjetrin është dallimi në temperaturat. Kur dy trupa janë në temperatura të ndryshme

do të vijnë në kontakt, atëherë grimcat prej trupit të nxehtë goditen grimcat prej trupit të ftohtë (figura 5). Në këtë mënyrë dorëzojnë një pjesë të energjisë së tyre kinetike të grimcave prej trupit të ftohtë, përkatësisht trupi më ftohtë nxehet.

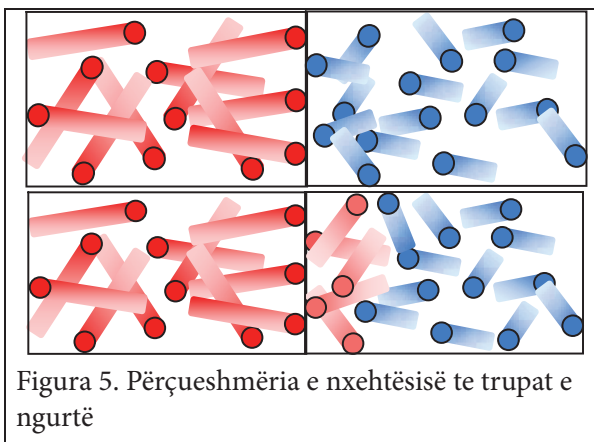


Figura 5. Përçueshmëria e nxehtësisë te trupat e ngurtë

Në këtë mënyrë bartet nxehtësia nëpër trupa.

Bëni një eksperiment. Në një enë, që ka vrima prej njërës anë vëndohen thupra me dimensione të barabarta, por prej materialeve të ndryshme: dru, qelq, plastikë, alumin, hekur, bakër et. (fig 6). Thuprat janë lyer me dyll. Te ena vëndohet ujë i nxehtë. Ku më së pari do të tretet dylli? Së pari te bakri, pastaj te alumini, hekuri, por nëse presim pak më gjatë, te qelqi, e pastaj te plastika dhe më në fund te druri.

Kjo do të thotë se nëpër materiale të ndryshmen-xehtësia bartet në mënyra të ndryshme.

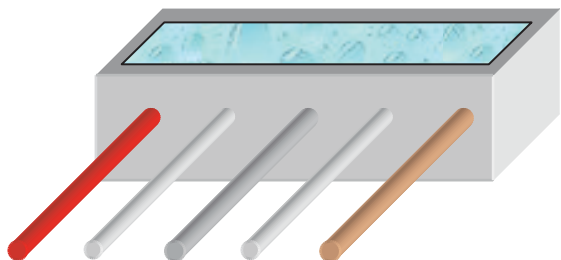


Figura 6 Përçueshmëria e nxehtësisë (konduksioni) nëpër materiale të ndryshme

Për bartjen e sasisë së nxehtësisë ΔQ prej një vendi me një temperaturë në tjetër vlen ligji i Furie

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\kappa \Delta S \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

ku ΔS është syprina e sipërfaqes nëpër të cilën kryhet bartja e nxehtësisë në njësi kohe t , në kahe të x ekziston gradient të temperaturës të përshkruar me raportin $\Delta T/\Delta x$. κ është koeficienti i proporcionalitetit që varet prej natyrës së materialit të i cili vjen bartja e nxehtësisë.

Madhësia e cila e përshkruan aftësinë për përçueshmërinë e nxehtësisë së një materiali quhet koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë. Përkufizohet se sasi e bartur në njësi kohe nëpër njësi syprine të sipërfaqes të vendosur normalisht në drejtimin e bartjes n [çse drejtimi i bartjes të çdo metër gjatësi temperatura ndryshon për një kelvin

Koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë në SI matet në njësi $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

Pasi bartja e nxehtësisë shkon në drejtim prej temperaturës më të lartës nga më e ulta te ligji i përçueshmërisë së nxehtësisë kemi shenjë minus.

Tabela 2. Vlera për koeficientin e përçueshmërisë së nxehtësisë për disa matzerijale

Materijal	Koeficienti i përçuesit të ngrohtësisë ($\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$)
ajër	0,025
dru	0,04-0,40
gomë	0,16
ujë	0,6
qelq	1,1
gur	1,5
beton, gur	1,7
çelik	12,1-45,0
alumin (legurë)	23 (120-180)
ar	318
bakër	401
diamant	900-2320

Konveksioni

Vëndoni një enë me ujë në ringllën e nxehtë. Në ujë vëndoni copë të vogla të letres, hi dhe oriz. Çka bëjnë këto copa? Do të vëreni se ato qarkullojnë prej poshtë lartë dhe anasjelltas. Pse ndodh kjo? Shtresat e poshtme gtë ujit, të cilat janë më afër pranë ringllës së nxehtë, janë më të ngrohta. Për këtë shkak ato zgjerohen, kurse me të zmadhohet largësia ndërmjet molekulave të ujit. Kjo do të thotë se te ato shtresa dendësia e ujit është më e vogël prej dendësisë në shtresat e sipërme të ujit. Për këtë shkak, këto shtresa të ujit ngriten lartë, kurse shtresat e sipërme të ujit, të cilat janë më të ftohta dhe më të dendura bien poshtë. Në këtë mënyrë barftet nxehtësia prej shtresave më të nxehta nga më të ftohtat. Ky proces quhet konveksion. Ai është karakteristik për fluidët, përkatësisht lëngjet dhe gazërat. Sikurse te përçuesit e nxehtësisë dhe trupat e ngurtë, poashtu edhe te konveksioni dhe fluidët, procesi varet prej karakteristikave të materialit. Nëse në vend të ujit, te eksperimenti i lartë është përdor ndonjë lëng që zgjerohet gjatë nxehtësies dhe procesit të konveksionit është më i dobët.

Në jetën e përditshme për ngrohjen e hapësirave shfrytëzohen të ashtuauqitura kalorifer dhe ngrohëse „tajfun“. Te ato janë ndërtuar ngrohës dhe ventilator. Ventilatorët e lëvizin ajrin që është nxehur nga ngrohësit. Kjo quhet koneksioni i detyruar

Konveksioni është proces i rëndësishëm në natyrë. Ai rregullisht e përzien ajrin në atmosferë që, nga ana e vet, ka ndikim në kushtet e kohës dhe në lkualitetin e ajrit.

Rrezatimi

Në jetën e përditshme në amvisëri në përdorim janë ngrohësit infra të kuq. Kur do të vjen para tyre në mënyrë intenzive e ndjejnë nxehtësinë pa e prekur ngrëhësen. Ato, gjithashtu, nuk kanë as ventilator që ta përforcojnë ajrin e ngrohur që të arrin deri te na me konveksion të detyruar. Mjafton që të vëndoni ndonjë pengesë ndërmjet ngrohëses dhe juve dhe të ndaloni ta ndjeni nxehtësinë. Këto ngrohëse e bartin nxehtësinë më së shumti me mekanizmin e tretë të bartjes së nxehtësisë, kurse ai është rrezatimi ose emisioni. Ky proces është shumë më i ndryshëm prej dy të parëve. Që të ndodh përçueshmëria është e nevojshme të ekziston kontakt ndërmjet të dy trupave. Që të ekziston konveksion është e nevojshme të ekziston mjedis material që do të lëviz. Te rrezatimi nuk ekziston as kontakt, as mjedis material, Shembull për rrezatimin është bartja e nxehtësisë prej Diellit deri te Toka. Ndërmjet tyre nuk ka kurrfar mjedisi material dhe ato nuk janë në kontakt, por nxehtësia përsëri bartet.

Bëni një eksperiment. Merrni tre gota të barabarta. Njëren gota nga pjesa e jashtme mbështjellni me foli të aluminit, tjetrën ngjyrosni me ngjyrë të zezë, kurse të tretën leni në gjendjen sikurse është. Te ato duhet të vëndoni ujë të nxehtë. Që të mos plasim kur të vëndono ujë të nxehtë, paraprakisht vëndoni te rerna e ftohët dhe kyçni rernën të nxehtë. Pas kësaj vëndoni te gotat sasi të barabarta ujë të nxehtë në temperaturë të barabartë. Pranë çdo gotë vëndoni termometër në largësi të njëjtë (rreth 1-2 cm). Çka vëreni? Termometrat nuk janë në

kontakt me gotat dhe nuk ka lëvizje të ajrit për shkak të konveksionit, kurse termometrat regjistronjë ngritje të temperaturës. Kjo do të thotë se janë nxehur për shkak të rrezatimit. A është nmgritja e njëjtë te të gjithë termometrat? Analizoni dhe diskutini dukurinë me shokët.

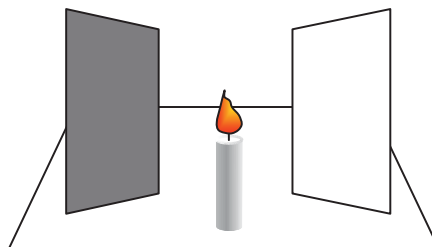


Figura 7 Shqyrtimi i aftësisë së absorbimit të dy sipërfaqeve të ndryshme

Aftësia për bartjen e nxehtësisë me rrezatim, varet prej vetive të sipërfaqes të trupit të nxehur. Ajo aftësi është e lidhur me aftësinë për absorbim. Të bëjmë edhe një eksperiment. Merrni dy pllaka të aluminit. Njëra anë e njëres pllakë nxëni me ndihmën e një qiri paralele njëra me tjetrën në largësi përafërsisht 10 cm. Ndërmjet tyre vëndoni një qiri. Në anë e jashtme të pllakave, me dyll ose parafin ngjitni nga një gozhdë të vogël. Ndizni qiriun. Pas një kohe do të çkapet gozhda e parë e pllakës së nxirë. por pastaj edhe te tjetra.

Lidhni këtë rezultat me rezultatin prej eksperimentit me gota. Cili prej materijaleve më së shumti rrezatonte? Sjellni përfundim prej të dy eksperimenteve.

10.3. SASIA E NXEHTËSISË. KAPACITETI SPECIFIK I NXEHTËSISË

Merrni dy enë identike, mjafton të vogla që të mund të dy t'i vëndoni te e njëjta ringël. Njëri i mbushur me ujë deri në gjysmë, kurse tjetri i mbushur tërësisht, përkatësisht masat të dallohen për dy herë. Vëndoni të

dy enët në ringlën e njëjtë. Enët janë identike, kanë syprina të barabarta te baza, që do të thotë për intervale të barabarta kohore sasia e enegjisë prej ringlës. Do të vëreni se ena që ka më pak ujë për kohë të shkurtër do ta arrin temperaturën e avullimit, kurse ai që ka dy herë më shumë do ta arrin, temperaturën për dyherë më shumë kohë. Prej ringlës të dy enët pranojnë sasi të barabarta të energjive të tyre të brendshme në formë zë së sasisë së nxehtësisë. Në pajtim me këtë, te eksperimenti ynë, më shumë nxehtësi është bartur te ena me më shumë ujë, dhe atë dy herë më shumë, prandaj edhe masat e e ujit në të dy enët dallohen dy herë. Kjo do të thotë se, ΔQ , që mund ta pranon një trup, është në proporcion të drejtë me masën e atij trupi, m , përkatësisht $\Delta Q \sim m$.

Gjithashtu, kur flasim për konceptin nxehtësi, u pajtuam se sa më shumë rritet temperatura, përkatësisht sa më e madhe është ndryshimi i temperaturës Δt të një trupi, rritet edhe ngrohja e tij, përkatësisht sasia e energjisë së nxehtësisë që e ka pranuar, ose ndryshe thënë $\Delta Q \sim \Delta t$. Nëse i mbledhim të dy rezultatet në një, do të fitojmë se

$$\Delta Q \sim m \cdot \Delta t \quad (1)$$

Të bëjmë eksperiment plotësues. Merrni dy gota identike. Te njëra vëndoni ujë, kurse te tjetra vaj me të njëjtën masë sikurse edhe uji. Vëndoni te e njëjta ringëll. Identiteti i gotave dhe kontakti ndërmjet gotave dhe ringlës siguron sasi të nxehtësisë në njësi kohe për të dy gotat. Në këto kushte, për kohë të njëjtë, uji dhe vaj do të ngrohen deri në temperatura të ndryshme. Që të fitojmë barazim të shprehjes (1) fusim koeficientin e proporcionalitetit është:

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (2)$$

prej këtu

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Nëse sasia e zbatuar e sasisë së nxehtësisë ΔQ dhe masa m janë të barabarta, kurse ndryshimet e tempëeraturave nuk janë të barabarta, atëherë edhe koeficienti i proporcionalitetit do të jetë i ndryshueshëm për të dy gotat. Pasi te të dy gotat është e ndryshme vetëm materijali, atëherë koeficienti i proporcionalitetit me siguri janë karakteristikat për materialet. Ajo madhësi quhet kapaciteti specifik i nxehtësisë dhe numerikisht është e barabartë me sasinë e nxehtësisë që një trup me masë prej 1 kg do ta absorbon, ku temperatura e tij do të ndryshohet për 1°C ose 1 K. Tani ta zbulojmë njësinë në të cilën matet kapaciteti specifik i nxehtësisë:

$$[c] = \frac{[\Delta Q]}{[m] \cdot [\Delta t]} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Kur bëhet fjalë për trupin me masë m , atëherë ai trup ka kapacitetin e nxehtësisë C :

$$C = c \cdot m = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Kapaciteti i nxehtësisë matet në J/K.

10.4. BARASPESHA E NXEHTËSISË

Kur flasim për bartjen e nxehtësisë treguam se nxehtësia bartet prej trupit me temperaturë të lartë nga trupi me temperaturë më të ulët. Por, deri sa do të realizohet ai proces? Përvoja tregon se kur dy trupa me temperatura të ndryshme do të arrijnë në kontakt, baraspesha vendoset kur temperaturat do tu barazohen. Kjo do të thotë se trupi më i nxehtë do të jap nxehtësi, kurse më ftohti do ta pranon nxehtësinë.

Një trup me masë m_1 ka temperaturë t_1 , kurse trupi tjetër me masë m_2 ka temperaturë t_2 ku $t_1 > t_2$. Kur këtyre dy trupave do të vijë në kontakt, pas një kohe do të vendoset baraspesha edhe temperatura e të dy trupave do të barazohet, t_s , ku $t_1 > t_s > t_2$. Sasia e nxehtësisë që trupi më i nxehtë do ta jep është:

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_s) \quad (4)$$

Sasia e nxehtësisë që trupi më i ftohët do ta pranon është:

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_s - t_2) \quad (5)$$

Megjithatë, sa nxehtësi do të jep trupi i nxehtë aq nxehtësi do të absorbon trupi i ftohët, përkatësisht, përkatësisht $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$. Nëse shprehjet (4) dhe (5) i zëvendësojmë te ky kusht për baraspeshën, do të kemi:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_s) = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_s - t_2)$$

Nëse të gjitha madhësitë janë të njohura, prej këtu mundemi ta njehsojmë baraspeshën e temperaturave:

$$t_s = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \quad (6)$$

Në situata të caktuara praktike ndodh të jetë e njohur njëri prej kapaciteteve specifike të nxehtësisë, pra nëpërmjet matjes së baraspeshës së temperaturës mund të fitohet kapaciteti specifik i nxehtësisë:

$$\frac{c_2}{c_1} = \frac{m_1 (t_s - t_1)}{m_2 (t_2 + t_s)} \quad (7)$$

Kalorimetri

Për caktimin e kapacitetit specifik të nxehtësisë të trupit të ngurtë, që nuk tretet në ujë, shfrytëzohen kalorimetri dhe uji. Kalorimetri është enë që është mirë i izoluar nga nxehtësia. Për këtë qëllim zakonisht shfrytëzohen i ashtuquajturit ena e Djuarovit. Në jetën e përditshme ena është e njohur me emrin termos. Ajo është enë muret e të cilës janë të dyfishtë, kurse hapësira ndërmjet tyre është e vakuumizuar (figura 8). Te ena ka kapak, që është gjithashtu i bërë prej materijalit që është izolator i mirë termik. Te kapaku janë bërë disa vrima te të cilat janë vendosur një termometër (T) dhe një përziere (M).

Hapi i parë është të caktohet kapaciteti i nxehtësisë së kalorimitrit. Për këtë qëllim te kalorimetri vendohet ujë me masë m_1 . Temperatura

e përbashkët e këtij uji dhe kalorimitrit është t_1 . Megjithatë uji me masë të njëjtë vendohet të nxehtë përafërsisht 2 deri 30°C më të lartë se temperatura t_1 , temperatura t_2 . Shpejt derdhet uji i ftohët prej kalorimitrit dhe vendohet uji i nxwhhtë. Përziensja përziens deri sa nuk arrihet baraspesha e nxehtësisë. Lexohet baraspesha e tgemperaturës t_s . Nxehtësia që uji i nxehtë ia ka dhënë kalorimitrit është:

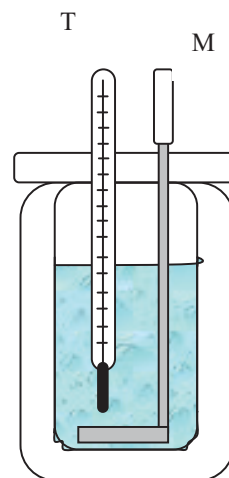


Fig. 8 Kalorimetri

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_s) \quad (8)$$

Nxehtësinë që kalorimetri e absorbon është:

$$\Delta Q_2 = C \cdot (t_s - t_1) \quad (9)$$

ku C është kapaciteti i nxehtësisë së kalorimitrit. Pasi $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_s) = C \cdot (t_s - t_1) \quad (10)$$

Prej këtu për kapacitetin e kalorimitrit fitohet

$$C = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_s)}{(t_s - t_1)} \quad (11)$$

Te pjesa e dytë e eksperimentit te kalorimetri vendohet ujë me masë m_2 . Matet temperatura

e ujit dhe kaloritrit, t_3 . Trupi kapaciteti specifi-ke i nxehtësisë duhet të caktohet e ka masën m_3 . Nxdehet në temperaturë të lartë. Ajo temperaturë është t_4 . Shpejtë vëndohet te kalorimetri dhe përzihet me përziesen deri sa nuk vendoset baraspeshë. Lexohet baraspesha e temperaturës t_{ST} . Trupi i ngrohët ka dhënë nxehtësi:

$$\Delta Q_{11} = c_x \cdot m_2 (t_4 - t_{ST}) \quad (12)$$

Kaloritri ka pranuar sasi të nxehtësisë:

$$\Delta Q_K = C \cdot (t_{ST} - t_3) \quad (13)$$

kurse uji në të ka pranuar

$$\Delta Q_V = c_1 \cdot m_2 \cdot (t_{ST} - t_3) \quad (14)$$

Sasia e nxehtësisë që trupi i nxehur e ka dhënë është shpërndarë në ujin e ftohët dhe kalorimetri, përkatësisht:

$$\Delta Q_{11} = \Delta Q_K + \Delta Q_V \quad (15)$$

Nëse shprehjet (12), (13) dhe (14) i zëvendësojmë te barazimi (15), fitohet:

$$\begin{aligned} c_x \cdot m_2 (t_4 - t_{ST}) &= \\ &= C \cdot (t_{ST} - t_3) + c_1 \cdot m_2 \cdot (t_{ST} - t_3) \end{aligned} \quad (16)$$

Te barazimi, 16 të gjitha madhësitë janë të njohura përveç kapacitetit specifik të nxehtësisë të materijalit prej të cilit është bërë trupi C_x .

$$c_x = \frac{C \cdot (t_{ST} - t_3) + c_1 \cdot m_2 \cdot (t_{ST} - t_3)}{m_2 (t_4 - t_{ST})} \quad (17)$$

Në këtë mënyrë lehtë mund të caktohet kapaciteti specifik i nxehtësisë së trupit të ngurtë që nuk tretet në ujë.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Shikoni vlerat e koeficientëve të përçuesëve të nxehtësisë për materialet e ndryshme të dhëna në tabelën 2. Sa dallohen ato vlera për materialet të cilat i përdorëm në eksperimentin tonë? Caktoni në çka dallohen qelqat termopan të dritareve prej qelqeve të zakonshëm. Sqaroni pse.

2. Në zonat në afërsi të ujërave të mëdha (liqej dhe detëra) klima është e qetë, përkatësisht, dimërat janë të buta, kurse verat nuk janë të nxehta. Përpiquni të sqaroni pse është kështu. (Ndihmë: caktoni kapacitetet specifi-ke të nxehtësive të ujit, rërës dhe tokës, të dhëna në tabelën 3).

3. Mendoni ku në tjetër vend në jetën e përditshme hasen konveksionet.

4. Bëni projekt me titull „Pëprunimi i termosit prej materijalit i cili mund të gjendet në sh-tëpi“. Planifikoni humbjet prej termosit.

5. Nga pikëpamja e baraspeshës së nxehtësisë, sqaroni çka ndodh kur një termometër i ftohët do të vjen në kontakt me trup të nxehtë temperatura e të cilit duhet të matet

Te tabela 3 janë dhënë vlerat për kapacitetet specifi-ke të nxehtësisë të disa materijaleve

Tabela 3. Kapaciteti specifik i nxehtësisë të disa materijaleve	
Materijali	Kapaciteti specifik i nxehtësisë ($\text{Jkg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
alumini	920
uji (në 25°C)	4181
ajri	1012
druri	1200-2300
hekuri	460
bakri	385
akulli	2090
rëra, betoni	840
dheu	800-1480

Jepni rëndësisë e këtyre koncepteve themelore

- | | |
|--------------------------|--|
| -energja e brendshme | -specifi-ke e nxehtësisë |
| -sasia e nxehtësisë | -kapaciteti i nxehtësisë |
| -temperatura | -kalorimetri |
| -termometri | -temperatura |
| -shkallët e Celziusit | -koeficienti i zgjerimit vijor |
| -kelvini | -koeficienti i temperaturës së zgjerimit të vëllimit |
| -përçuesit e nxehtësisë | |
| -konveksioni, rrezatimi | |
| -baraspesha e nxehtësisë | |

10.5. LIGJET E RREZATIMIT TË NXEHTËSISË

Është e njohur se të gjithë trupat të ngrohur në temperaturë të caktuar emetojnë rrezatim elektromagnetik që zakonisht quhet **rrezatim i nxehtësisë**. Gjatësia valore e rrezatimit të nxehtësisë varet prej temperaturës së trupit.

Kryesisht, çdo trup, pa dallim në natyrën e tij, në temperaturë më të lartë prej zeros absolute emeton valë të nxehtësisë me gjatësi të ndryshme valore. Kjo fushë zgjatet në interval të gjatësive valore prej afërsisht 760 nm deri 105 nm.

Spektri i rrezatimit të nxehtësisë është i kontinuar. Prej pjesës së skajshme të dritës së kuqe, d.m.th., nga 760 nm nga gjatësitë valore më të mëdhaja, të cilat janë të padukshme për syrin e njeriut, shpërndahen pjesa infra e kuqe prej spektrit të rrezatimit elektromagnetik.

Çdo trup, i aftë për rrezatim, njëkohësisht është i aftë edhe për absorbimin e energjisë të emeluar prej trupave rreth përfaq. Propcesi i kundërtë i rrezatimit të nxehtësisë quhet absorbicioni i nxehtësisë. Rrezatimi i nxehtësisë në llogari të energjisë së brendshme të trupit, pra trupi ftohet. Nëse temperatura e trupit është më e madhe se rrethina e tij, ajo më tepër emeton se sa absorbon, për shkak se humb energji, kurse temperatura e tij zvogëlohet.

Kur trupi lëshet në temperaturë të ulët atëherë ai më shumë absorbon se sa emeton, pra temperatura e tij zmadhohet, pra temperatura e tij rritet. Gjatë absorbimit të nxehtësisë zmadhohet energjia e brendshme e trupit. Ai proces rrjedh deri sa temperatura e trupit nuk barazohet me temperaturën e mjedisit.

Çdo trup rrezaton te temperatura e dhënë karakterizohet me *aftësinë e tij të emetimit*. W_T . Kjo është energjia e përgjithshme (E) që trupi e rrezaton në njësinë e kohës (d.m.th., fuqia e rrezatimit P) nëpër njësinë e sipërfaqes normale në drejtimin të përhapjes së rrezeve. Prandaj:

$$W_T = \frac{E}{tS} = \frac{P}{S},$$

ku t është koha e emetimit, S është syprina e sipërfaqes nëpër të cilin do trup rrezaton.

Njësia për aftësinë e emetimit në SI është $W \cdot m^{-2}$.

Aftësia e tij e përgjithshme nuk është e njëtrajtshme ndërmjet valëve elektromagnetike me gjatësi valore të ndryshme (frekuenca).

M adhësia fizike me të cilën karakterizohet rrezatimi i trupit quhet **aftësia spektrale e emetimit** $W_{(\lambda T)}$ (ose $W_{(f T)}$).

Kjo përveç temperaturës T , varet edhe prej gjatësisë valore λ , përkatësisht prej frekuencës f .

Aftësia spektrale e emetimit $W_{(f \bar{u})}$ të ndonjë trupi të temperaturës së dhënë T është dhënë me sasisnë e energjisë të emeluar në njësi kohë prej njësisë së kohës prej njësisë së syprinës së sipërfaqes së trupit në interval njësi të frekuencave të spektrit, në afërsi të frekuencës së dhënë f .

Prej energjisë së përgjithshme që bie te trupi i pa rrezatuar, një pjesë absorbohet, kurse pjesa tjetër reflektohet (te trupat transparent një pjesë kalon edhe nëpër ato). **Aftësia spektrale e absorbimit** $A(\lambda \bar{u})$ është herës prej energjisë që e absorbon njësi e sipërfaqes së trupit në temperaturën T në intervalin njësi spektral dhe energjia e me frekuencën e njëjtë që bie në atë sipërfaqe. Aftësia spektrale e absorbimit të trupit është madhësi padimensionale. Në mënyrë analoge caktohet aftësia refleksive dhe transmisionale e trupit. Prej ligjit për ruajtjen e energjisë vijon se shumata e tyre është e barabartë me një. Provat tregojnë se ndërmjet aftësia e emetimit spektral $W_{(f T)}$ dhe aftësia spektrale e absorbimit $A_{(f T)}$ e trupave ekziston lidhje e caktuar.

Të supozojmë se disa trupa B_1, B_2, B_2 (fig. 1) janë në baraspeshë termike me mjedisin e tyre, atëherë ato janë të nënshtruara rrezatimit me intensitet konstant I . Energjia e përgjithshme, që në interval kohor Δt e rrezaton trupin e parë me sipërfaqe S_1 dhe aftësi emetuese spektrale $W_{1(f T)}$, është:

$$W_{1(f T)} S_1 dt \quad (2)$$

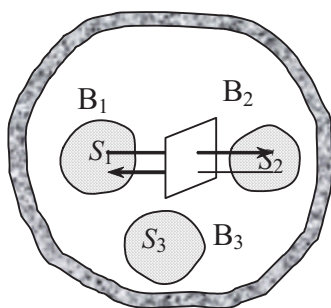


Fig. 1

Energjia, pra, që e absorbon ai trup për të njëjtin interval të kohës është:

$$A_{1(fT)} S_1 I dt. \quad (3)$$

Gjatë baraspeshës termodinamike çdo trup, prej njësisë së syprinësemeton aq energji sa edhe absorbon:

$$W_{1(fT)} S_1 dt = A_{1(fT)} S_1 I dt, \quad (4)$$

në rastin e baraspeshës termodinamike, vlen:

$$W_{2(fT)} S_2 dt = A_{2(fT)} S_2 I dt. \quad (5)$$

Megjithatë, trupi që ka aftësi të madhe spektrale emetuese humb për njësi kohe prej njësisë së sipërfaqes sasi më të madhe të energjisë, se sa trupi që ka aftësi më të vogël spektrale emetuese. Prej këtu vijon se ai trup mund të jetë me temperaturë t , të barabartë me temperaturën e trupave tjerë, vetëm në rfastin nëse më shumë absorbon.

Lidhja ndërmjet aftësinë spektrale emetuese dhe absorbuese fitohet me pjesëtimin e (3) dhe (4), raporti:

$$\frac{W_{1(fT)}}{A_{1(fT)}} = \frac{W_{2(fT)}}{A_{2(fT)}} = \dots = \frac{W_{(fT)}}{A_{(fT)}}. \quad (5)$$

Domethënë, raporti i aftësisë spektrale emetuese dhe absorbuese të temperaturës së dhënë është konstant dhe nuk varet prej natyrës së trupave, as prej dimensioneve të tyre gjeometrike.

Çdo trup i aftë të absorbon energjinë e përgjithshme të rrezatimit, me çfarëdo gjatësi valore që bie në sipërfaqen e tij, është quhet **trup i zi absolut**.

Aftësia spektrale absorbuese për trupin e zi absolut është e barabartë me njësinë $A_{(f\bar{u})} = 1$, ndërsa te trupat real aftësia absorbuese është më e vogël se një. Aftësin emetuese të trupit të zi absolut le ta shënojmë me $E_{(fT)}$, prej relacionit (5) kemi:

$$\frac{W_{(fT)}}{A_{(fT)}} = \frac{W_{(fT)}}{1} = E_{(fT)}. \quad (6)$$

Me relacionin (6) është shprehur ligji i Kirkoftit për rrezatimin e nxehtësisë. Ai thotë: Raporti i aftësisë spektrale emetuese dhe absorbuese, gjatë temperaturës së dhënë, është i njëjtë për të gjithë trupat dhe është e barabartë me aftësinë spektrale emetuese dhe absorbuese të trupit të zi absolut në temperaturën e njëjtë.

Prej ligjit të Kirkoftit vijon se vlejné përfundimet:

1. për shkak të $a_{(fT)}$ nuk mund të jetë më e madhe se një, prej relacionit (6) vijon: prej të gjithë trupave gjatë temperaturës së njëjtë trupi absolut i zi ka aftësi më të madhe emetuese. Gjatë temperatura-ve të barabarta të trupit të zi shumë më fuqishëm;

2. aftësia emetuese i çfarëdo tgrupi gjatë temperaturës së dhënë është e barabartë me prodhimin e aftësisë së tij spektrale absolute dhe emetuese të trupit absolut të zi gjatë temperaturës së njëjtë:

$$W_{(fT)} = A_{(fT)} E_{(fT)} \quad (7)$$

Aftësia emetuese e çfarëdo trupi real është më e vogël se aftësia emetuese absolute e trupit të zi gjatë temperaturës së njëjtë. Pasi për trupat real $A_{(fT)} < 1$, sipas relacionit (7) fitohet edhe $W_{(f\bar{u})} < E_{(f\bar{u})}$;

3. çdo trup që më së shumti i absorbon ato gjatësi valore të cilat edhe vet i emeton. Prandaj, te spektrat emetuese dhe absorbues përkatësisht vijat spektrale janë në vendin e njëjtë.

Në natyrë trupat absolut të zi nuk ekzistojnë. Por, disa prej tyre, në interval të kufizuar të gjatësive valore, sipas vetive të tyre janë afër deri te trupi i zi. Për shembull, vetëm në intervalet e gjatësive

valore prej dritës së dukshme trupat të mbuluar me shtresë prej qiri ($a_{(jT)} = 0,98$) ose me shtresë prej platinit të zi ($a_{(jT)} = 0,95$) kanë aftësi spektrale absorbuese afër njëshit. Me siguri trupi i zi absolut nuk duhet të kuptohet vetëm si i zi sipas ngjyrës.

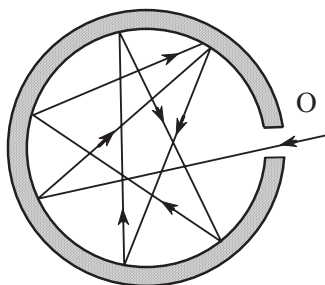


Fig. 2. Modeli i trupit të zi absolut

Si model i mirë për trupin e zi absolut mund të shërbej sfera metalike e zbrazët, me mure të nxira nga ana e brendshme dhe me vrimë të vogël O në një vend (fig.2). Kur muret e brendshme të sferës janë mnxirë, gjatë një vrime të vogël, në brendësinë e saj do të krijohen kushte për ekzistimin e brasëshës së rrezatimit.

Nëpër vrimën, sipas refleksionit të shumëfishtë prej mureve, del se rrezatim të këtyre sikurse që do të emetonte rrafshi i zi absolut me të njëjtën formë dhe dimensionë sikurse edhe vrima O. Aftësia spektrale absorbuese e vrimës O do të jetë për të gjitha gjatësitë valore aq më afër deri te njëshi, aq sa syprina e tij është më e vogël se sipërfaqja e zbrazëtirës. Poashtu, deri te ne nuk arrijnë kurrfar informata për sferën e zbrazët dhe vrima na duket e zezë. Nga shkaqet e njëjta, vrimat e ngushta të shpellave ose dritaret e hapura të banesave ose dyertë e hapura të ndërtesave, të shikuara prej larg duket të zeza.

Varësia e fituar eksperimentalisht aftësia spektrale emetuese prej gjatësisë valore të rrezatimit të trupit të zi absolut gjatë disa temperaturave është paraqitur në fig. 3.

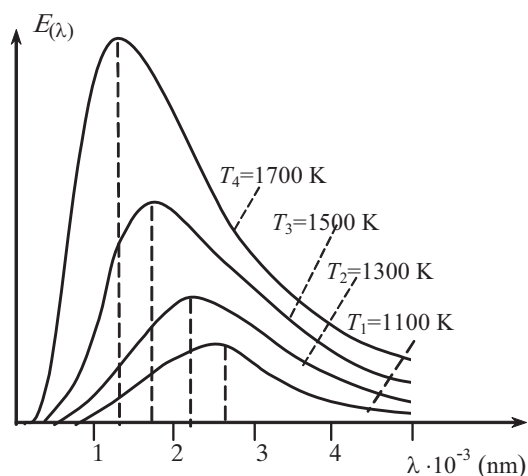


Fig. 3. Lakore të shpërndarjes të aftësisë emetuese të trupit absolut të zi varësisht prej gjatësisë valore për disa temperatura të ndryshme

Lakoret janë fituar nga shkencëtarët gjerman Lumer dhe Pringshajm gjatë matjeve shumë precize të aftësisë emetuese të trupit të djegur në të gjitha pjesët nga spektri i tij. Prej formës së lakoreve vijojn përfundimet:

a) aftësia spektrale emetuese e trupit të zi absolut rritet shpejt me zmadhimin e temperaturës;

b) çdo lakore ka një maksimum. Kjo do të thotë se trupi i zi absolut rrezaton energji të madhe, përkatësisht ka aftësi emetuese më të madhe, përkatësisht, me valë elektromagnetike ku gjatësitë valore shtrihen në ndonjë interval të vogël rreth gjatësisë valore X_{max} .

Maksimumi, me zmadhimin e temperaturës, zhvendoset në anën nga gjatësitë valore më të shkurtëra, ai është më i lartë dhe me lakim më të madh;

c) pamja e lakoreve të atilla e sqaron mirë dukurinë e njohur se rrezatimi i trupave, por sipas kësaj edhe shkëlqimi i trupave, shpejtë rritet me zmadhimin e temperaturës dhe se njëkohësisht me atë ndryshon edhe ngjyra e rrezatimit të emetimit.

Gjatë temperaturave të ulta maksimumi i aftësisë emetuese spektrale shtrihet në fushën e gjatësive valore të mëdhaja. Me zmadhimin e mëtejshëm të temperaturës maksimumi zhvendoset nga ana e gjatësive valore më të vogla.

10.6. TERMOGRAFIA DHE ZBATIMI I SAJ

Çdo trup, pa marrë parasysh natyrën e tij, në temperaturën më të madhe se zeroja absolute, emeton rrezatim nxehtësie, valë elektromagnetike, në interval spektral të kontinuar prej disa nanimetrave deri afërsisht 40 000 nm. Është e kuptueshme se temperatura më e ulët valët kanë gjatësi valore më të madhe, kurse më të larfta më të vogla.

Çdo trup, që është i aftë për rrezatim nxehtësie, njëkohësisht është i aftë për absorbim të energjisë që emetohet prej mjedisit.

Rrezatimi i nxehtësisë ose bartja e nxehtësisë me rrezatim paraqet proces elektromagnetik. Sikurse dim në spekttrin e rrezatimit të nxehtësisë duke filluar prej pjesës së skajshme të dritës së kuqe d.m.th., 760 nm nga gjatësitë valore më të mëdhaja, të padukshme për syrin e njeriut, zgjatet deri te pjesa infra të kuqe të spektrit të rrezatimit elektromagnetik. Pikërisht, fusha e rrezatimit infra të kuq zgjatet prej $\lambda_1=760$ nm deri $\lambda_2=14\ 000$ nm.

Çdo trup që rrezaton në temperaturë të dhënë T karakterizohet me ***aftësinë e tij emetuese***. W Ajo është sasia e përgjithshme energjisë (E) që tgrupi e rrezaton në njësi kohe (d.m.th., fuqia e rrezatimit P) nëpër njësi sipërfaqe normale në drejtimin e shpërndarjes së rrezeve. Njësia për aftësinë emetuese në SI është $W \cdot m^{-2}$.

Madhësia tjetër, e cila i karakterizon trupat gjatë baraspeshës termodinamike me rrezatim nxehtësie, është aftësia e tyre absorbuese. Çdo trup gjatë çfarëdo lloj temperature plotësisht e absorbon tërë energjinë prej valëve elektromagnetike që bien në të pavarësisht prej gjatësisë së tyre valore quhet trupi i zi absolut.

Sipas ligjit të Stefan-Bolcmanit aftësia emetuese e përgjithshme e trupit të zi absolut W_0 është proporcional me fuqinë e katërt të temperaturës së tij absolute T

$$W_0 = \sigma T^4 \quad (1)$$

Te barazimi (1) koeficienti i proporcionalitetit σ është konstanta e Stefan-Bolcmanit.

$$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \quad (2)$$

Aftësia emetuese e çfarëdo trupi real është më e vogël se aftësia emetuese e trupit të zi absolut gjatë asaj temperature. Aftësia emetuese për trupin real është:

$$W = eW_0 = \sigma T^4 \quad (3)$$

Koeficienti pa dimensional e quhet emisivitet i trupit dhe varet prej temperaturës së tgrupit, materijali i tij dhe gjendja e sipërfaqes. Për trupin e zi absolut $e=1$. Për trupat të pa rrezatuar, që as nuk rrezatojnë as nuk absorbojnë rrezatim elektromagnetik, por plotësisht e reflektojnë rrezatimin që bie, emisiviteti është $e=0$.

Trupat r gjatësitë valorfe kanë $e < 1$, pasi edhe aftësia e tyre e përgjithshme është më e vogël dr sftësia emetuese e përgjithshme për trupin e zi absolut.

Trupi rrezaton nxehtësi pa dallim të ndryshimit eventual të temperaturës ndërmjet tij dhe mjedisit. Kur mjedisi ka temperaturë të barabartë me trupin, ai do të rrezatoj aq sa edhe të absorboj, pra nuk vërehet ndryshim te temperatura. Megjithatë, kur temperatura T e trupit është më e madhe se temperatura T_s të mjedisit të trupit rrezaton më shumë se sa që pranon. Bilansi pozitiv i energjisë që rrezaton trupi në njësi kohe prej njësish së sipërfaqes është:

$$P_{tot} = S\sigma eT^4 - S\sigma eT_s^4 = S\sigma e(T^4 - T_s^4) \quad (4)$$

Regjistrimi i temperaturës duke shfrytëzuar Stefan-Bolcmanin gjatë detektimit të rrezatimit infra të kuqe është ***termografi***. Me termografin njëkohësisht regjistrohet numër i madh i pikave dhe ndryshimi i tyre gjatë kohës. Poashtu mund të regjistrohen edhe dallime të vogla te temperatura ($\Delta T \approx 0.03$ K)

Rrezatimi infra të kuq i trupave mund të shfrytëzohet për zbulimin e tyre dhe matja e temperaturës. Në vitin 1959 R. N. Lavson me termogram i pari e vërjeti temperaturën e zmadhuar prej kancerit i gjiut. Për zhvillimin e detektimit të rrezatimit prej lëkurës gjatë sjelljes që lëkura gjatë sjelljes

së organizatave ushtarake që rrezatimin e infra-të kuqe e shfrytëzojnë në lobimin te objektet për qëllime luftarake.

Ndryshimet e te temperatura e lëkurës, që zakonisht mund të jetnë edhe deri në disa shkallë, tregojnë ndryshime te qarkullimi i gjakut dhe qelizat nën lëkurën, dhe me të sjellin informata diagnostike. Për shembull, temperatura e e arterjes anësore të gjirit është 34 °C, enët sipërfaqësore kanë temperaturë 35°C, kanceri i gjirit 36,5°C. Përveç kësaj termografija shfrytëzohet për diagnostifikimin e numrit të madh të sëmundjeve.

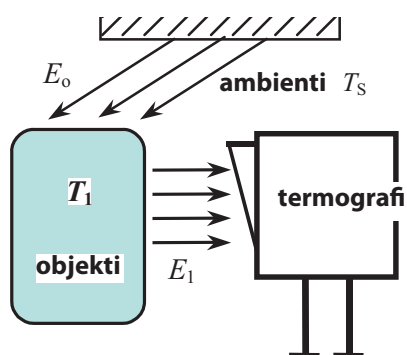


Fig. 1. Paraqitja skematike e aparaturës për fitimin e termogramit

Zakonisht trupi te i cili bëhet termogrami gjendet në kushte normale fitohet temperatura e shpërndarë me lëng prej 1 %.

Distribuími i temperaturës së përgjithshme në fushë të dukshme të caktuar regjistrohet me fotografi-termogram, ose në monitor-termovizion. Në fig. 2 është paraqitur termogrami në duart e dunapirësit.

Si detektor i rrezatimit infra të kuqe nuk shfrytëzohen filme por termistor, fotodioda etj. Për fotodiodat zakonisht shfrytëzohet HgCdTe (zhiva-kadiumi-teluri).

Shembulli 1. Duke shfrytëzuar barazimin (4) mund të caktohet nxehtësia e liruuar me rrezatim në njësi kohe prej njeriut. Me supozim se temperatura e lëkurës është 33°C = 306 K, kurse temperatura e mjedisit 20°C = 293 K,

Zgjidhje. Nxehtësia e liruuar në njësi kohe me rrezatim fitohet se është

$$P_{tot} = S W_T$$

$$P_{tot} = 1,73 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (306^4 - 293^4) = 137 \text{ W},$$

ku $e \approx 1$, te njeriut i rritur sipërfaqja e lëkurës është marrë se $S=1,73 \text{ m}^2$. Kjo tregon se trupi lakuriq, temperatura e të cilit është 20°C(293 K), rrezaton më shumë nxehtësi se sa që liron gjatë proceseve metabolike (nxehtësia e liruuar në njësi kohe me procese metabolike është afërsisht 100 W). Gjatë këtyre kushteve, që të mbahet temperatura trupore, edhe pse temperatura e ajrit është në nivelin e duhur, njeriu duhet të ketë aktivitet fizik të zmadhuar.

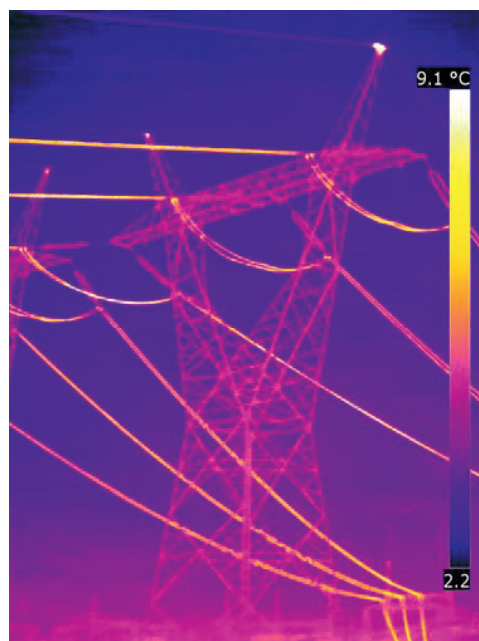


Fig. 3. Termogram në largësi

Pyetje dhe detyra

1. Çka është trupi i zi absolut?
2. Me cilin ligj funksionon termografia?
3. Çfarë detektor shfrytëzohet në termografi?

10.7. TERMORREGULLIMI FIZIK I ORGANIZMIT

Karakteristika e të gjitha organizmave të gjalla të gjakut të nxehtë pra edhe të njeriut, është konstante për temperaturën e brendshme. Baza për termorregullimin dhe mbajtja e temperaturës konstante është shkëmbimi i nxehtësisë të organizmit me mjedisin e jashtëm.

Dihet se te organizmat e gjallë gjatë reaksioneve biokimike egzotemre të muskulave te organet e brendshme lirohet sasi e madhe e energjisë. Afërsisht 20% prej energjisë e përfshirë te ushqimi transformohet në punë, kurse tjerat 80 % shndërrohen në nxehtësi. Edhe gjatë gjendjes së qetë, ose në ëndërrë, nëse nuk silltet nxehtësia temperatura do të ngritet për 3°C në çdo orë. Është e qartë se energjia e liruar patjetër silltet prej trupit, por pyetje është në çfarë mënyre.

Te njeriu mbajtja e temperaturës konstante realizohet nëpërmjet përçueshmërisë së nxehtësisë, konveksionin, rrezatimit të nxehtësisë avullimi. Sa është pjesëmarrja e tyre të nxehtësisë gjatë bartjes së nxehtësisë prej organizmit të brendshëm nga lëkura, por prej këtu edhe nga mjedisi?

Gjatë gjendjes stacionare të fokusit të nxehtësisë, kur gradientët e temperaturës te organizmi janë konstante varësisht prej kohës, sasia e nxehtësisë të krijuar në njësi kohe, është e barabartë me sasinë e nxehtësisë për njësi kohe jepet prej organeve të brendshme, edhe prej këtun nga mjedisi rreth e për qark.

Zakonisht temperatura e brendshme e organizmave të gjakut të nxehtë është më i madh prej temperaturës së mjedisit rreth e për qark. Nga këto shkaqe në çdo organizëm të këtu ekziston gradient të temperaturës, të orientuar prej brendësisë nga sipërfaqja e trupit. Qe pse nxehtësia, e ndarë prej organizmit, bartet pandërprerë nga sipërfaqja e tij. Kjo arrihet me përçueshmëri të *nxehtësisë dhe konveksionit*.

Të gjitha qelizat në organizëm kanë përçueshmëri të nxehtësisë më të madhe ose më të vogël prandaj nëpër ato bartet fluksi nga sipërfaqja e trupit. Prej anës tjetër, lëvizja e pandërprerë e gjakut

arterian prej brendësisë nga sipërfaqja bartet dukshëm sasi nxehtësisë duke qarkulluar-konveksionin.

Te organizmat e rinj mbajtje e temperaturës konstante realizohet edhe nëpërmjet rrezatimit të nxehtësisë dhe avullimit. Si rezultat i përçueshmërisë së nxehtësisë relative të vogël të qelizave pjesëmarrja e tyre në bartjen e nxehtësisë nuk është shumë e madhe në krahasim me konveksionin e qarkullimit të realizuar të gjakut.

Gjaku kalon nëpër burimet e nxehtësisë (qelizat), dhe nëpër pjesët e ndjeshme të trurit (hipotalamusin), që e rregullon temperaturën e organizmit. Kur gjaku do të arrin deri te lëkura, nxehtësia më tutje bartet me konveksionin në ajër, me rrezatim dhe avullim prej sipërfaqes së lëkurës dhe rrugët respirative.

Duke e nxjerrë ajrin e lagët prej mushkërive të bardha dhe me avullimin gjatë djersitjes organizmi humb pjesë të sasisë së nxehtësisë. Gjatë aviullimit prej sipërfaqes së trupit dhe gjatë frymëmarrjes humbet sasia e nxehtësisë që mund të jetë edhe 30 % prej humbjes së përgjithshme.

Nga ana tjetër, gjatë mbrojtjes prej ftohjes të tepruar vjen deri te shtrëngimi i enëve të gjakut (vazokonstrukcioni) me të cilën zvogëlohet konveksioni i nxehtësisë nëpër qarkullimin e gjakut dhe me të zvogëlohet edhe dallimi i temperaturës ndërmjet pjesëve periferike të trupit dhe mjedisit të jashtëm.

Rëndësi të madhe për ruajtjen e nxehtësisë në brendësinë e organizmit ka edhe shtresa e mjedisit të jashtëm i cili është deri te vet lëkura ku realizohet shkëmbimi kryesor i nxehtësisë me mjedisin rreth e për qark. Te njeriu mbrojtja themelore e nxehtësisë është ajri i cili gjendet nën veshjen.

Sasia e nxehtësisë që për njësi kohe do të bartet nëpër njësi kohë do të bartet nëpër njësi të prerjes tërthore të qelizave në kahe normale të asaj sipërfaqeje e jep fluksi i nxehtësisë. Ai është proporcionalisht me dallimin e temperaturës ndërmjet dy shtresave sipërfaqësore të qelizave. Nëse temperatura e organizmit shënohet me T_{or} , kurse temperatura e lëkurës me T_k , atëherë fluksi i nxehtësisë Q_1 që bartet prej organizmit nga sipërfaqja e lëkurës është:

$$Q_1 = C_1(T_{or} - T_k) , \quad (1)$$

C_x është koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë. Nga ana tjetër fluksi i nxehtësisë Q_2 , që dorëzon prej sipërfaqes së lëkurës nga mjedisi rreth e përçark, gjithashtu varet prej dallimit të temperaturës ndërmjet temperaturës së lëkurës T_k dhe mjedisit rreth e përçark T_{sr} , d.m.th.,

$$Q_2 = C_2(T_k - T_{sr}), \quad (2)$$

ku C_2 është koeficienti përkatës i përçueshmërisë së nxehtësisë.

Gjatë kushteve normale organizmi është në gjendje stacionare, fluksi i nxehtësisë prej sipërfaqes së brendshme nga mjedisi i jashtëm, d.m.th.,

$$C_1(T_{or} - T_k) = C_2(T_k - T_{sr}). \quad (3)$$

prej këtu vijon

$$\frac{C_1}{C_2} = r = \frac{T_k - T_{sr}}{T_{or} - T_k}. \quad (4)$$

Raporti $r = C_1 / C_2$ quhet **koeficienti i temperaturës** të furnizimit me gjak ose indeksi i qarkullimit të nxehtësisë. Vlera e tij, kryesisht, është përcaktuar prej qarkullimit të gjakut prej brendësisë nga sipërfaqja. Vlera e tij për pjesë të caktuara të trupit të njeriut, është e ndryshueshme. Njohja e vlerës së koeficientit r mund të shërben shumë mirë, gjatë të studiuarit e ndikimit të mjeteve anestetike mbi furnizimin e lëkurës me gjak.

Të kujtohem se **përçueshmëria e nxehtësisë** ose **konduksioni** është proces i atillë i energjisë kinetike prej lëkundjeve të molekulave bartet nëpër mjet rrugës të goditjeve me molekulat fqinje prej njërit në tjetrin prej trupit ndërsa molekulat ngelin në afërsi të baraspeshave të pozitive të tyre.

Shpejtësia e bartjes së nxehtësisë në këtë mënyrë të përcaktuar me ligjin e Furievit për përçueshmërinë e nxehtësisë që thotë:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = C S \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (5)$$

ku S është syprina e sipërfaqes nëpër të cilin bartet nxehtësia në njësi kohe, Δx është largësia ndërmjet

dy sipërfaqeve ku temperatura është T dhe T_2 , C është koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë së materialit, kurse $\Delta T/\Delta x$ është gradient i temperaturës (shiko figurën 1)

Koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë së lëngjeve në organizëm (gjaku, plazma e gjakut) sipas vlerës së vet është afër deri te koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë të ujit. Qelizat e yndyrës, eshtrat dhe shtresa e sipërme kanë koeficient më të ulët të rëndësishëm të përçueshmërisë së nxehtësisë. Prandaj qeliza e yndyrës nën lëkurë shërben si izolator të nxehtësisë të sipërfaqes së lëkurës vlera e temperaturës së qelizës që janë në brendësi.

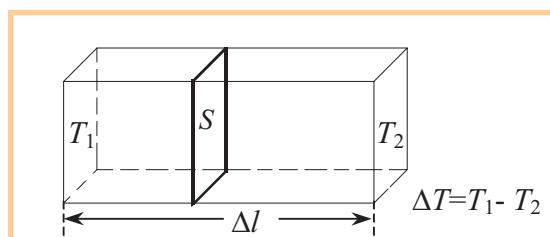


Fig. 1

Përçueshmëria e nxehtësisë gjatë kushteve normale mund të arrijë vlerë 15-20 % prej bartjes së përgjithshme të nxehtësisë prej organizmit.

Tabela 1. Koeficienti përçueshmërisë së nxehtësisë

Materijali	Koeficienti i përçueshmërisë së nxehtësisë së nxemjes
argjent	414
hekur	67
ajër	24
lëkurë	afërsisht 0,3
qeliza e yndyrës muskula,	afërsisht 0,2
gjak dhe ujë	afërsisht 0,6

Konveksioni paraqet qarkullim të numrit të madh të molekulave me energji të madhe në largësi deri te të cilët bartet nxehtësia. Poashtu dallohet **konveksioni i detyruar dhe i lirë**. Qarkullimi i ujit të ngrohët te gypat është shembull për konveksionin deri sa realizohet konveksioni i lirë si rezultat i ndryshimit të dendësisë në fushën e peshës së Tokës. Shtresat e ngrohura të

ajrit, për shembull, si të rralla ngriten lartë, deri sa më të ftohtat të cilat janë më të dendura, lëshohen.

Ky mekanizëm i bartjes së nxehtësisë është i rëndësishëm te fluidet të cilët në princip nuk janë përçues të mirë të nxehtësisë.

Edhe pse konvenca varet prej shumë faktorëve, shpejtësia e bartjes së nxehtësisë në këtë mënyrë, kur nuk ka ndikime tjera të përcaktuara është përafërsisht me shprehjen:

$$\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = k S \Delta T \quad (6)$$

ku madhësitë S dhe ΔT e kanë rëndësinë e njëjtë sikurse edhe shprehja (5) që është për përçueshmërinë e nxehtësisë, kurse koeficienti k është **koeficienti i konvencës**.

Rrezatimi, ajo është mënyra e tretë për bartjen e nxehtësisë. Gjatë bartjes së nxehtësisë me rrezatim nuk është i nevojshëm mjedisi material. Jeta në Tokë varet pikërisht prej asaj mënyre të bartjes së energjisë prej Diellit. Çdo trup rrezaton energji, përkatësisht, jep nxehtësi, me shpejtësi që është proporcionalisht me shkallën e katërt të vlerës së tij absolute të temperaturës T :

$$\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = e \sigma S T^4 . \quad (7)$$

Ky është ligji i Stefan-Bolcmanit te i cili σ është konstanta e Stefan-Bolcmanit, S sipërfaqja e cila emeton, e është emisiviteti i trupit. Për sipërfaqet e zeza është $e \approx 1$, kurse për ato që shëlqejnë $e \approx 0$.

Trupat, megjithatë, jo vetëm që emetojnë rrezatim në mjedisin e tyre por njëkohësisht edhe absorbojnë prej mjedisit dhe atë sipas ligjit të (7). Prandaj biolansi i nxehtësisë së pranuar dhe dorëzuar në njësi kohë është:

$$\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = e \sigma S (T_{\text{trupi}}^4 - T_{\text{ok}}^4) , \quad (8)$$

ku T_{ok} dhe T_{telo} përkatësisht janë temperatura e mjedisit dhe trupit.

Trupinjeriut më së shumti humb merrezatimin e nxehtësisë dhe atë afërsisht 60%. Rrezatimi i

trupit të njeriut, sipas gjatësisë valore, i takon infra të kuqe prej pjesës së spektrit elektromagnetik. Nga ana tjetër, prej trupit të njeriut absorbon rrezatim. që bie në lëkurën e tij, por rrezatohet prej trupave të përafërt.

Rrezatimi i nxehtësisë të trupit të njeriut, kryesisht varet prej temperaturës së lëkurës. Pasi nxehtësia është prej organeve të brendshme nga lëkura bartet nëpërmjet qarkullimit të gjakut, intenzitetit të furnizimit të lëkurës me gjak, është faktor i rëndësishëm për intenzitetin e rrezatimit të nxehtësisë.

Rregullimi i atij procesi realizohet në dy qendra nervore të ndërtuara te hipotalama-musot. Njëri prej tyre reagon kur temperatura e gjakut që hyn në të zvogëlohet, kurse tjetri kur ajo zmadhohet. Në çdonjërin prej këtyre qendrave gjatë ndryshimit të temperaturës, me qëllim që, të ruhet temperatura konstante e roganizmit, shkakton dukurinë e impulsit nervor të cilët nëpërmjet mekanizmave të reflektorëve veprojnë mbi furnizimin me gjak lëkurës, që, ndryshon me temperaturën në rrethinën e mjedisit.

Pyetje dhe detyra

1.Për termorregulimin normal dhe mirëmbajtja e temperaturës konstante është e nevojshme shkëmbimi i nxehtësisë të organizmit me mjedisin e jashtëm. Në cilë mënyrë kryhet ajo?

2.Nëpërmjet koeficientit të temperaturës të furnizimit të gjakut r shprehet sasia e nxehtësisë që bartet prej sipërfaqes së lëkurës nga mjedisi nëse dihen: temperatura e organizmit T_{or} dhe mjedisit T_{sr} .

$$(Përgjigje: Q = C_2 \frac{r}{1+r} (T_{\text{or}} - T_{\text{sr}}))$$

3.Duke shfrytëzuar barazimin (8) të caktohet energjmjedisi me $T_{\text{ok}}=20^\circ\text{C}$ rrezatohet në njësi të kohës prej lëkurës që ka $S=1.7 \text{ m}^2$ dhe $T_{\text{trupi}} = 34^\circ\text{C}$, për trupin $e=0,9$; $a=5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$. (Përgjigje: Prej lëkurës në njësi kohe rrezatohet më shumë energji se sa që lirohet gjatë proceseve metabolike.

4.A mund të bëhet kompëarim ndërmjet ligjit të Njutnit për viskozitetin, ligji i Fikut për difuzionin dhe ligji i Furievit për përçues të nxehtësisë?

11.1. KONCEPTET THEMELORE TË FIZIKËS MOLEKULARE

Fizika molekulare është pjesë e fizikës e cila i studion proceset mikroskopike të trupat të lidhur me numrin e madh të atomeve dhe molekulave të cilat përfshihen te ato. Vetitë e numrit të madh të molekulave dallohen prej vetive të çdo molekule të veçant dhe ato u nënshtrohen ligjshmërive statistike. Statistika operon me vlerat mesatare të madhësive fizike të cilat e karakterizojnë sjelljen dhe vetitë e çdo molekule të veçant. Ekziston lidhje kualitative dhe kuantitative ndërmjet vetive të çdo molekule në veçanti. Kështu për shembull, temperatura e një gazi është lidhur me energjinë mesatare kinetike të molekulave të tij.

Gazërat, lëngjet dhe trupat e ngurtë përbëhen prej atomeve dhe molekulave të cilat gjenden gjizthmonë në lëvizje të nxehtësisë. Ajo lëvizje është haotike, e quajtur lëvizje e Braunit, e cila krijohet si rezultat i goditjeve haotike ndërmjet molekulave.

Nga fundi i shekullit XIX, Xhuli, Klauzjus, Maksvel dhe Bolcman i sqaruan dukuritë e nxehtësisë nëpërmjet lëvizjeve haotike të molekulave dhe atomeve..

Në fillim të shekullit XX janë caktuar madhësitë e masave dhe shpejtësive të lëvizjes së molekulave me të cilën përfundimisht është krye formimi i teorisë molekulare-kinetike e cila është vërtetuar me numër të madh të eksperimenteve.

Pjesa e fizikës që i studion lëvizjet e numrit të madh të grimcave-ndërtues të substancave, quhet teoria molekulare-kinetike. Bazat themelore të kësaj teorie janë:

1. çdo substancë përbëhet prej molekulave, ndërmjet të cilave ekzistojnë hapësira ndërmjet molekulave;
2. molekulat gjenden në gjendje të vijueshmërisë, lëvizje haotike (pa rend);
3. ndërmjet molekulave veprojnë forca tërheqëse dhe rezistuese, të njohura si forca ndërmjet molekulave.

Masa dhe madhësia e molekulave. Numri i Avogadros

Karakteristika e përgjithshme e çdo sistemi makroskopik është se ai përbëhet prej numrit të madh të atomeve dhe molekulave. Për shembull, në 1m^3 substancë përfshihen 10^{26} molekula. Dimensionet e atomeve dhe molekulave janë shumë të vogla. Për shembull e ujit është $\sim 3 \cdot 10^{-10}$ m. Masa absolute ose e vërtetë e atomeve është shumë e vogël. Ajo shprehet me njësi të veçantë e cila quhet njësi e unifikuar për masën e atomit u . Ajo është përkufizuar se $1/12$ pjesë e masës absolute të atomit të hidrogjenit ^{12}C

$$u = \frac{m_C}{12} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg.} \quad (1)$$

Te njehsimet praktike, në vend të masave absolute, shfrytëzohen masat relative molekulare dhe atomike M_r dhe A_r

$$M_r(A_r) = \frac{m_x}{u} = \frac{12m_x}{m_C}, \quad (2)$$

ku m_x është masa e molekulës ose atomi i shprehur në kilogramë. Numri që tregon sa herë masa e ndonjë atomi është më i madh se $1/12$ pjesë e masës së atomit të hidrogjenit ^{12}C quhet masa molekulare relative (atomike) e elementit të dhënë, përkatësisht bashkëdyzimit. Ajo është madhësi fizike pa dimensione. Për shembull masa molekulare relative e oksigjenit është 32, kurse masa atomike relative është 16.

Por, masa nuk është matëse për sasinë e substancës. Njësia për sasinë e substancës në SI është mol shenja e së cilës është n ose V . Mol është sasia e substancës e cila përmban aq elemente strukturore aq sa ka atome në $0,012$ kg prej izotopit të karbonit ^{12}C . Me përkufizimin e këtillë të molit numri i elementeve strukturore prej cilësdo substancë është i njëjtë dhe quhet numri i Avogadrit, vlera eksperimentale e vërtetuar është

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,023 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}. \quad (3)$$

Ligji i Avogadrit thotë: në vëllime të barabarta të gazërave ideale, në temperatura të barabarta dhe shtypje, gjendet numër i njëjtë i molekulave (atomeve). Për shembull, në 1 mol oksigjen përmbahen N_A molekula oksigjen, kurse në 1 mol hidrogjen përmbahen N_A molekula hidrogjen (fig.1).

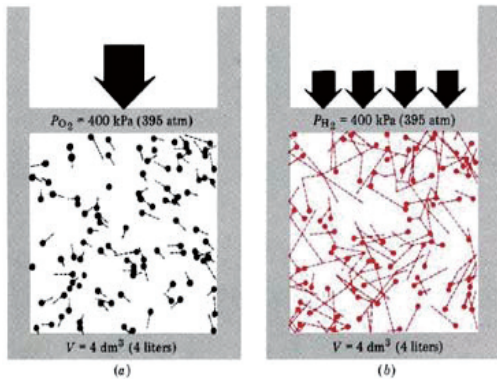


Fig. 1. Ligji i Avogadrit. Numër i barabartë me a) O_2 dhe b) H_2 molekula janë paraqitur në kontejner të veçantë nën shtypjen e njëjtë

Në pajtim me ligjin e Avogadrit, një mol (1 mol) prej cilitdo gaz, gjatë kushteve të barabarta, formon vëllim të njëjtë-vëllim molar.

Masa e 1 mol prej substance quhet masa molare M ose μ , njësia e së cilës në SI është kilogram mol (kg/mol). Masa molare shprehet edhe në gram mol (g/mol). Pasi në 1 mol substanca ka N_A molekula, kursed masa absolute e një molekule është m_x atëherë masa molare M është e barabartë me

$$M = N_A m_x \quad (4)$$

Domethënë, sasitë e barabarta të substancave kanë masa të ndryshme. Masat molare të hidrogjenit, oksigjenit dhe azotit janë 2 g/mol, 32 g/mol dhe 28 g/mol, përkatësisht.

Forcat ndërmjet molekulare

Mund të llogaritet se forcat ndërmjet molekulare janë[të natyrës elektrike, pasi forcat e gravitacionit ndërmjet molekulave janë eliminuar të vogla në lidhje me forcat elektrike.

Ato varen prej largësisë ndërmjet molekulave: të rëndësishme janë vetëm në shumë largësi të vogla dhe shpejtë bien gjatë largimit të molekulave, ashtu që në largësi ndërmjet veti shumë të mëdhaja mund të eliminohen. Te trupat e ngurtë atomet janë të radhitura në grillën kristalore dhe nuk mundet lirshëm në mënyrë translatore të lëvizin, por mundet vetëm të vibrojnë rreth pozitive së baraspeshave. Te gazërat, atomet (ose molekulat) nuk janë të lidhura njëri me tjetrin që ato lëvizin në mënyrë haotike te ena te e cila gjendet gazit. Deri te ndryshimi i drejtimit të lëvizjes vjen për shkak të goditjeve të ndërmjetshme, si edhe prej goditjeve me muret e enës te e cila gjendet gazit. Goditjet ndërmjet grimcave të gazit janë elastike, kurse shtegu i lëvizjes ndërmjet dy goditjeve është drejtëz (fig.2).

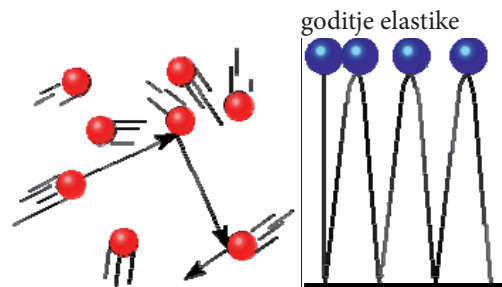


Fig. 2

Lëvizjet ndërmjet molekulare. Lëvizja e Braunit

Lëvizja haotike e molekulave është vërtetuar nga ana e Braunit. Ai me ndihmën e mikroskopit ka vërejtur se shumë grimca të vogla prej substancave të qelizat e bimëve lëvizin pa ndërprerë dhe në mënyrë haotike. Krejtësisht në mënyrë të ngjashme lëvizin shumë grimca të imta prej gline ose prej cilësdo substance tjetër të ngurtë në lëng ose gaz, si për shembull, grimcat e pluhurit të tufa e rrezeve të diellit. Nëse grimcat janë më të imta po aq ato më shpejtë lëvizin. Kjo dukuri është sqaruar në gjysmën e dytë të shekullit XIX. Lëvizja e këtillë e grimcave është pasojë e goditjeve ndërmjet molekulave të lëngut ose gazit te i cili gjenden grimcat. Lëvizja e këtillë e vijueshme dhe haotike e molekulave të lëngjeve dhe

gazërave quhet **lëvizje e Braunit**. Trajektorja e lëvizjes së molekulave është vijë e thyer e ndërprerë cik-cak e dhënë në fig. 3. Lëvizja e Braunit për herë të parë është vërejtur në vitin 1872 nga ana e botanistit skocez Robert Braun gjatë hulumtimit të sjelljes së pluhurit të polenit në ujë.

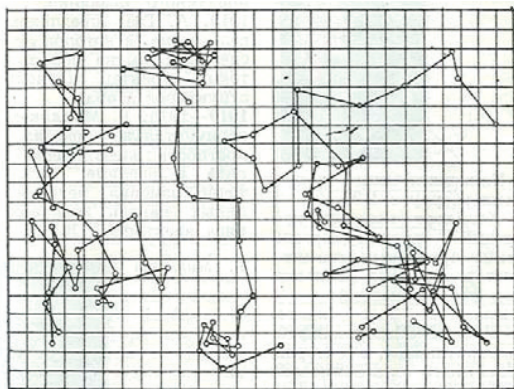


Fig. 3

Nëse temperatura e lëngut ose gazit është më e lartë, atëherë lëvizja e molekulave është më intenzive.

Me ndihmën e teorisë molekulare-kinetike mund të sqarohen shumë dukuri dhe madhësi termike, si për shembull, shtypja e gazit, ndryshimi i gjendjes agregate të substancave, bartja e energjisë së nxehtësisë, ndryshimi i temperaturës të trupat dhe të ngjashme.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cilat janë bazat themelore të teorisë molekulare-kinetike?
2. Çka është njësia e unifikuar për masën atomike? Çka është masa molekulare dhe pse ajo është madhësi pa dimensione?
3. Përmendni shembuj për masat atomike të disa elementeve dhe masave molekulare të disa bashkëdyzimeve.
4. Çka është sasia e substancës? Përkufizoni njësinë mol? Çka është numri i Avogadrit?
5. Në çka bazohet lëvizja konstante haotike e molekulave?

6. Si janë forcat ndërmjet molekulare? Te cilët trupa ato janë më të shprehura, kurse te cilët më të dobëta?
7. Duke e ditur masën atomike të azotit dhe oksigjenit, të njehsohet masa molare e NO_2 . Sa molekula NO_2 ka në 1 gram NO_2 . Sa molekula NO_2 ka në 1 cm³ NO_2 gjatë kushteve normale

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore (atje ku është e nevojshme tregoni edhe shembuj):

- teoreia molekulare-kinetike
- njësia e unifikuar për masën atomike
- masa molekulare relative (atomike)
- sasia e substancës
- numri i Avogadrit
- vëllimi molar
- masa molare-мол
- forcat ndërmjet molekulare
- lëvizja e Braunit

11.2. TEMPERATURA. MATJA E TEMPERATURAVE

Përshkrimi kuantitativ i fenomeneve termike kërkon me kujdes të definojnë konceptet për temperaturën, nxehtësinë dhe energjinë e brendshme. Kur kemi punë me fenomenet termike, struktura e trupave paraqitet si faktor i rëndësishëm. Për shembull, trupat e lëngët dhe të gaztë zgjerohen jo shumjëm të theksuar kur nxehen, për dallim prej gazërave të cilët gjatë nxemjes krejtësisht zgjerohen. Nësed gazi nuk është i lirë të zgjerohet, kur ai do të nxehet rritet shtypja e tij. Disa substanca mund të shkrihen, avullohen, të digjen ose eksplozojnë, varësisht prej përbërjes së tyre dhe strukturës. Domethënë, sjellja termike e substancës është e lidhur me strukturën e tij.

Na shpesh e lidhim konceptin e temperaturës me atë sa e ndjejmë të ngrohët ose të ftohët ndonjë objekt kur e prekim. Në këtë mënyrë, shqisat tona, na sigurojnë indikacion të kualitetshëm për temperaturën. Megjithatë, shqisat tona nuk janë të sigurta dhe shpesh na sjellin në gabim. Kështu

për shembull, nëse zhvendosim tabakun metalik dhe kuti të kartuçit me perime të ngrira prej frigoriferi, te dora jonë tabaku metalik duket më i ftohët se kutia e kartuçit edhe pse ka temperaturë të njëjtë. Të dy objektet i ndjejmë të ndryshëm pasi metali është përçues i mirë i nxehtësisë se sa kartuçi. Pasi, ajo që na është e nevojshme është e sigurt dhe metodë reproducibile për ngrohjen rfelëative ose trupat e ftohët. Shkencëtarët kanë zhvilluar llje të ndryshme të termometrave për matjen kualitative të temperaturës.

Të gjithë e kemi të qartë faktin se kur dy trupa të cilët kanë temperatura fillestare të ndryshme, kur do të sjellen në kontakt, arrijnë ndonjë temperaturë mesatare. Për shembull, copë e mishit e vendosur mbi copa akulli te kontejneri mirë i izoluar, arrijnë temperaturë deri më 0°C . Njashëm, nëse copa e akullit vëndohet te filxhani me kafe të nxehtë, ajo do të shkrihet, kurse temperatura e kafes do të zvogëlohet.

Të mendojmë tani dy trupa A dhe B të cilat nuk janë në kontakt termik, dhe trupi i tretë C i cili në realitet, është termometri ynë. Detyra ynë është të caktojmë A dhe B a janë në baraspeshë termike ose jo. Termometri (trupi C) së pari vendoset në kontakt termik me trupin A deri sa nuk arrihet baraspesha termike. Prej atij momenti, treguesi i termometrit ngel konstant dhe na e vërejmë. Atëherë termometri hiqet prej trupit A dhe sillet në kontakt termik me tgrupin B, pra pasi do të arrihet baraspesha termike, vërehet treguesi i tij. Nëse të dy janë të barabartë, atëherë trupat A dhe B janë në baraspeshë njëri me tjetrin. Ky gjykim lehtë vërtetohet eksperimentalisht dhe është shumë i rëndësishëm pasi mund të shfrytëzohet për definimin e temperaturës. Temperaturën mund ta kuptojmë si veti e cila përcakton ndonjë trup a është në baraspeshë termike me trupat tjerë ose jo. *Dy trupa janë në baraspeshë termike nëse kanë temperaturë të njëjtë.*

Anasjelltas, nëse dy trupa kanë temperatura të ndryshme ato nuk janë në baraspeshë termike.

Gjatë konstruksionit të një termometri të cilitdo lloj, duhet të zgjedhet trup të termometrit dhe ndonjë parametër që varet prej temperaturës. Trupi i termometrit duhet të jetë ndonjë gaz (për shembull, hidrogjeni) ose ndonjë lëng (zhiva ose alkooli). Si parametër i temperaturës te gazërat merret vëllimi varësia e të cilit prej temperaturës praktikisht është linear. Si parametër i temperaturës mund të merret edhe rezistenca elektrike ose forcë e termoelektromotorit të ndonjë përçuesi ose gjypërçuesi. ose intensiteti i rrezatimit të trupoave te gjendja e nxehtë, por ai duhet të ndryshon në mënyrë monotone dhe npa ndërprerje sipas ndonjë ligjshmërie. Në praktik shpesh shfrytëzohet njëra prej shkallëve të temperaturave-Celzusi. Ajo është konstatuar në bazë të varësisë lineare të temperaturës vëllimi i lëngut si trup temperature. Ndarësja ete shkalla, me kusht e shënuar me (0°C) është tangjenta e nivelit të zhivës te gypi i termometrit, kur zhiva gjendet në baraspeshë të nxehtësisë me akull që shkrihet në shtypje normale atmosferike, kurse ndarësja njëqind (100°C) është tangjenta e nivelit të zhivës kur ajo gjendet në baraspeshë të nxehtësisë me avullin e ujit e cila avullohet në shtypje atmosferike normale prej 101325 Pa . Këto pika quhen pika repere.

Përveç termometrave me zhivë dhe alkool, shfrytëzohen edhe termometra elektrik: termoelemente dhe termometra me rezistencë.

Përveç Celziusit, janë konstatuar edhe dy shkallë temperature: shkalla e empirike absolute e temperaturës, e bazuar në ligjin e Sharlovit dhe shkalla absolute termodinamike e temperaturës, e bazuar në principin e dytë të termodinamikës.

Jepni rëndësisinë e këtyre koncepteve themelore (atje ku është e nevojshme jepni edhe shembuj):

- temperatura
- shkalla e temperaturës
- baraspesha termike
- termometri

11.3. LIGJET THEMELORE TË GAZËRAVE

Kur substanca (trup) gjendet në gjendje të gaztë, kurse molekulat e saja gjenden në largësi ndërmjet veti larg, atëherë substanca e atillë quhet gaz ideal. Për gazin ideal mund të llogaritet se ai në largësinë mesatare ndërmjet molekulave është shumë më e madhe se largësia mesatare ndërmjet molekulave është shumë më e madhe në krahasim me dimensionet e molekulave ashtu që bashkëveprimi i tyre eliminohet.

Gjendja e gazit karakterizohet me temperaturën, vëllimin dhe shtypjen e tij. Këto tre madhësi janë parametrat themelor të gjendjes makroskopike të gazit. Këto parametra janë të varur ndërmjet veti dhe ndërmjet tyre ekziston lidhje e caktuar. Në rastin e përgjithshëm, prej tre parametrave, dy mund të jenë të dhënë, kurse i treti caktohet si funksion prej dy të tjerëve. Barazimi me të cilin shprehet varësia funksionale ndërmjet tr parametrave quhet barazimi i gazit.

Ndryshimi i gjendjes së gazit ideal mund të përcillet kur njëri prej parametrave mbahet si konstant. Proceset e atilla quhen izoprocese.

Për gazin ideal me masën e dhënë ($m = \text{const}$), varësia ndërmjet shtypjes dhe vëllimit gjatë temperaturës konstante ($t = \text{const}$) është dhënë me ligjin e Bojl-Marietit,

$$pV = \text{const} \quad (1)$$

Ligji i Bojl-Marietit, i paraqitur grafikisht me diagramin p - V , paraqet një hiperbollë, të quajtur izoterma. Te fig. 1a janë paraqitur më shumë izoterma që u përgjigjen temperaturave të ndryshme. Procesi që realizohet gjatë temperaturës konstante quhet proces izoterm.

Varësia ndërmjet vëllimit dhe temperaturës gjatë shtypjes konstante ($p = \text{const}$) është dhënë me **ligjin e Gej-Lisakut**.

$$V = V_0(1 + \alpha_v t) \quad (2)$$

ku V_0 është vëllimi i gazit me temperaturë $t=0^\circ\text{C}$, kurse α_v është *koeficienti i temperaturës të zgjerimit të vëllimit të gazit*. Procesi që realizohet gjatë shtypjes konstante quhet procesi izobar, kurse lakoret të cilat e japin varësinë e vëllimit V prej temperaturës t , gjatë shtypjes konstante, janë paraqitur në fig. 1b.

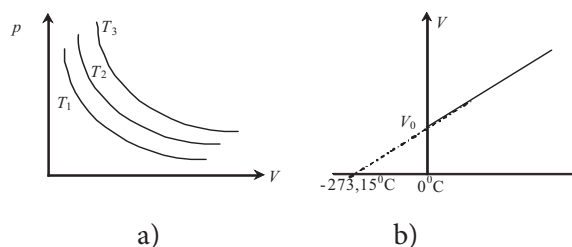


Fig. 1

Nëse për procesin izobar grafikisht te diagrami p - V paraqitet varësia e shtypjes prej vëllimit, fitohet drejtëz e njohur si izobare (fig. 2).

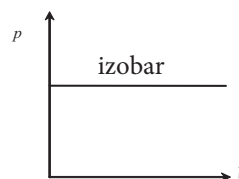


Fig. 2

Varësia ndërmjet shtypjes dhe temperaturës gjatë vëllimit konstant ($V = \text{const}$) është dhënë me **ligjin e Sharlovit**.

$$p = p_0(1 + \alpha_p t) \quad (3)$$

ku p_0 është shtypja e gazit me temperaturë $t=0^\circ\text{C}$, kurse α_p është *koeficienti i shtypjes së temperaturës*. Procesi që realizohet gjatë vëllimit konstant quhet **proces izohor**, kurse lakoret të cilat e japin varësinë e shtypjes prej temperaturës t ,

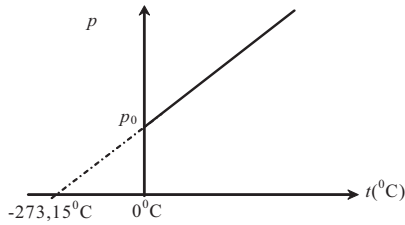


Fig.3

gjatë vëllimit konstant, janë paraqitur në fig. 3. Nëse për procesin izohor grafikisht te diagrami p - V është paraqitur varësia e shtypjes prej vëllimit, fitohet drejtë të njohur si izohor (fig. 4).

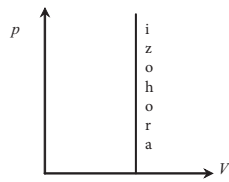


Fig. 4

Prej ligjit të Bojl-Mariotit vijon se për të gjithë gazërat ideal vlen

$$pV = p_0V_0(1 + \alpha_p t_1)(1 + \alpha_v t_1)$$

$$(1 + \alpha_p t_1)(1 + \alpha_v t_1) = 1$$

d.m.th., për të gjithë gazërat se $\alpha_v = \alpha_p \equiv \alpha$, vlera eksperimentale e të cilit është

$$\alpha = \left(\frac{1}{273,15} \right) \frac{1}{^\circ\text{C}} \quad (4)$$

Varësia e shtypjes së gazit prej temperaturës, me vëllim konstant, sikurse mund të shihet nga figura (diagrami p - T), është lineare. Nëse kryhetekstrapolacion t gë drejtëzës në fushën e gtemperaturave të ulta deri sa shtzpjja nuk bëhet e barabartë me zero ($p = 0$), mund të konstruktohet shkallë e re e temperaturës, të quajtur **shkalla empirike e temperaturës**.

Temperatura gjatë shtypjes së gazit është e barabartë me zero, është marrë për **zero absolute**,

në atë shkallë. Zero absolute te shkalla empirike e temperaturës i përgjigjet temperaturës $t = -273,15^\circ\text{C}$ n; shkallën e Celziusit. Lidhja ndërmjet temperaturës absolute dhe të Celyusit është dhënë me realcionin

$$T = 273,15 + t \quad (5)$$

Temperaturës së shkrirjes së akullit gjatë shtypjes normale ($p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) i përgjigjet temeptrura $T_0 = 273,15 \text{ K}$ ($t_0 = 0^\circ\text{C}$), në temperaturën e vlimit të ujit, gjatë shtypjes normale i përgjigjet temperaturë $T = 373,15 \text{ K}$ ($t = 100^\circ\text{C}$).

Mefutjenetemperaturësabsolute,ligjiiGej-Lisakut dhe ligjit të Sharlovit shkruhet n; formën.

$$V = V_0 \left(1 + \frac{T - 273,15}{273,15} \right) = V_0 \frac{T}{273,15}$$

$$p = p_0 \left(1 + \frac{T - 273,15}{273,15} \right) = p_0 \frac{T}{273,15}$$

ose

$$V = V_0 \frac{T}{T_0}, \quad \frac{V}{T} = \text{const} \quad (6)$$

$$p = p_0 \frac{T}{T_0}, \quad \frac{p}{T} = \text{const} \quad (7)$$

Varësia e vëllimit V prej temperaturës T gjatë shtypjes konstante, është dhënë në fig. 5a (diagrami V - T) prej ku shihet se ajo është lineare. Varësia e shtypjes p prej temperaturës T , gjatë vëllimit konstant është dhënë në fig. 5b (diagrami p - T).

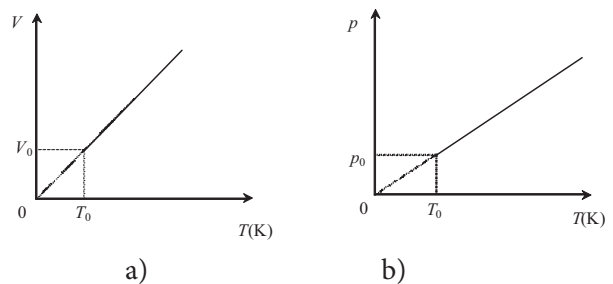


Fig. 5

Prej fig. 5a vijon se gjatë temperaturës të barabartë me zeron absolute ($T = 0 \text{ K}$), vëllimi i gazit është i barabartë me zero. Zhdukja e vëllimit do të thotë zhdukja e materjes, kurse ajo është kundërthënie me ligjin fundamental të natyrës: ligji për jo zhdukje të materjes. Prandaj, zbatimi i ligjeve të gazta është korekte vetëm për gazërat ideal, d.m.t.h., vetëm në kushte kur gasi ka veti të gayit ideal. Në fizikën bashkohore madhësia temperaturë zen vend shumë të rëndësishëm dhe prandaj njësia kelvin (K) për temperaturën termodinamike është njëra prej njësive themelore të përkufizuara në këtë mënyrë: Kelvini është temperatura termodinamike e barabartë me $1/273,16$ pjesë e temperaturës termodinamike të pikës së trefishtë të ujit. Pika e trefishtë e ujit është temperatura e baraspeshës të tre fazave: lëng, akull dhe avulli i ujit, që është për $0,01$ shkallë më e lartë se pika e shkrirjes së akullit (0°C). Prandaj temperatura e pikës së trefishtë e ujit te shkalla e termodinamikës së Kelvinit merret se është $273,16 \text{ K}$. Në vend të termit të vjetër absolut, në absolut koh absolut në absolut t absolutre shfrytëzohet termi temperatura termodinamike.

Ligji i Daltonit

Në praktik më së shpeshti hasen përzierjet e gazërave (për shembull, ajri është përzierje e azotit, oksigjenit dhe gazërave tjerë të motorët me djegëje të brendshme trupi i punës është përzierje e avullit të benzinës dhe ajrit). Nëse përzierja prej gazërave përbëhet prej n komponenteve, të gjitha komponentet kanë vëllim të barabartë me vëllimin e përzierjes $V_1 = V_2 = \dots = V_n = V$ dhe në gjendjen e baraspeshës së nxehtësië kanë temperatura të barabarta me përzierjen $T = T_2 = \dots = T = T$.

Shtypja që çdo komponentë do ta ketë kur vet do ta formon tërë vëllimin e përzierjes është më i vogël se shtypja e përzierjes dhe quhet shtypja parciale p_1 .

Sa është sasia e substancës së komponentes të përzierja më e madhe aq sa është

më i madh edhe shtypja e tij parcial. Shtypja e komponenteve tjera nuk ka ndikim në shtypjet parciale të komponentes së vërejtur.

Sipas ligjit të Daltonit, shtypja e përzierjes të gazit ideal është i barabartë me shumën e shtypjeve parciale të gazërave të cilët e bëjnë përzierjen

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n, \quad (8)$$

ku $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ ja temperaturës së njëjtë.

Pyetje, detyra, aktivitet

1. Cilët janë karakteristikat kryesore të gazit ideal.
2. Me cilat parametra përcaktohet gjendja e gazit ideal.
3. Te diagrami p - V vizatoni izotermën, izobarën dhe izohornën. Cilat ligje vlejné për proceset përkatëse. Jepni formulimin matematikë të atyre ligjeve.
4. Paraqitni procesin e izobarës dhe izohorës n ; diagramin V - T dhe p - T , përkatësisht. Si mund të përfundohet prej atyre diagrameve.
5. Çka është koeficienti i zgjerimit të vëllimit të gazërave dhe sa është?
6. Çka është koeficienti i temperaturës së shtypjes dhe sa është?
7. Përkufizoni njësinë e kelvinit.
8. Për çka është ligji i Daltonit. Shkruani formulimin matematikore të këtij ligji.

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme jepni shembuj):

- gaz ideal
- izopresa
- izoterma
- koeficienti i temperaturës
- koeficienti i shtypjes

11.4. BARAZIMET THEMELORE PER GJENDJEN E GAZIT IDEAL

Gjendja e sasisë së gazit të caktuar me tre parametra: shtypja p , vëllimi V dhe temperatura T . Këto parametra janë të lidhur ndërmjet veti me ndonjë ligjshmëri, ashtu që ndryshimi i njërit prej tyre sjell deri te ndryshimi i dy parametrave tjerë. Lidhja ndërmjet atyre mund të jepet në formën e funksionit

$$f(p, V, T) \quad (1)$$

Barazimi i cili e përcakton lidhjen ndërmjet parametrave të gazit të dhënë quhet barazimi i gjendjes së gaztë. Për fitimin e këtij barazimi do të shqyrtojmë kalimin e sasisë së gazit ideal prej një gjendje në tjetër. Gjendja fillestare e gazit ideal me masë m (m -const) karakterizohet me parametrat p_0 , V_0 dhe T_0 që i përgjigjen kushteve normale (nën kushte normale nënkuptohet shtypja prej $p_0=1,01 \cdot 10^5$ Pa dhe temperatura $T_0=273,15$ K). Gjendja e fundit e gazit le të përshkruhet me parametra p , V dhe T .

Kalimi i gazit prej gjendjes fillestare në të fundit mund ta shprehim në dy etapa:

$$\begin{aligned} p_0, V_0, T_0 &\xrightarrow{T=Const} p, V', T_0 \\ p, V', T_0 &\xrightarrow{p=Const} p, V, T \end{aligned}$$

Etapa e parë le të realizohet gjatë temperaturës konstante (T_0 - const), ashtu që varësia ndërmjet shtypjes dhe vëllimit është dhënë me ligjin e Bojl-Mariotit:

$$p_0 V_0 = p V' \quad (2)$$

$$V' = \frac{p_0 V_0}{p} \quad (3)$$

Etapa e dytë realizohet gjatë shtypjes konstante (p -const), d.m.th., etapa e dytë paraqet një proces izobar. Varësia ndërmjet vëllimit dhe temperaturës së gazit gjatë shtypjes konstante

është dhënë me ligjin e Gej-Lisakut

$$V = V' \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

Nëse te barazimi i sipërm zëvendësohet V' me shprehjen (3), fitohet

$$V \frac{T_0}{T} = \frac{p_0 V_0}{p}, \quad \frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0} = const \quad (5)$$

Ky barazim është barazim i gazit ideal.

Barazimin (5) do ta shkruajmë për sasinë e gazit prej një mol

$$\frac{pV_m}{T} = \frac{p_0 V_{0m}}{T_0} = const \quad (6)$$

Gjatë kushteve normale, d.m.th., gjatë $T_0 = 273,15$ K dhe $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Pa, vëllimi molar i çdo gazi është i barabartë me $V_{0m} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ m³/mol. Nëse zëvendësohen vlerat përkatëse për p_0 , V_{0m} dhe T_0 , për konstanten te barazimi (6) fitohet vlera

$$\begin{aligned} R = \frac{p_0 V_{0m}}{T_0} &= \frac{1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}}{273,15 \text{ K}} \\ &= 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \end{aligned} \quad (7)$$

Kjo konstante është e njohur si konstante e gazit univerzal. Due e futur konstanten R , barazimi për gjendjen e 1 mol gaz ideal thotë

$$pV_m = RT \quad (8)$$

Prej barazimit (7) për 1 mol gaz, lehtë mund të fitohet barazimi për të cilëndo masë m të gazit, nëse merret parasysh se, gjatë shtypjes së barabartë dhe temperatura, n mola të gazit do të përfshijnë n herë vëllim më tëmadh se një mol: $V = nV_m$. Nëse shumëzohet shprehja (8) me $n = m/M$ dhe zëvendësohet $V = nV_m$, fitohet barazimi

$$pV = \frac{m}{M} RT = nRT \quad (9)$$

Barazimi (9) është i njohur si barazimi i Klajperit për gjendjen e gazit ideal. Ky barazim mund të shkruhet edhe në tjetër formë. Duke futur konstanten

$$k = \frac{R}{N_A} \quad (10)$$

shprehja (9) kalon në

$$pV = \frac{m}{M} k N_A T = n N_A k T \quad (11)$$

Madhësia k quhet konstanta e Bolcmanit dhe ka kuptim më të thellë fizik se sa konstanta universale e gazit R . Duke i zëvendësuar vlerat numerike për konstante univerzale të gazit R dhe numrit të Avogadrit N_A , për konstanten e Bolcmanit kemi

$$k = \frac{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (12)$$

Prodhimi $n N_A$ është i barabartë me numrin e molekulave N që përmbahet te gazit me masë m . Duke zëvendësuar $N = n N_A$ te barazimi (11), kemi

$$pV = NkT \quad (13)$$

Nëse shprehjen e sipërme e pjesëtojmë me vëllimin e gazit V dhe marrim parasysh se numri i molekulave në njësi vëllim n , kemi

$$p = nkT \quad (14)$$

Barazimet (9), (13) dhe (14) janë forma të **ndryshme të barazimit të Klajperit për gjendjen e gazit ideal**.

Barazimi i Klajperit për përzierjen prej gazit ideal shkruhet në formën

$$pV = \sum_i \frac{m_i}{M_i} RT = \frac{m}{\langle M \rangle} RT \quad (15)$$

ku m është masa e përzierjes së gazit, kurse $\langle M \rangle$ është masa molare mesatare të dhënë me

$$\langle M \rangle = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i}$$

Këtu $n_i = m_i / M_i$ është numri i moleve të komponentes i , kurse p është shtypja e përzierjes që caktohet sipas ligjit të Daltonit. Për shembull, ajri që është përzierje e azotit, oksigjenit dhe gazërave tjerë e ka masën mesatare molare $\langle M \rangle \equiv M_V = 29 \text{ kg/mol}$.

Barazimi i gjendjes, si edhe gazërat themelore janë për gazin ideal. Në praktik shpesh këto ligje vlejné edhe për gazërat real, por nuk vlejné kur gazërat real gjenden në temperatura të ulta ose shtypje të larta. Gjatë atyre kushteve gazërat real nuk i kanë vetitë e gazit ideal. Për ato kushte nuk mund të eliminohen dimensionet e molekulave në krahasim me largësitë ndërmjet tyre, as, pra, mund të eliminohen forcat ndërmjet molekulave. Për këto gazëra real kryhen korrigjime te barazimi i Klajperit të gjendjes dhe nxirret barazim tjetër.

Shembuj të detyrave. Detyrat të lidhura me ligjet për gazin ideal të gjithë mndet të zgjidhen me zbatimin e barazimit të Klajperit. Këtu do të shqyrtojmë tre detyra.

Shembulli 1. Te cilindri sipërfaqja e prerjes tërthore e të cilit është $S = 100 \text{ cm}^2$ gjendet ajër i temperaturës $t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Shtypja atmosferike është $p_1 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Me të vërtet $h_x = 60 \text{ cm}$ prej bazës së cilindrit gjendet kujë. Për sa do të zbrese kuja nëse në të vëndohet peshë me masë $m = 100 \text{ kg}$, kurse ajri në cilindër poashtu ngrohet deri në temperaturë $t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Fërkimi ndërmjet kujës dhe lindrit eliminohet

Është dhënë:

$$S = 100 \text{ cm}^2$$

$$t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_1 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$h_1 = 60 \text{ cm}$$

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Kërkohet:

$$\Delta h = ?$$

Zgjidhje

E shkruajmë barazimin e Klajperit për të dy gjen-
djet:

$$p_1 V_1 = nRT_1 \quad (1)$$

$$p_2 V_2 = nRT_2 \quad (2)$$

Shtypja p_2 është e baraspeshuar me shtypjen at-
mosferike plus shtypja e kujës

$$p_2 = p_1 + G/S \quad (3)$$

Me pjesëtimin e (1) dhe (2) kemi

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (4)$$

pasi

$$\frac{V_1}{V_2} \equiv \frac{Sh_1}{Sh_2} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \quad (5)$$

vijon se

$$\frac{h_1 - h_2}{h_1} = \frac{p_2 T_1 - p_1 T_2}{p_2 T_1} \quad (6)$$

prej ku fitohet

$$\Delta h = h_1 - h_2 = h_1 \left(1 - \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \right) = 27 \text{ cm.} \quad (7)$$

Shembulli 2. Masa e balonit të qelqit është matur
tre herë: i evakuuar, të plotë, me ajër gjatë shtypjes
atmosferike $p_0 = 105 \text{ Pa}$ dhe të mbushur me
gaz të panjohur nën shtypjen $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Masat e fituara janë:

$m_x = 200 \text{ g}$, $m_2 = 204 \text{ g}$, dhe $m_3 = 210 \text{ g}$. Të cakto-
het masa molare e gazit të panjohur të ajrit është.
 $M_v = 29 \text{ kg/mol}$.

Është dhënë:

$$p_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$m_1 = 200 \text{ g}$$

Kërkohet:

$$M_G = ?$$

$$m_2 = 204 \text{ g}$$

$$m_3 = 210 \text{ g}$$

$$M_v = 29 \text{ kg/mol}$$

Zgjidhje: Kur baloni është plotë me ajër:

$$p_0 V = \frac{m_v}{M_v} T \quad (1)$$

Por kur është plot me gaz

$$pV = \frac{m_G}{M_G} T \quad (2)$$

Me pjesëtimin e (1) dhe (2), fitohet

$$\frac{p_0}{p} = \frac{m_v M_G}{m_G M_v} \quad (3)$$

prej ku vijon se

$$M_G = \frac{m_G M_v}{m_v} \frac{p_0}{p} \quad (4)$$

Prej kushtit të detyrës vijon se

$$m_G = m_3 - m_1, \quad m_v = m_2 - m_1 \quad (5)$$

ku për masën e gazit të pa njohur fitohet

$$M_G = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \frac{p_0}{p} M_v = 48 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}. \quad (6)$$

Shembulli 3. Dy enë janë mbushur me ajër dhe
ndërmjet veti të lidhura me kapilare te e cila
gjendet çepi. Ena e parë gjendet në rezervuarin
e nxehtësisë në të cilin temperatura është kon-
stante $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, kurtse te e dyta përzierja për
ftohje temperatura e të cilit i ka vlerat $t_2 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$.
Në fillim kur çepi është i mbyllur, shtypja te ena
e parë është $p_x = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, kurse te e dyti $p_2 =$
 $15 \cdot 10^3 \text{ Pa}$. Sa është shtypja e ajrit që gjendet pas
hapjes së çepit, nëse vëllimi i enës së parë është V
 $= 250 \text{ cm}^3$, kurse i të dytit $V_x = 400 \text{ cm}^3$?

Është dhënë:

$$t_1 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p_1 = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 15 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 250 \text{ cm}^3$$

$$V_1 = 400 \text{ cm}^3$$

Kërkohet:

$$p = ?$$

Zgjidhje:

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1, \quad p_2 V_2 = n_2 R T_2 \quad (1)$$

$$p_1 V_1 = n_1' R T_1, \quad p_2 V_2 = n_2' R T_2 \quad (2)$$

Prej relacioneve (1) dhe (2) vijon se

$$n_1 = \frac{p_1 V_1}{R T_1}, \quad n_2 = \frac{p_2 V_2}{R T_2} \quad (3)$$

$$n_1' = \frac{p_1 V_1}{R T_1}, \quad n_2' = \frac{p_2 V_2}{R T_2} \quad (4)$$

Pasi sasia e substancës mbetet e pandryshueshme

$$n_1 + n_2 = n_1' + n_2' \quad (5)$$

me ndihmën e relacioneve (3), (4) dhe (5), kemi

$$p = \frac{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1}{V_1 T_2 + V_2 T_1} = 22,5 \cdot 10^3 \text{ Pa.} \quad (6)$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Nxirrni barazimin për gjendjen e gazit ideal? Kur ai nuk vlen?
2. Çka është konstanta univerzale e gazit dhe sa është?
3. Si caktohet konstanta e Bolcmanit dhe sa është?
4. Shkruani barazimin e Klajperit për përzierjen e gazërave ideal. Si dpo të caktohet masa mesatare molare e përzierjes?

5. Te ena e ngushtë cilindrike që është e mbyllur prej njërit skaj gjendet ajër i ndarë prej mjedisit të jashtëm me shtyllë të zhivës gjatësia e të cilit është $h = 15 \text{ cm}$. Kur gypi shtrihet horizontalisht, ajri te ai zen vëllim $V_1 = 240 \text{ mm}^3$, por kur vendoset vertikalisht me hapjen lartë ajri zen vëllimin $V_2 = 200 \text{ mm}^3$. Të njihsohet shtypja atmosferike p_0 për kohën e provës.
6. Oksigjeni me masë $m = 10 \text{ g}$ gjendet në temperaturë $t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ dhe shtypjen $p = 3,04 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Pas ngrohjes gjatë shtypjes konstante të oksigjenit zen vëllim $V_2 = 10 \text{ L}$. Të caktohet vëllimi i gazit pas zgjerimit të gazit pas dhe pas zgjerimit.

Jepni rëndësishtë e këtyre koncepteve themelore (atje ku është e nevojshme përmendni edhe shembuj):

- barazimi i gjendjes
- konstanta universale e gazit
- Konstanta e Bolcmanit
- ma e përzierjes prej gazërave

11.5. BARAZIMI THEMELOR I TEORISË MOLEKULARE KINETIKE

Temperatura dhe shtypja

Nëse duam diçka të mësojmë për temperaturën e ndonjë sistem, i të gazit, është domosdoshme ta analizojmë lëvizjen e molekulave të cilat hyjnë në përbërjen e gazit. Lëvizja e molekulave të gazit është lidhur jo vetë me temperaturën por edhe me një madhësi tjetër, kurse ai është shtypja. Relacioni që jep lidhjen ndërmjet temperaturës dhe shtypjes njihet si barazimi themelor i energjisë molekulare kinetike të teorisë së gazërave. Ky barazim është fituar në bazë të këtyre supozimeve: 1. gazi është ideal; 2. shpërndarja e molekulave sipas shpejtësive është e rastësishme; 3. molekulat kanë elasticitet.

Nëse dimensionet e molekulave të gazit janë shumë më të vogla prej largësive ndërmjet tyre, për gazin e atillë themi se është ideal. Te gazit ideal, forcat me të cilat reciprokisht veprojnë molekulat ndërmjet veti, mund të eliminohen. Çdo gaz real që është shumë i holluar, ka veti afërsisht të gazërave ideale. Disa gazëra sikurse është ajri, azoti, oksigjeni, poashtu edhe gjatë kushteve të njëjta (temperaturë dhome dhe shtypje atmosferike), pak dallohen prej gazërave ideal. Veçanërisht të afërt sipas vetive të gazërave ideal janë heliumi dhe hidrogjeni.

Për fitimin më të thjeshtë të barazimit që e jep lidhjen ndërmjet shtypjes dhe temperaturës, do ta shqyrtojmë këtë rast: sasi e caktuar e gazit ideal gjenden në enë me formë të kubit me brinjë a . Në faqet e enës te i cili gjendet gazi,, rregullisht godisin molekulat e gazit. Që të caktojmë shtypjen, duhet të njehsohet fuqia e mesme me të cilën molekulat veprojnë në njërën brinjë të kubit, si për shembull, te brinja që është normale në bosh-tin x (fig. 1a).

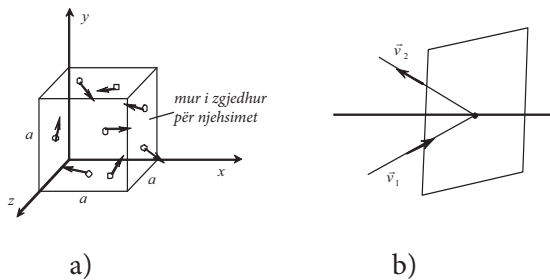


Fig. 1

Do të veçojmë një molekul (i -ta) me masë m shpejtësia e së cilës para goditjes me mur është \vec{v}_{1i} . Pasi goditja është elastike, shpejtësia e molekulës sipas goditjes \vec{v}_{2i} nuk ndryshojnë sipas madhësisë (fig. 1b). Shpejtësia \vec{v}_i ka komponente v_{xi} , v_{yi} dhe v_{zi} dhe nëse e kemi zgjedhur faqen e enës që është normal në boshtin x , atëherë molekulat do të ketë komponentë pozitive v_{xi} para goditjes dhe kom-

ponenta negative v_{xi} pas goditjes. Komponentet tjera të shpejtësisë ngelin të pandryshueshme. Në këtë mënyrë impulsi i molekulës para goditjes është

$$\vec{p}_{1i} = m(\vec{i}v_{ix} + \vec{j}v_{iy} + \vec{k}v_{iz}) \quad (1)$$

kurse pas goditjes

$$\vec{p}_{2i} = m(-\vec{i}v_{ix} + \vec{j}v_{iy} + \vec{k}v_{iz}) \quad (2)$$

Në pajtim me ligjin e dytë të Njutnit, forca e cila vepron te molekula është e barabartë me

$$\vec{F}_i = \frac{\Delta\vec{p}_i}{\Delta t} \quad (3)$$

ku $\Delta\vec{p}_i$ Api është ndryshimi i impulsit të molekulës, kurse Δt është intervali kohor. Në pajtim me ligjin e tretë të Njutnit, kjo forcë është e barabartë sipas madhësisë, kurse e kundërt sipas kahes së forcës me të cilën molekulat vepron te muri. Ndryshimi i impulsit të molekulës është e barabartë

$$\Delta\vec{p}_i = \vec{p}_{2i} - \vec{p}_{1i} = -2mv_{ix}\vec{i} \quad (4)$$

prej ku vijon se forca me molekulën i vepron në faqen e enës është e barabartë

$$\vec{F}_i = \frac{2mv_{ix}\vec{i}}{\Delta t} \quad (5)$$

Të supozojmë se gazi është mjaft i holluar ashtu që molekula e kalon largësinë $2a$ më shumë herë para se të goditet me faqen e enës. Koha ndërmjet dy goditjeve të njëpasnjëshme të molekulës me faqen e enës është

$$\Delta t = \frac{2a}{v_{ix}}$$

Nëse këtë shprehje e zëvendësojmë te (5), për forcën kemi

$$F_i = \frac{mv_{ix}^2}{a} \quad (6)$$

Nëse te ena ka gjithsej N molekula, atëherë çdonjëra prej tyre ka shpejtësinë e vet dhe përkatësisht kohën e vet të lëvizjes dhe ndryshim të vet të impulsit. Nëse mbliidhen të gjitha molekulat në enë, fitohet forca e përgjithshme me të cilën molekulat veprojnë te faqja e enës.

$$F = \sum_{i=1}^N \frac{mv_{ix}^2}{a} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^N mv_{ix}^2 \quad (7)$$

Nëse gaz gjendet në gjendje të baraspeshës, atëherë kahet x , y dhe z janë një lloj me gjasë, ashtu që mundemi të shkruajmë

$$\sum_{i=1}^N mv_{ix}^2 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^N (mv_{ix}^2 + mv_{iy}^2 + mv_{iz}^2) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^N mv_i^2$$

ku

$$v_i^2 = v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2$$

është shpejtësi katrore e molekulës i . Anëtari

$\frac{1}{3} \sum mv_i^2$ mund ta shkruajmë në formën

$$\frac{1}{3} \sum_{i=1}^N mv_i^2 = \frac{2}{3} \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} mv_i^2 = \frac{2}{3} E_k \quad (8)$$

ku „ k ” është energjia e përgjithshme kinetike e të gjitha molekulave. Nëse këtë e zëvendësojmë te shprehja te shprehja (7), për forcën e përgjithshme F me të cilën molekulat veprojnë në faqen, fitojmë

$$F = \frac{2}{3} \frac{E_k}{a} \quad (9)$$

Shtypja p është përkufizuar si raport prej forcës normale F dhe syprinës së faqes së kubit ($S = a^2$)

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2}{3} \frac{E_k}{a^3} = \frac{2}{3} \frac{E_k}{V} \quad (10)$$

ku $V = a^3$ është vëllimi i kubit. Në pahitim me barazimin e fituar, shtypjen që e kryen gazi ideal në faqet e murit është i barabartë me $2/3$ e vlerës së dendësisë së energjisë që molekulat e posedojnë për shkak të lëvizjes së tyre të nxehtësisë. Duke pasur parasysh se energjia e përgjithshme kinetike „ k ” mund ta shkruajmë si prodhim prej energjisë së mesme kinetike të një molekule $\langle E_k \rangle$ dhe numrit të molekulave N , shprehja (10) fiton formën

$$p = \frac{2}{3} \frac{N \langle E_k \rangle}{V} \quad (11)$$

Barazimi (11) e jep lidhjen ndërmjet madhësisë makroskopike - shtypja dhe makroskopike-energjia e mesme kinetike të molekulës së veçantë të gazit. Kjo tregon se zmadhimi i energjisë së mesme kinetike e molekulave sjell deri te zmadhimi i shtypjes mbi muret e enës.

Temperatura dhe energjia

Tani më energjia kinetike që e posedojnë molekulat për shkak të lëvizjes së tyre të nxehtësisë, është lidhur me shtypjen me këtë relacion

$$p = \frac{2}{3} \frac{N \langle E_k \rangle}{V}$$

Prej këtij relacioni fitohet se energjia e mesme kinetike e një molekule $\langle E_k \rangle$ do të jetë

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} \frac{pV}{N} \quad (12)$$

Nga ana tjetër, barazimi për gjendjen e gazit ideal e shkruajmë në formën

$$pV = NkT$$

Duke zëvendësuar këtë barazim në shprehjen (12), e fitojmë këtë rezultat

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (13)$$

Relacioni (13) tregon se energjia e mesme kinetike e molekulës së gazit është në proporcion të drejt me temperaturën absolute të gazit. Domethënë, ndryshimi i temperaturës gjithmonë është indikator për ndryshimin e energjisë kinetike në levizjen haotike (nxehhtësisë) të atomëve dhe molekulave të gazit

Shprehja (13) vlen vetëm për gazrat të cilët përbëhen prej molekulave një atomshe, sikurse janë p.sh. ,heliumi dhe argoni. Numri i fuqive në liri (numri i ndyshoreve të pavarura të cilët e caktojnë gjendjen e molekulës) të molekulat një atomshe është $i = 3$. Ato janë 3 fuqitë e lira të lëvizjes translatores të molekulës (x, y dhe z). Çdo fuqi e lir mban energji të njëjtë e cila është

$$\langle E_k \rangle = \frac{1}{2} kT \quad (14)$$

ashtu që energjia e mesme kinetike e molekulës caktohet sipas shprehjes

$$\langle E_k \rangle = \frac{i}{2} kT \quad (15)$$

Me i është shënuar shuma e fuqive të lira translatores, rrotulluese lëkundëse

$$i = i_{tr} + i_{rot} + i_{osc} \quad (16)$$

Pasi molekulat e gazit ideal nuk bashkëveprojnë ndërmjet veti, energjia e brendshme e gazit të këntillë është e barabartë energjinë kinetike të nxehhtësisë së përgjithshme të molekulave

$$U = N \langle E_k \rangle = N \frac{i}{2} kT = N \frac{i}{2} \frac{R}{N_A} T = n \frac{i}{2} RT \quad (17)$$

ku n është numri i moleve.

Shpejtësia e molekulave

Relacioni (13) që e jep lidhjen ndërmjet energjisë së mesme kinetike të molekulave të gazit ideal dhe temperaturës së tij kinetike, mundëson të njehsohet shpejtësia mesatare katrore e molekulave.

$$\langle E_k \rangle = \frac{m v^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (18)$$

prej ku vijon se

$$v^2 = \frac{3kT}{m} \quad (19)$$

Shprehja (19) mund të shkruhet edhe në tjetër formë. Nëse ana e djathtë e këtij barazimi shumëzohet dhe pjesëtohet me numrin e Avogadrit N_A dhe duke pasur parasysh se $M = mN_A$ është masa molare e gazit, për shpejtësinë katrore mesatare të molekulës fitohet

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (20)$$

Nëse njehsohet katrori i shpejtësisë mesatare të molekulave të oksigjenit gjatë 0°C , do të fitohet se ai është afërsisht 460 m/s, që do të thotë është e krahasueshme me shpejtësinë e lëvizjes të kokrrave artilerike. Vlerat e mëdhaja të fituara për shpejtësinë e lëvizjes së molekulave kanë shjaktuar dyshim në saktësinë e teorisë molekulare-kinetike në gjysmën e dytë të shekullit XIX. Sot kjo është detalisht e sqaruar. Trajektorja e lëvizjes së molekulave është vija e thyer të llojit të baunit. Kjo do të thotë se rruga që e kanë kaluar molekulat e gazit të dhënë është më e madh se për shembull, lkargësia prej njërit skaj deri te tjetri prej enës te e cila gjendet gazi. Në realitet shpejtësia njehsohet në pajtim me relacionin (20) është katrori i shpejtësisë mesatare të lëvizjes së molekulave sipas gjatësisë së pjesëve drejtkëndore prej pjesëve të ndërprera të trajektoreve të numri të madh të molekulave. Në realitet, molekulat lëvizin me shpejtësi të ndryshme, të ndryshme në çdo moment të kohës. Për herë të parë, shpejtësitë e molekulave eksperimentalisht i ka matur fizikano gjerman Shtern në vitin 1920. Ai ka treguar se molekulat lëvizin në shpejtësi të ndryshme

kurse shpejtësia mesatare e molekulave ka madhësi që i përgjigjet shpejtësisë të fituar me ndihmën e relacionit (20), që edhe eksperimentalisht është vërtetuar njëra prej relacioneve të teorisë molekulare-kinetike.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Nxirrni barazimin për shtypjen në teorinë molekulare-kinetike. Në bazë të cilëve supozimeve është fituar dhe në çka qëndron rëndësia e tij?
2. Cila është lidhja ndërmjet energjisë kinetike mesatare të molekulave të gazit ideal dhe temperaturës së tij?
3. Sa është energji kinetike mesatare e molekulave të gazit gjatë temperaturës 0°C ?
4. Pse te teoria molekulare kinetike patjetër të silltet katrori i shpejtësisë mesatare të lëvizjes së molekulave.
5. Si është vërtetuar saktësia e relacioni për katrorin e shpejtësisë mesatare të lëvizjes së molekulave?
6. Të njehsohet katrori i shpejtësisë mesatare të molekulave të oksigjenit gjatë 0°C .

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore (atje ku është e nevojshme përmendni edhe shembuj) :

- energji kinetike e mesme
- katrori i shpejtësisë mesatare
- fuqia e lirë

11.6. TENSIONI SIPËRFAQËSOR

Forca e tensionit sipërfaqësor Koeficienti i i tensionit sipërfaqësor

Te lëngjet, molekulat janë relativisht afër njëra pranë tjetrës që do të thotë se, ato nuk janë të lidhura ndërmjet veti si te trupat e ngurtë dhe nuk janë të lira si te gazërat. Forcat tërheqëse ndërmjet molekulare janë shumë të forta deri në largësi të caktuara e cila quhet **rreze e bashkëveprimit ndërmolekular** (prej rendit të madhësisë

10^{-9} m), por pastaj menjëherë bie deri në zero. Mund të llogarisim se çdo molekul vepron në të gjitha molekulat tjera të cilat gjenden në brendësinë e sferës me rreze të barabartë me rrezën e bashkëveprimit reciprok. Rrezja e kësaj sfgere është dhjetë herë më e madhe se largësia ndërmjet molekulave te lëngjet.

Forcat ndërmolekulare të cilat veprojnë ndërmjet molekulave të llojit të njëjtë quhen **forca kohezionit**, por forcat që veprojnë ndërmjet molekulave të llojit të ndryshëm quhen **forca të adhezionit**.

Për lëngjet karakteristike është që posedojnë sipërfaqe të lirë vetitë e të cilave dallohen prej vetive të lëngut në brendësinë e tij. Sipërfaqja e lirë te shumë lëngje qëndron se si në të të gjendet membranë e zgjatur e cila e pengon zhytjen e trupave. Ajo membranë gjendet vetëm mbi sipërfaqen e lëngut, por nëse shpohet me gjilpërë ose me ndonjë monedhë, trupat do të fillojnë të notojnë. Insektet e vogla sikurse është rrëshqitësi i ujit, mund të lëvizin nëpër sipërfaqen e ujit pasi pesha e tyre nuk është shumë e madhe që ta depërtojnë sipërfaqen e lirë të ujit. Shkaku se cila sipërfaqe e lirë e lëngut gjendet në situatën e zgjatjes është ajo që në sipërfaqe energjia është më e madhe se sa në bntendësinë e lëngut. Thënë në përgjithësi, sipërfaqet japin kontribut pozitiv kah energjia e përgjithshme e trupave. Le të shqyrtojmë dy molekula, M_1 që gjenden në sipërfaqen e lirë të lëngut dhe M_2 në brendësinë lëngut (fig.1).

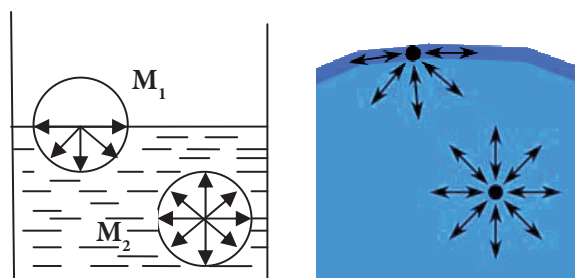


Fig. 1

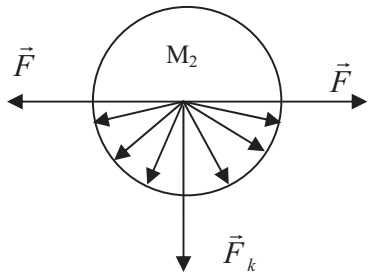


Fig. 2

Molekula M_2 është rrethuar me molekulat e njëlojtë me të cilat fuqishëm bashkëveprojnë, por të gjitha forcat janë simetrike, ashtu që japin forcë rezultuese të barabartë me zero. Molekula M_1 është rrethuar me molekulat e njëlojtë vetëm në anën e poshtme, kurse prej anës së sipërme është rrethuar me molekula prej ndonjë gazi ose faza e gazit të lëngut me të cilën krejtësisht dobët ose në përgjithësi nuk bashkëveprojnë. Çdo forcë e bashkëveprimit zërthehet në dy komponente: normale kahja e të cilës është normale në sipërfaqen të lëngut dhe tangjenciale e cila shtrihet te rrafhsi i sipërfaqes së lirë. Komponentet normale e japin forcën e shtypjes molekulare \vec{F}_k (ose forca e kohezionit), kurse komponentet tangjenciale e japin tensionin sipërfaqësor \vec{F} (fig. 2).

Forca e shtypjes molekulare \vec{F}_k gjithmonë është e orientuar normalisht në sipërfaqen e lirë të lëngut dhe tenton të tërheqë molekulat prej shtresës monomolekulare në brendësinë e lëngut. Forca e tensionit sipërfaqësor \vec{F} shtrihet në rrafshin e shtresës monomolekulare.

Forcat e tensionit sipërfaqësor e mbajnë tngensionin sipërfaqësor të lëngut në gjendje të ndërlikuar. Në segmentin çfarëdo elementar prej sipërfaqes së lirë të lëngut (ose shtresa monomolekulare), forca e tensionit sipërfaqësor vepron normalisht në konturën (tehun) që e kufizon atë segment. Për shembull, nëse kemi membranë prej sapuni të formuar në një konturë drejtkëndore (fig. 3) që të jetë membrana në baraspeshë, duhet të veprojmë me forcën \vec{F} , normale në tehun l e tij, e cila sipas moulit do të jetë e barabartë me tensionin sipërfaqësor.

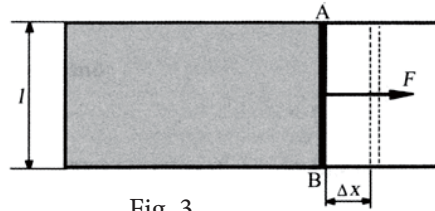


Fig. 3

Se forca e tensionit sipërfaqësor vepron gjithmonë normalisht në konturën e cila kufizon segment elementar prej sipërfaqes së lirë të lëngut, mund të bindemi me këtë eksperiment: nëse formojmë membranë prej fluskës së sapunit në të dy anët prej një unaze metalike, por mbi të vendoset nyje prej perit të hollë, duke e shpuar me gjilpërë të nxehtë fluskën, shihet se ajo do të merr formë rrethore (fig. 4).

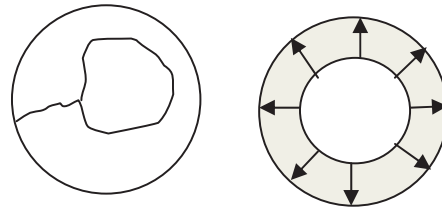


Fig. 4

Domethënë, kontura vijore është rrethore, forcat e tngensionit sipërfaqësor veprojnë në mënyrë radiale, përkatësisht normale në shtresën e çdo segmenti elementar prej vijës rrethore, Rrethi, pra, ka syprinë më të madhe, që do të thotë syprina tjetër e membranës ka vlerë minimale, përkatësisht energji minimale. Për karakterizimin e vetive të lëngjeve është përkufizuar madhësia σ , të quajtur koeficienti i tensionit sipërfaqësor. Ai caktohet me forcën e tensionit sipërfaqësor që vepron në njësi gjatësi prej konturës që e kufizon sipërfaqen e lëngut

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (1)$$

Në SI njësia për koeficientin e tensionit sipërfaqësor është (N/m).

Për vlerësimi kuantitativ të koeficientit të tensionit sipërfaqësor shfrytëzohet edhe një-
sia energjetike xhul në metër katror (J/m^2), për-
katësisht *koeficienti i tensionit sipërfaqësor për-
kufizohet me punën që duhet të shpenzohet që të
zmadhohet sipërfaqja e lirë e lëngut për njësi gjatë
temperaturës konstante*

$$\sigma = \frac{\Delta A}{\Delta S} \quad (2)$$

Puna ΔA kryhet në llogari të zvogëlimit të energjisë sipërfaqësore të sipërfaqes së lirë të lëngut

$$\Delta A = \Delta E$$

Molekulat e shtresës sipërfaqësore të shtresës së lëngut posedojnë energji potenciale më të madhe se sa molekulat e brendësisë së lëngut. Ajo energji plotësuese quhet energji sipërfaqësore plotësuese dhe është proporcionale me syprinën e shtresës ΔS

$$\Delta E = \sigma \Delta S \quad (3)$$

Energjia sipërfaqësore e sipërfaqes së lirë të lëngut i dedikohet punës që kryejnë molekulat prej brendësisë së lëngut, në llogari të energjisë kinetike të lëvizjeve të tyre të nxehtësisë kundër forcave të bashkëveprimit molekular që të arrijnë te sipërfaqja e lëngut.

Koeficienti i tensionit të sipërfaqes mund të caktohet me ndihmën e një drejtkëndëshi te i cili njëra brinjë është e lëvizshme (fig. 3). Që të lëviz membrana e fluskës së sapunit për largësi Δx , duhet të vepron me forcë F në gjatësi l . Pasi membrana është dyshtesore, forca e tensionit sipërfaqësor prfj (1) është e barabartë me

$$F = 2\sigma l \quad (4)$$

Koeficienti i tensionit sipërfaqësor varet prej temperaturës dhe prej natyrës së

shtresës monomolekulare të lëngut. Me zmadhimin e temperaturës së tensionit sipërfaqësor zvogëlohet. Te tabela janë dhënë koeficientët e tensionit sipërfaqësor të disa substancave.

Lëng	t ($^{\circ}C$)	σ (N/m)
ujë	0	$76 \cdot 10^{-3}$
	20	$73 \cdot 10^{-3}$
	100	$59 \cdot 10^{-3}$
etil alkooli	20	$22 \cdot 10^{-3}$
bemzin	20	$29 \cdot 10^{-3}$
gjak	37	$58 \cdot 10^{-3}$
zhiva	25	$473 \cdot 10^{-3}$
glicerin	20	$63 \cdot 10^{-3}$
fluska e ujit	20	$26 \cdot 10^{-3}$

Caktimi eksperimental i koeficientit të tensionit sipërfaqësor me metodën e ndarjes e unazës (fig. 5).

Pjesa teorike. Kur duam ndonjë trup ta



Fig. 5. Prova eksperimentale për matjen e koeficientit të tensionit sipërfaqësor me metodën e ndarjes së unazës.

ndajmë prfj sipërfaqes së lëngut, ajo me vete tërheq sasi të caktuar prej atij lëngu dhe me të e zmadhon sipërfaqen e ti të lirë. Megjithatë, forca e tensionit sipërfaqësor paraqitet si rreksion që i kundërshton zmadhimin të sipërfaqes së lëngut. Kur forca me të cilën veprojmë te trupi do të barazohen me forcën e tensionit sipërfaqësor, trupi ndahet nga lëngu.

Nëse bëhet fjalë për trup në formë të unazës, forcat e tensionit sipërfaqësor do të veprojnë njëtrajtësisht nëpër gjatësinë e tehut të jashtë dhe të brendshëm të unazës, kurse rezultanta e tyre do të jetë sipas madhësisë e barabartë me forcën e jashtme F .

Sipërfaqja e lirë e lëngut do të zmadhohet për

$$\Delta S = d_1 \pi h + d_2 \pi h \quad (5)$$

ku d_1 dhe d_2 janë diametrat e jashtëm dhe të brendshëm të unazës, kurse h është lartësia e të cilës do të ngritet lëngu direkt para ndarjes së unazës prej saj (fig. 6).

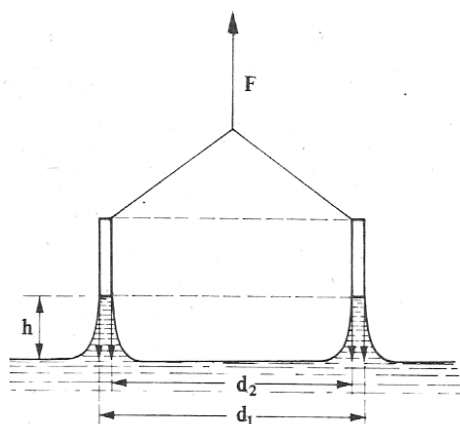


Fig. 6

Me zëvendësimin e relacionit (5) te shprehja (3) fitohet se

$$A = \sigma (d_1 + d_2) \pi h \quad (6)$$

Të njëjtën këtë punë, e shprehur nëpërmjet F , është

$$A = Fh \quad (7)$$

Me barazimin e relacioneve (6) dhe (7) fitohet

$$F = \sigma (d_1 + d_2) \pi \quad (8)$$

Nëse unaza është shumë e hollë, atëherë merret vlera mesatare për diametër

$$d_{mes} = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (9)$$

Atëherë për koeficientin e tensionit sipërfaqësor fitohet

$$\sigma = \frac{F}{2\pi d_{mes}} \quad (10)$$

Koeficienti i tensionit sipërfaqësor caktohet me ndihmën e shprehjes së fituar (10) nëpërmjet matjes së forcës F që vepron te unaza në momentin e ndarjes së tij prej sipërfaqes së ujit. Pjesa eksperimentale. Mjetet e nevojshme përbëhen prej: enë e qelqit, tel, unazë metalike, vizore vertikale shtyllë laboratorike, letër milimetrike dhe shubler. (fig. 7).

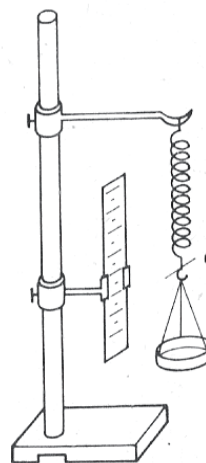


Fig. 7

Unaza është varë në skajin e poshtëm të spirales së telit. Nën unazën vendoset enë prej qelqi me ujë, dhe atë ashtu që unaza ta prek ujë sipërfaqen e ujit. Paszaj ena ngadal sillet lëshohet që sjell deri te zgjatja e telit. Kur forca elastike që paraqitet për shkak të zgjatjes së telit do të jetë e barabartë sipas madhësisë së forcës të tensionit sipërfaqësor, unaza do të ndahet prej sipërfaqes së ujit. Forca elastike që paraqitet për shkak të zgjatjes së telit është proporcionale me madhësinë e zgjatjes Δl

$$F = k\Delta l \quad (11)$$

ku k është konstante e proporcionalitetit të forcës elastike të telit. Që të caktohet vlera e forcës F ku vjen në ndarjen e unazës prej sipërfaqes së ujit, është e nevojshme paraprakisht të kryhet vlerësimi i telit të dhënë. Teli së bashku me nazën ngarkehet me peshat me masa të ndryshme dhe poashtu gjigthmonë caktohet përkatësisht zgjatja e telit. Në bazë të rezultateve të fituara, grafikisht paraqitet varësia e forcës elastike të zgjatjes së telit F prej zgjatjes Δl (fig. 8).

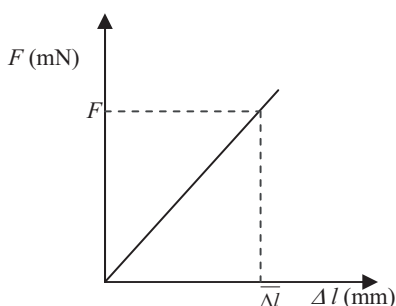


Fig. 8

Prej grafikut të fituar mund të caktohet vlera e forcës nëse dihet zgjatja e telit që krijohet nën ndikimin e asaj force. Domethënë, vlera e forcës të tensionit sipërfaqësor te relacioni (10) caktohet prej grafikut për këtë vlerë të zgjatjes ku unaza ndahet prej sipërfaqes së ujit.

Mënyra e matjes. Kryhet vlerësimi i telit me unazën. Gjatë caktimit të zgjatjes së telit së pari duhet në mënyrë precize të konstatohet baraspesha e telit me unazën e varur në të. Për këtë qëllim, si edhe për matjen e zgjatjes së telit, shfrytëzohet vizori vertikal. Teli ngarkohet me pesha me masa të ndryshme dhe për çdo masë caktohet zgjatja e telit. Prej të dhënave të fituara, te letra milimetrike paraqitet grafiku i vlerësimit të telit si në fig. 8. Me ndihmën e shublerit matet diametri i jashtëm dhe i brendshëm i unazës, d_1 dhe d_2 .

Pastaj, unaza zhytet te ena më e gjerë me ujë. Ena ngadal lëshohet dhe gradualisht përcillet zgjatja e telit. Në një moment unaza do të ngritet mbi sipërfaqen e ujit, si në fig. 6. Atëherë duhet edhe shumë pak të lëshohet ena që të këputet unaza prej sipërfaqes së lëngut. Në momentin e këputjes së unazës lexohet zgjatja e telit në lidhje me pozitën e baraspeshës. Që të jetë të lexuarit sa më e saktë, mënyra e këputjes së unazës duhet të përsëritet shumë herë, por pastaj të njehsohet vlera mesatare e zgjatjes Δl . Me ndihmën e kësaj vlerë prej grafikut lexohet vlera e forcës së tensionit sipërfaqësor F në momentin e këputjes së unazës prej lëngut.

Prej vlerës së fituar për d_{mes} dhe F njehsohet koeficienti i tensionit sipërfaqësor të ujit me ndihmën e relacionit (10). Tensioni sipërfaqësor zvogëlohet duke shtuar disa substanca. Kështu në lidhje me ujin për substancat aktive sipërfaqësore llogariten: sapunët, thartitat e yndyrshme dhe deterxhentet. Për shembull, sapuni e zvogëlon vlerën e tensionit sipërfaqësor prej $7,5 \cdot 10^{-2}$ në $4,5 \cdot 10^{-2}$ N/m.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është shtresa sipërfaqësore e lëngut?
2. Cilat janë forcat e kohezionit, por cilat të adhezionit?
3. Si sqarohet dukuria e tensionit sipërfaqësor?
4. Çka është shtypja molekulare?
5. Si përcaktohet koeficienti i tensionit sipërfaqësor? Cila njësi shfrytëzohet për vlerësimin e koeficientit të tensionit sipërfaqësor?
6. Cilat substanca i quajmë substanca aktive sipërfaqësore?
7. Teli rrëshqitës me gjatësi $l = 3,5$ cm tërheq film të lëngët sikurse është treguar në fig. 9. Forca e tërheqjes është $F = 4,4 \cdot 10^{-3}$ N. Prej tabelës me vlerat për koeficientët e tensionit sipërfaqësor të konstatohet për çfarë lloj të filmit të lëngët bëhet fjalë.

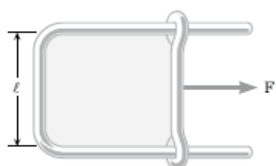


Fig. 9

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore (atje ku është e nevojshme përmendni edhe shembuj):

- sfrea e bashkëveprimit ndërmolekular
- forca e shtypjes molekulare
- forca e tensionit sipërfaqësor
- koeficienti i tensionit sipërfaqësor

11.7. DUKURITË KAPILARE. LAGËJA DHE JO LAGËJA

Do t'i shqyrtojmë dukuritë e kufirit ndërmjet trupit të ngurt dhe lëngut (për shembull, muret e enës të cilat gjenden lëng dhe vet lëngu). Ndërmjet molekulave të lëngut dhe molekulave të materjes prej të cilave bëhen muret e enës veprojnë forcat ndërmolekulare, pra sjellja e lëngut në afërsi të mureve do të varet prej raportit të forcave të kohezionit F_K dhe adhezionit F_A . Kohezioni është forcë e cila paraqitet ndërmjet molekulave të njëlojtë dhe e cila nuk i lejon lëngut lirshëm të zgjerohet në hapësirë (sikurse që është rasti me gazërat). Kohezioni vepron nga fluidet dhe nuk lejon muret të tërheq fluidin. Adhezioni është forcë e cila paraqitet ndërmjet molekulave të llojeve të ndryshme. Forca e rezultantes është normale në sipërfaqen e lakuar, përkatësisht me murin vertikal foron kënd $\theta + 90^\circ$. Sipërfaqja e lëngut vendoset normalisht në rezultanten prej të gjitha forcave ndërmolekulare.

Nëse forcat e adhezionit janë më të mëdha se forcat e kohezionit, sikurse për shembull, kufiri ujë-qelq, sipërfaqja e lëngut fiton formë të lugët dhe thuhet se lëngu i lag muret e enës.

Nëse, tani, forcat e kohezionit, sikurse për shembull janë më të mëdha se forcat e adhezionit, si për shembull, në kufirin zhiva-qelqi, atëherë sipërfaqja e lëngut fiton formë të ngritur dhe nuk i lag muret e enës të cilat gjenden.

Pjesët e lakura të sipërfaqes së lëngut quhet **meniskusi**.

Këndin që e formon muri i enës me tangentën e sipërfaqes së lëngut quhet **kënd kontaktit**. Nëse $\theta < 90^\circ$, lëngu i lag muret e enës, por nëse $90^\circ < \theta < 180^\circ$, lëngu nuk i lag muret e enës (fig.1).

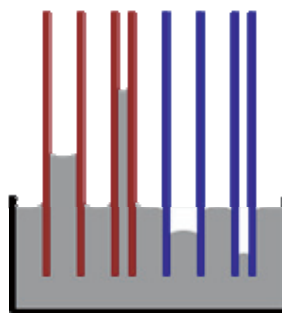


Fig. 1. Ngritja kapilare. Këndi i kuq-kontaktiv më i vogël se 90° , këndi i kaltër-kontaktiv më i madh se 90° .

Nëse në bazën e pastër (pallakë metalike ose e qelqit) pikohet një pikë e ndonjë lëngu, forma e pikës do të varet prej koeficientit të tensionit sipërfaqësor për kufirin e trupit të ngurtë-lëng, lëng-gaz dhe trupi i ngurtë-gaz, përkatësisht, këndi i kontaktit që është funksion prej koeficientit përkatës të tensionit sipërfaqësor. Për shembull, pika e zhivës do të jetë përafërsisht sferë, kurse petrolej do të derdhet nëpër sipërfaqe duke mos formuar pikë. Nëse gypi i ngushtë (kapilaren) e fusim në enë me ujë do të vërejmë se uji në gyp do të ngritet deri te lartësia e caktuar h (që varet prej rrezes së gypit dhe prej llojit të lëngut) dhe se meniskusi i ujit të kapilarja do të jetë e lugët. Gjithashtu vlen edhe lëngjet tjera të cilat i lagin muret e enës të cilat gjenden. Kjo dukuri quhet elevacioni kapilar (fig.2a).

Niveli i zhivës te kapilarja e qelqit është më e vogël se niveli i zhivës te ena te e cila gjendet, edhe meniskusi i zhivës është e ngritur. Kjo dukuri quhet depresioni kapilar (fig. 2b).

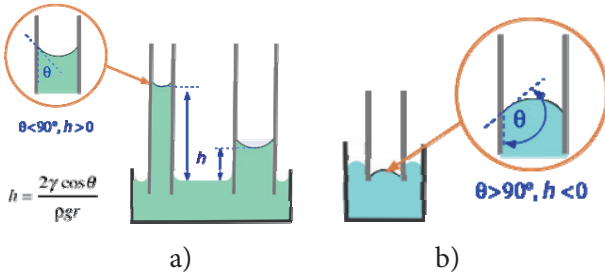


Fig. 2

Elevacionet kapilare dhe depresioni janë pasojë e asaj që sipërfaqja e lirë e lëngut sillet si e membranë e zgjatur. Do ta caktojmë lartësinë e lëngut te kapilarja në rastin e elevacionit kapilar. Ngjashëm do ta shqyrtojmë për depresionin kapilar do të sjell deri te rezultati i njëjtë (fig. 3)

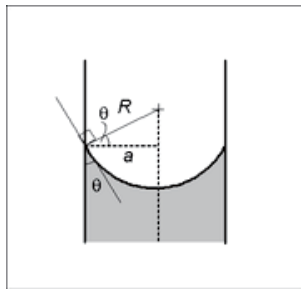


Fig. 3

Për shkak të meniskusit të lugët të lëngut te kapilarja, shtypja nën meniskusin është më e vogël se shtypja atmosferike mbi meniskusin. Lëngu ngritet te kapilarja deri sa ndryshimi te shtypjet Δp nuk barazohen me shtypjen hidrostatike që paraqitet si rezultat i peshës së shtresës së lëngut te kapilari

$$\Delta p = \rho g h \quad (1)$$

Pasi $\Delta p = 2\sigma/R$ (ku R është rrezja e meniskusit) kurse $a = R \cos \theta$, (a është rrezja e kapilares), fitohet

(kapilarja), fitohet

$$\Delta p = 2\sigma \cos \theta / a \quad (2)$$

Prej relacioneve (1) dhe (2) vijon se

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g a} \quad (3)$$

Për kontakte të vogla këndet θ , $\cos \theta \approx 1$, fitohet

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g a} \quad (4)$$

Rezultati i njëjtë do të fitohet edhe nëse komponenta vertikale e forcës së tensionit sipërfaqësor, e barazojmë ngritjen e lëngut te kapilarja, e barazojmë me peshën e shtyllës së lëngut te kapilarja.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka janë dukuritë e kapilareve. Pse paraqiten?
2. Kur lëngu i lag, por kur nuk i lag muret e enës te e cila gjenden?
3. Çka është elevacioni i kapilares, por çka është depresioni i kapilares. Ilustro ni me ndihmën e vizatimit. Cili është sh kaku për paraqitjen e tyre?
4. Pse vjen deri te lagështia e mureve të ndërtesave të cilat janë izoluar keq?
5. Nxirrni barazimin për lartësinë e gy pit. Prej çka varet ajo?

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve temelore (atje ku është e nevojshme përmend edhe shembuj):

- lagëja
- jo lgëja
- meniskusi
- këndi i kontaktit
- elevacioni i kapilares
- depresioni i kapilares

12.1. GJENDJET AGREGATE. NDRYSHIMI I GJENDJEVE AGREGATE

Hyrje

Tre gjendjet agregate të substancave (e ngurtë, e lëngët dhe e gaztë) në fizikë quhen *faza*.

Gjatë kushteve të caktuara fazat e ndryshme të një substance mund të gjenden në baraspeshë njëra me tjetrën. Kështu, gjatë shtypjes dhe temperaturës së caktuar substanca mund të gjendet njëkohësisht në gjendje të fazës së lëngët ose në të gaztë, ose në fazë të lëngët dhe të ngurtë, ose në fazë të ngurtë dhe të gaztë. Këto janë kushtet ku krijohen të ashtuquajturat kalimet fazore. Kalimi prej një faze në tjetër, zakonisht krijohen futja ose dalja e një sasive të nxehtësisë.

Nga pikëpamja e teorisë molekulare kinetike, ndonjë trup a do të gjendet në gjendje të lëngët, të ngurtë, ose të gaztë, varet se si është raporti ndërmjet energjive që i kanë molekulat e tyre.

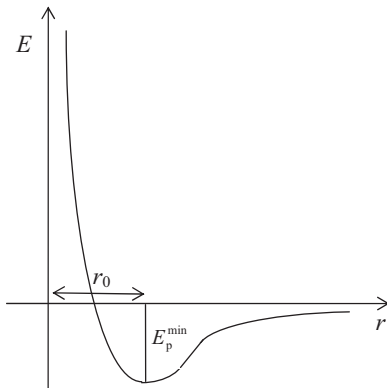


Fig. 1

Është e njohur se molekulat ka energji kinetike, e cila është rezultat i lëvizjes haotike të nxehtësisë, dhe energjia potenciale, që është e kushtëzuar me ekzistimin e forcave tërheqëse dhe rezistuese ndërmjet veti. Varësia e energjisë potenciale prej largësisë ndërmjet molekulave është dhënë me lakoren e figurës 1, që tani më e keni të njohur.

Gjatë $r = r_0$ energjia potenciale është minimale, të shënuar me E_p^{min} (fig.1). Prej grafikut

është i dukshëm se kur largësia është e madhe, energjia potenciale është shumë e vogël. Madhësia e E_p^{min} e caktton punën që duhet ta kryen përball forcave të bashkëveprimit ndërmolekular që të ndahen molekulat prej pozitës së baraspeshës ($r=r_0$).

Nëse substanca është në gjendje të gaztë, lëvizja e nxehtësisë është shumë intenzive, molekulat kanë energji kinetike shumë të madhe prej energjisë potenciale ($\bar{E}_k \gg E_p^{min}$), atëherë gjasa se molekula të gjendet në largësi $r = r_0$ është shumë e vogël. Nëse substanca është në gjendje të ngurtë molekulat kanë energji potenciale shumë të madhe, domethënë $E_p^{min} \gg \bar{E}_k$. Atëherë janë shumë të shprehura forcat ndërmolekulare ashtu që molekulat janë vendosur sipas rendit të caktuar dhe vetëm lëkundën rreth gjendjes së baraspeshës. Te trupat e lëngët energji kinetike mesatare e molekulave është e rendit të njëjtë me energjinë potenciale: $\bar{E}_k \approx E_p^{min}$. Molekulat e lëngut si rezultat i lëvizjes së nxehtësisë zhvendosen prej vendit në vend ku vjen deri te ndryshimi i vendpozitës së tyre, por nuk vjen edhe deri te ndryshimi i largësive ndërmjet tyre.

Kështu, çdo substancë varësisht prej temperaturës mund të gjendet në gjendje të gaztë, të lëngët dhe të ngurtë, ku temperatura e kalimit prej një gjendje në tjetër varet prej madhësisë së E_p^{min} . Përf shembull, te gazërat inerte E_p^{min} është e vogël, kurse te metalet ajo është e madhe. Prandaj në kushte të zakonshme gazërat inerte janë në gjendje të gaztë ndërsa metalet janë në gjendje të ngurtë.

Shkrirja dhe ndrirja (kristalizimi)

Kalimi i substancës prej gjendjes së ngurtë në gjendje të lëngët quhet shkrirje, kurse kalimi prej gjendjes së lëngët në gjendje të ngurtë quhet ngrirje, përkatësisht kristalizim.

Të marrim një trup të ngurtë dhe të fillojmë të nxejmë duke shtuar rregullisht sasi të nxehtësisë për intervale të barabarta kohore. Themimi nxemja

është e njëtrajtshme. Nëse e masim temperaturën (t) të trupit, rezultatet e matjes e matjes

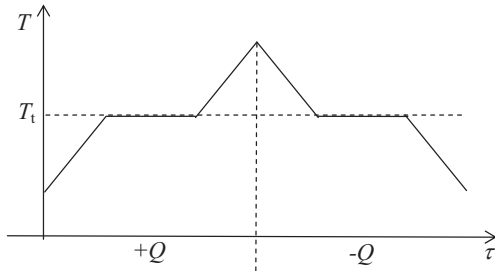


Fig. 2

e paraqet varësinë prej kohës (τ) fitohet grafiku në figurën 2. Në fillim temperatura e trupit linearisht zmadhohet me rritjen e temperaturës. Megjithatë, në momentin kur trupi është konstant. *Temperatura në të cilën shkrihet trupi e quajmë temperatura e shkrirjes (T_i)*. Deri sa zgjat shkrirja, edhe pse trupit i shtohet nxehtësia, temperatura e tij është konstante. Pasi që trupi krejtësisht shkrihet më tutje me nxemjen e lëngut nxehet, temperatura rritet linearisht.

Nga pikëpamja e teorisë molekulare-kinetike sqarimi është i thjeshtë. Gjatë shkrirjes është e nevojshme energjia që të zmadhohet energjia mesatare kinetike, pra ato t'i lëshojnë nyjet e grillës kristalore. Themi, se shkrirja vjen deri te shkatërrimi i gvrillës kristalore. Kjo do të thotë se njësi e masës së substancës së dhënë në fazën e lëngët ka energji të brendshme më të madhe prej masës njësi në fazën e ngurtë, edhe kur ato janë në të njëjtën temperaturë. Të përmendim se gjendja e baraspeshës ndërmjet fazës së ngurtë dhe të lëngët të të njëjtës substancë mund të zgjat sa të duam na, kuptohet nëse mbahet temperatura e shkrirjes.

Ekspërimenti prej figurës 2 mund të vazhdon, por tani në kahen e kundërt. Në intervale të barabarta kohore prej substancës le të nxirret sasi të barabarta të nxehtësisë. Lëngu do të fillon të ftohet, por procesi i ftohjes do të ndalet gjatë temperaturës $T = T_i$ që do të fil

lonte kristalizimi i lëngut. Deri sa zgjat kristalizimi i lëngut substanca e ka të njëjtën temperaturë, edhe pse rregullisht zbritet nxehtësia. Kur trupi krejtësisht do të ngurret, gjatë zbritjes së mëtutjeshme të nxehtësisë, ai do të ftohet.

Gjatë kristalizimit vjen deri te afrimi dhe radhitja e molekulave në grillën kristalore, pra energjia e tyre kinetike zvogëlohet. Vijon se kristalizimi mundet të krijohet vetëm atëherë nëse lëngu jep nxehtësi trupave të jashtëm përreth e përçark.

Gjatë këtyre proceseve, sjellja e sasisë së nxehtësisë (Q_T), përkatësisht gjatë kristalizimit, sasia e nxehtësisë së nxjerrun ($-Q_T$) është e barabartë me ndryshimin e energjisë së brendshme të substancës. Ky ndryshim është proporcionalisht me masën e substancës, prandaj themi se edhe sasia e nxehtësisë (Q), i sjellur ose e zbritur është proporcionalisht me substancës:

$$Q_T = \lambda m \quad (1)$$

Nxehtësin Q_T e quajm nxehtësia e shkrirjes të trupit të dhënë dhe ai varet prej masës së trupit, natyra e substancës dhe kushteve të jashtme. Konstanta e proporcionalitetit λ te barazimi (1) e karakterizon ndryshimin e energjisë së brendshme të substancës gjatë kohës së shkrirjes (ngrirjes) prej natyrës së substancës dhe prej kushteve të jashtme. Ajo madhësi quhet nxehtësia specifike e shkrirjes (ngrirjes) por matet me sasinë e nxehtësisë që duhet t'i shtohet (zbritet) që të shkrihet (kristalizohet) njësi e masës e substancës së dhënë dhe atë gjatë temperaturës të barabartë me temperaturën e shkrirjes. Shprehet me njësi xhul nën kilogram (J/kg). Ndonjëherë kjo madhësi quhet nxehtësia specifike latente e shkrirjes. Kjo konstante caktohet eksperimentalisht. Te tabela 1 janë dhënë vlerat e kësaj konstante për disa substanca gjatë shtypjes normale.

Gjatë shkrirjes, sikurse theksuam, vjen deri te kalimi prej pozitës së caktuar të radhitur të grimcave të trupit të ngurtë në pozitë të paradhitur të lëngut. Prandaj duhet të pritet se shkrirja dhe

kristalizimi përcillen me ndryshimin e vëllimit të trupit.

Tabela 1	
substancia	λ [J/kg]
akulli	3,3105
zhiva	11,5 -103
bizmut	54,5103

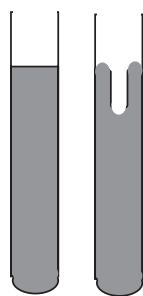


Fig. 3

Për shembull, te naftalini i shkrirë sipas kristalizimit do të bëhet pjesë e lugët (fig. 3) që tregon ka ardhur deri te zvogëlimi i vëllimit.

Te numri më i madh i substancave, vëllimi i substancave me shkrirje zmadhohet, kurse gjatë kristalizimit zvogëlohet. Por, ekzistojnë edhe substanca të atilla, ndërmjet të cilave është edhe uji (dukuria është e njohur si anomalia e ujit) ku për shkak të strukturës së veçant kristalorë vëllimi i trupit gjatë shkrirjes zvogëlohet.

Provat tregojnë se temperatura e shkrirjes varet prej shtypjes së jashtme në të cilin është trupi.

Te substancat te të cilët vëllimi i trupit me shkrirje rritet, zmadhimi i shtypjes së jashtme e rëndon procesin e shkrirjes. Prandaj te substancat e atilla me zmadhimin e shtypjes së jashtme zmadhohet edhe temperatura e shkrirjes. Nëse gjatë shkrirjes vëllimi i substancës zvogëlohet, shtypja e jashtme më e madhe e ndihmon shkrirjen, pra te ato temperatura e shkrirjes zvogëlohet. Ky proces i shkrirje sl lehtësuar është i dukshëm gjatë dimrit, kur vjen deri te shkrirja e akullit nën rrotat e automjeteve. Zvogëlimi i temperaturës së shkrirjes është shumë i vogël. Për shembujll për akullin, që të zvogëlohet temperatura e shkrirjes për 1 K, shtypja duhet të zmadhohet deri 13 MPa. *Temperatura e shkrirjes (kristalizimit) të trupit gjatë shtypjes normale quhet pika e shkrirjes.*

Te tabela 2 janë dhënë pikat e shkrirjes të disa substancave.

Substanca	t [°C]	Substanca	t [°C]	Substanca	t [°C]
bakri	1080	платина	1770	CO ₂	-58
hekuri	1530	вольфрам	3365	H ₂	-258
plumbi	325	воздух околу	-215	O ₂	-218
zhiva	-39	amonijak	-75		

Tregohet se edhe nxehtësia specifike e nxehtësisë (kristalizimit) varet prej shtypjes. Gjatë shtypjeve të mëdhaja të jashtme në procesin e zgjerimit duhet të kryhet puna kundër forcave të jashme të shtypjes. Prandaj te trupat te të cilët vëllimi zmadhohet me shkrirjen, me zmadhimin e shtypjes λ rritet, ndërsa te uji, bizmuti dhe trupa tjerë bie.

Në lidhje me kristalizimin duhet të thuhet edhe diçka. Që të formohen kristale, është e nevojshme që të ekzistojnë qendra të kristalizimit, të cilat rriten ngadal, duke krijuar kristal. Provat tregojnë se kristalet zakonisht së pari krijohen rreth mureve të enës, ose rreth trupave të imtë të ndryshëm-pluhura, pika të lëngut ose fluskave të gazërave. Nëse lëngu me kujdes pastrohet prej qendrave të kristalizimit, atëherë me kujdes ftohja mund të të zvogëlohet edhe temperatura e ngrirjes dhe lëngu të jetë në gjendje të lëngët edhe gjatë temperaturave të ulta. Lëngu i atillë quhet „lëngu i ftofët“. Lëngu në gjendjen e atillë është shumë jostabil dhe është futja e kristalit mjaft të vogël-qendra e kristalizimit dhe lëngu menjëherë ngrin. Proces i shkrirjes është veti vetëm vetëm e trupave kristal. Nëse te eksperimenti, matjet e të cilëve janë paraqitur te figura 2 është përdor trup amorf, do të vërehet se gjatë nxemjes gradualisht prej gjendjes së ngurtë kalon në trup të lëngët. Nuk ekziston kufi i mpreht ndërmjet dy gjendjeve. Kjo është njëra nga shkaqet pse trupat amorf i quajmë lëngje të ftohura.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmendni edhe shembuj):

- shkrirje	-nxehtësia
-ngrirje	kristalizimi
-(kristalizimi)	-nxehtësia specifike e
-nxehtësia dhe shkrirja	kristalizimit
-nxehtësia specifike	-pika e shkrirjes
e shkrirjes	(kristalizimi)

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaroni procesin e shkrirjes nga pikëpamja e teorisë molekulare kinetike.
2. Çka është nxehtësia specifike e shkrirjes dhe prej çka varet?
3. Çka ndodh me vëllimin e lëngut gjatë kristalizimit? Çfarë lidhje ka ndryshimi i lëngut dhe temperaturës së kristalizimit?
4. Zakonisht eksperiment i këtillë bëhet (në literaturë i njohur si provë e rezhelacionit.

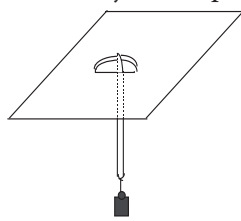


Fig. 4

Copë më e madhe e akullit vendohet te një mbajtës druri, ashtu që të ngarkohet nëpërmjet një teli me peshë prej 2 kg. (shiko fig. 4). Pas një kohe të shkurtër teli do të kalon nëpër akull, kurse pjesa e akullit ngel e plotë.

Bëni provën dhe përpikuni ta sqaroni. Tregoni ku kjo dukuri vjen në shprehje në jetën e përditshme.

Sqarim. Me shtypje temperatura e shkrirjes së akullit zbrit. SE temperatura është më e ulët prej 0 0 C, tregon fakti që uji mbi tel përsëri ka ngri.

12.2. AVULLIMI DHE KONDENZIMI

Do t'i sqarojmë kalimet fazore ndërmjet gjendjes të lëngut dhe të gazta dhe, anasjelltas.

Është e njohur se molekulat e gazërave gjenden në shumë largësi ndërmjet veti të mëdha, prandaj edhe na bashkëveprojmë. Gjithashtu, ato kanë energji të madhe kinetike, rregullisht janë në gjendje të lëvizjes intenzive haotike. Prej këtyre shkaqeve vetitë e gazërave nuk varen prej natyrës së tyre. Të përkujtohemi, ligjet eksperimentale të gazërave vlejnë një lloj për të gjithë gazërat.

Megjithatë, kur bëhet fjalë për temperaturat e zvogëluara, afër deri te temperatura kur gazi rrjedh, atëherë qëndrimet e të gjizthë gazërave nuk janë të barabarta, pra gazërat e atillë zakonisht i quajmë avull (definicion më rigoroz për avullin do të jepet më vonë).

Kalimi i substancës prej gjendjes së lëngët në gjendje të gaztë (avull) quhet avullim, kurse kalimi i substancës prej fazës së gaztë në fazën e lëngët quhet kondenzim. Duhet të përmendet se kalimi i lëngut në avull mund të krijohet edhe me procesin e avullimit, lloji i veçant i procesit të avullimit për të cilin më vonë gjerësisht do të flasim.

Molekulat e gazit kanë energji kinetike mestare shumë ë të madhe se molekulat e lëngut, prandaj procesi i avullimit të lëngut është i lidhur me procesin e zmadhimit të energjisë së brendshme të substancës që avullohet, derisa anasjelltas, gjatë kondenzimit të substancës e zvogëlon energjinë e tij të brendshme. Prandaj, edhe këto mprocese, si edhe proceset e shkrirjes dhe kristalizimit, mund të krijohen vetëm gjatë shkëmbimit të energjisë me rrethinën.

Ta analizojmë së pari procesin e avullimit. Treguam, molekulat e lëngut janë të shtrënguara me forcat e veprimit ndërmolekular, pra që ta lëshojnë ndonjë molekulë sipërfaqja e lëngut ai duhet t'i përballon ato forca. Ndërmjet molekulave të shtresës sipërfaqësore të lëngut gjithmonë gjendet nga ndonjë, energjia kinetike e të cilës është mjaft e madhe ashtu që ai mundet t'i përballon forcat e veprimit ndërmolekular dhe mundet ta lëshojnë sipërfaqen e lëngut. Sa që është temperatura e lëngut më e lartë aq është mundësia e atillë më me gjasë. Kështu, pasi prej lëngut dalin molekula me energji mesatare kinetike më të madhe, është e qartë se energjia mesatare kinetike e molekulave tjera do të zvogëlohet. Gjatë avullimit lëngu ftohet. Kështu sqarojmë një varg dukuri: ftohje gjatë djersitjes, ftohja e tokës gjatë avullimit pas shiut, ftohje të dorës nëse nxehet me eter etj.

Paralelisht me procesin e avullimit është i mundshëm edhe procesi i anasjelltë, procesi i hyrjes së molekulave prej shtresës avull që është në afërsi të sipërfaqes së lëngut, të cilat janë të tërhequra prej forcave të të veprimit ndërmolekular dhe për shkak të hyrjes në lëng. Ai është proces i kondenzimit, dhe pasi te lëngu hyjnë molekula me energji mesatare shumë të madhe, energjia e mesme kinetike e përgjithshme të molekulave të lëngut zmadhohet. Lëngu nxehet.

Në sipërfaqen e lëngut njëkohësisht rrjedhin të dy procese të përshkruara. Varësisht prej asaj cili prej këtyre lëngjeve mbisundon, do të vjen deri te ftohja e lëngut, ose deri te nxemja e tyre. Në kushte natyrore të basenat e lëngët të hapur zakonisht mbisundon avullimi. Pikërisht, atëherë kur mbi sipërfaqen e lëngut kemi avull me dendësi më të vogël procesi i avullimit përforcohet.

Kështu sqarohet pse duke fryrë mbi sipërfaqen e lëngut vjen deri te avullimi më i shpejtë, kurse me të edhe te ftohja më e shpejtë e lëngut.

Nga ana tjetër, zmadhimi i shtypjes mbi sipërfaqen e lëngut e ngadalëson procesin e avullimit. Shpejtësia e avullimit varet edhe prej forcave ndërmolekulare, por ato varen edhe prej natyrës së lëngut. Nëse vërejmë njëkohësisht avullimin e eterit, alkoolit dhe ujit, do të vërejmë se më shpejtë avullohet eteri, pastaj alkooli, dhe në fund uji.

Ekspërimenti.

Me ndihmën e shumë qelqave të mulluar mund të tregohet se lëngjet e ndryshme në mënyrë të ndryshme avullohen. Vendosen 4 qelqe të mulluara në pozitën vertikale si te figura 1. Me pak pambuk lyhen qelqat me glicerin-i pari, me ujë-i dyti, me alkool- i treti dhe me eter-i fundit-i katërti. Bartja e lëngut duhet të bëhet më lartë radhitja e përmendur që të mos mendoni se avullimi i eterit është është më i shpejtë për shkak se ai i pari është lyer në pllakën. Vërehet se më së shpejti do të avullohet eteri, pra alkooli më ngadalë uji, ndërsa glicerin i bartur (ose vaji) do të ngel më gjatë.

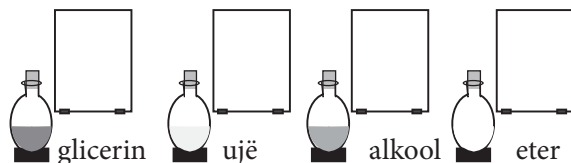


Fig. 1

Provat tregojnë se shpejtësia e avullimit varet prej madhësisë së sipërfaqes së lirë të lëngut. Më shpejt avullohet masa e njëjtë e lëngut në enë e cekët të lagët, prej asaj në enë me fyt të hollë.

Nëse gjatë procesit të avullimit të substancave temperatura e lëngut dhe të avullit të tij janë të barabarta, njësia e masës është së lëngut ka energji të brendshme më të vogël se njësia masë e avullit.

Gjatë avullimit dendësia e substancës të gjendja e gaztë zvogëlohet për shkak zmadhimit të vëllimit. Kjo do të thotë se gjatë avullimit duhet të kryhet puna përballë forcave të shtypjes së jashtme. Prandaj edhe sasia e nxehtësisë që duhet t'i shtohet lëngut që e njëjta të shndërrohet në avull, gjatë temperaturës konstante është shumë më e madhe prej asaj gjatë kalimit prej gjendjes së ngurtë në të lëngët. Energjia e futur pjesërisht shpenzohet për zmadhimin e energjisë së brendshme të substancës, por pjesërisht për kryerjen e punës përballë forcave të jashtme në procesin e zgjerimit. Që të vjen deri te shndërrimi i lëngut në avull, gjatë temperaturës konstante të lëngut duhet t'i shtohet sasia e nxehtësisë Q_i . Këtë nxehtësi e quajmë avullim. Gjatë procesit të kundërt të shndërrimit të masës së njëjtë të avullit në lëng, avullit duhet t'i merret një lloj aq sasi të nxehtësisë Q_p , nëse shndërrimi bëhet gjatë temperaturës së njëjtë. Këtë nxehtësi e quajmë **nxehtësia e kondenzimit**.

Ekspërimenti tregon se nxehtësia e avullimit (kondenzimit) është proporcionale me masën e substancës.

$$Q_i = rm \quad (1)$$

Këtu koeficienti i proporcionalitetit r që varet prej natyrës së substancës dhe prej kushteve të jashtme. Kjo madhësi quhet nxehtësia specifike e avullimit (kondenzimi). Ajo matet me sasinë e nxehtësisë që është e nevojshme që është e nevojshme t'i shtohet (zbritet) që të shndërrohet në avull (lëng) njësi mase prej substancës së dhënë gjatë konstantës së temperaturës së caktuar dhe shtypje. r matet në xhul nën kilogram (J/kg). Edhe kjo masdhësi ndonjëherë quhet nxehtësia latente specifike e avullimit (kondenzimi). Te tabela 1 janë dhënë nxehtësiitë specifike të avullimit të disa substancave. Ato vlera qëndrojnë për pika të avullimit dhe shtypja normale atmosferike.

Tabela 1

Substanca	r [J/kg]	Substanca	r [J/kg]
ujë	2260	eteri	360
etil alkool	860	zhiva	290
thartira e azotit	480	kerozini	210

Avullimi i lëngut bëhet në çfarëdo temperaturë. Ndonjëherë ai proces quhet ajrosje e lëngut. Gjatë temperaturës së lartë avullimi është më i shpejtë. Edhe nxehtësia specifike varet prej temperaturës me zmadhimin e temperaturës ajmo zvogëlohet. Kjo është për shkak të nxemjes së lëngut, largësitë ndërmjet grimcave zmadhohet edhe bashkëveprimi tyre zvogëlohen. Përveç kësaj, me zmadhimin e temperaturës numri më i madh i molekulave kanë energji mjaftë të madhe që ta lëshojnë lëngun.

Sqaropni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmend edhe shembuj):

-avullim -nxehtësia e
 -kondenzimi kondenzimit
 (rrjedhja) -nxehtësia specifike e
 nxehtësia e avullimit kondenzimit
 -nxehtësia specifike e
 avullimit

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Përmedn disa shembuj të ftohjes së trupave me avullim.
2. Çka është nxehtësia specifike e avullimit dhe prej çka varet?
3. Nëse e dini nxehtësinë specifike të avullimit të substancave të caktuara, a mundet të supozoni se si qëndrojnë ato nëse e bëni provën të përshkruar në figurën 1. Sqaroni përgjigjen tuaj.

12.3. AVULLI I NGOPUR DHE I PANGOPUR. PROVAT E ENDRJUS. TEMPERATURA KRITIKE

Prej përvojës e dim se masa e lëngut (për shembull, uji) te ena e hapur me kohë do të zvogëlohet.

Shkaku për atë është qarkullimi i ajrit mbi enë që rregullisht zvogëlohet dendësia e avullit mbi sipërfaqen e lëngut, pra avullimi e mbisun don kondenzimin. Megjithatë nëse ena me lëng e mbyllur hermetikisht, do të shohim se në kushte të baraspeshës së nxehtësisë niveli i enës është konstant. Atëherë, avullimi kompenzohet me kondenzim. Themi se është krijuar barspesha dinamike ndërmjet avullit dhe lëngut. Në ato kushte numri i molekulave që e lëshojnë sipërfaqen e lëngut është i barabartë me numrin e molekulave që hyjnë në të.

*Avulli që gjendet në baraspeshë dinamike me lëngun e vet quhet **avulli i ngopur**. Avulli që gjendet mbi sipërfaqen e lëngut kur avullimi mbisundon mbi kondenzimin quhet **avull i pangopur**. Çdo substancë gjatë temperaturës së caktuar ka dendësi maksimale dhe shtypje të mundshme maksimale të avullit në kushte të ngopjes.*

Shtypja e avullit të ngopur gjatë temperaturës së caktuar varet prej natyrës së substancës. Shtypja më e madhe e avullit të ngopur kanë lëngjet të cilët shpejt avullohen, për shembull, eteri ka shtypje të madhe të avujve të ngopur prej alkoolit, kurse ky prej ujit. Kjo mund të kontrollohet eksperimentalisht me provë, të përshkruar në figurën 1. Tre enë të barabarta të lidhura me manometër. Te enët janë vendosur sasi të barabarta të ujit, alkoolit dhe eterit. Do të tregohet se shtypja më e madhe ka eteri.

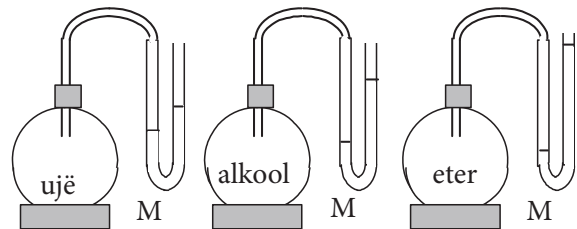


Fig. 1. Shtypja më e madhe e avullit të ngopur të eterit

Për më mirë të kuptohet qëndrimin e avujve të ngopur dhe të pangopur, do t'i përshkruajmë eksperimentet e Endrjusit (Thomas Andrews, 1813 - 1885). Ai ka eksperimentuar me CO_2 ashtu që e ka matur shtypjen e këtij gazi kur i zvogëlohet

vëllimi gjatë temperaturës konstante. Gazi e ka vendosur te cilindri i ndriçuar të lidhur me manometër M (fig.2). Vëllimi i gazit e ndryshon me ndihmën e kujsë K të lidhur me shkallën e shalëzuar S të e cila lexohet vëllimi. Ai ka eksperimentuar gjatë shumë temperaturave të ndryshme që e kanë arritur në atë mënyrë që cilindri ka qenë i vendosur te ena më e gjerë me lëng në temperaturë të caktuar (të matur me termometër T).

Gjatë temperaturave mjaft të larta CO₂ qëndrojnë si indeksat e gazit ideal. Me zvogëlimin e temperaturës, gazi e zmadhon shtypjen në pajtim me ligjin e Bojl -Mariotit (izoterma që i përgjigjet temperaturës T₁ në fig. 3). Megjithatë, kur eksperimenti bëhet gjatë temperaturave të ulëta prej 31 °C, gazi sillet krejtësisht ndryshe.

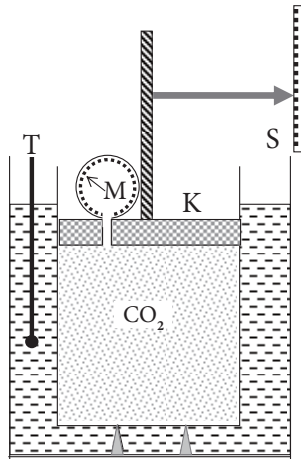


Fig. 2

Në fillim të zvogëlimit të vëllimit shtypja e tij rritet, por vetëm deri te gjendja A të izotermës që i përgjigjet temperaturës T₂ (fig. 3). Kur më tutje zvogëlohet vëllimi ik gazit shtypja ngel konstante. Atëherë mundet të vërehet se te cilindri përveç CO₂ në gjendjen e gaztë , ka edhe të lëngët CO₂. Edhe deri sa tërë gazi nuk shndërrohet në lëng shtypja e avullit të ngopur të CO₂ ngel konstant. Shtypja p_A është shtypje e avullit të ngopur të CO₂ gjatë temperaturës T. Pjesa BC i përgjigjet zmadhimit shumë të shprehur të shtypjes gjatë zvogëlimit të vëllimit te lëngu i CO₂ .

Domethënë gazi i temperaturës më të ulët prej 31°C nuk është për gazin ideal, por si gaz real.

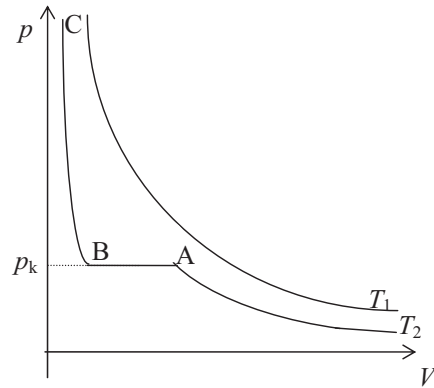


Fig. 3

Me nxemjen e ujit në enë te ic ili është vendosur cilindri, Endrjusi ka bërë më shumë matje dhe ka konstruktuar më shumë izoterma (fig 4). Është treguar se për të gjitha temperaturat më të larta prej një temperaturë kritike (për CO₂ ajo është 31°C) izotermat i përgjigjen ligjit të Bojl Mariotit. Për proceset izotermike, të bëra gjatë temperaturës më të ulët prej kritikës ekziston një pjesë kur gazi sillet sipas ligjeve të gazit ideal, por ekziston edhe pjesë kur CO₂ nuk sillen sipas atyre ligjeve.

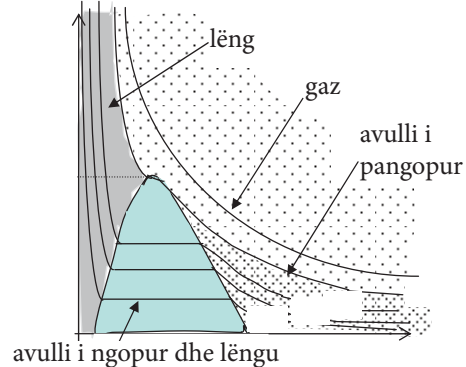


Fig. 3

Te figura 4 ato janë izotermat T₂, T₃, T₄. Nëse analizohen këto izoterma mund të sillen këto përfundime:
 -gjatë vëllimeve të mëdhaja gazi (avulli) sillen si gaz ideal;
 -gjatë vëllimeve më të vogla vjen deri në kondenzim të gazit. Atëherë shtypja është konstante. Ajo është pjesa drejtvizore e izotermës. Ajo pjesë e izotermës i përgjigjet gjendjeve të baraspeshës ndërmjet gazit dhe lëngut;

-me rritjen e temperaturës pjesa drejtvizore e izotermës zvogëlohet. Atëherë kondenzimi krijohet gjatë dendësive të larta të gazit, por mbaron gjatë dendësive të vogla të lëngut. Me fjalë tjera, dendësitë e gazit dhe lëngut bëhen më afër njëra tjetrës; -në temperaturë mjaft të lartë (për CO₂ ajo është 31°C) pjesa drejtvizore prej izotermës humbet. Temperatura gjatë së cilës fitohet izotermë e atilë quhet **temperaturë kritike**. Çdo substancë ka temperaturën e saj kritike (T_k); -nëse gazi gjendet gjatë temperaturës më të lartë prej temperaturës kritike, ai rregullisht sillet si gaz ideal.

Pika K prej izotermës gjatë temperaturës kritike e përcakton gjendjen kritike të gazit. Shtypja që i përgjigjet kësaj gjendje është *shtypje kritike* (p_k). Te gjendja kritike ndryshimi ndërmjet gazit dhe lëngut nuk ekziston. Atëherë, sikurse shihet prej lakores, lëngu ka vëllim maksimal, kurse avulli i ngopur shtypje maksimale. Te gjendja kritike nxehtësia specifike e nxehtësisë së avullimit të substancës është e barabartë me zero. Zbulimi i ekzistimit të temperaturës kritike ka luajtur rol të rëndësishëm në teknikë. Është treguar se gazi i cili gjendet në temperaturë mbi kritiken, nuk mund të rrjedh me kurrfar shtypje. Gazi i atilë gjithmonë sillet si gaz ideal. Gazi i cili gjendet në temperaturë nën kritiken e quajmë avull jo i ngopur pasi gjatë vëllimit më të vogël, nën shtypje, ai mund të jendet në gjendje të ngopjes, por gjatë vëllimeve më të vogla ai krejtësisht të rrjedh. Te tabela 2 janë dhënë temperaturat kritike për disa temeprratura për disa substanca.

Tabela 1

Substanca	t_k [°C]	Substanca	t_k [°C]
zhiva	1460	oksigeni	-118
eteri	194	azoti	-147
CO ₂	31	hidrogjeni	-240
klori	146	heliumi	-268

Prej tabelës së paraqitur shihet se disa gazëra kanë temperaturë kritike shumë të ulët.

Ato janë për gazërat ideal edhe gjatë temperatura-ve të ulëta. Ajo ka qenë shkaku pse ato gazëra kanë shumë më vonë kanë qenë të rrjedhura se të tjerët.

Vetitë e avullit të ngopur

Prej asaj që është paraqitur paraprakisht është e qartë se avulli i ngopur nuk sillet një lloj si edhe i pangopuri që i ka të gjitha vetitë e gazit. Avulli i ngopur sillet ndryshe edhe gjatë proceseve tjera të gazërave. Të marrim enë cilindrike të provës së Endrjusit dhe ta ngrohim lëngun rreth cilindrit.. Nëse vëllimi është konstant, shtypja e avullit të ngopur do të rritet me rritjen e temperaturës. Varësia e shtypjes së avullit të ngopur prej temperaturës është dhënë në figurën 5. Sikurse shihet kjo varësi nuk është lineare, analogjikisht të ligjit të Sharlotit te gazërat. Si mund të sqarohet rritja më e shpejtë e shtypjes së avullit të ngopur me rritjen e temperaturës?

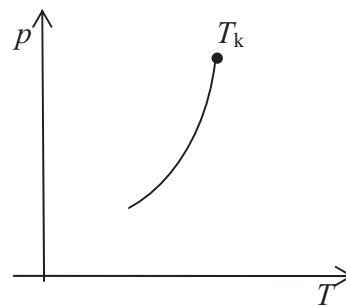


Fig. 5

Shkaku themelor qëndron në këtë. Gjatë ndryshimit të temperaturës vjen deri te ndryshimi i masës së avullit të ngopur. Pikërisht, gjatë rritjes së temperaturës përforcohet procesi i avullimit, pra dendësia e avullimit të ngopur zmadhohet. Gjithashtu, edhe këtu si edhe te gazi ideal, vjen deri te zmadhimi i shtypjes për shkak të temperaturës më të lartë. Prandaj, te avulli i ngopur shtypja rritet për shkak dy shkaqeve: për shkak të zmadhimit të dendësisë së avullit dhe për shkak të rritjes së temperaturës së saj. Te grafiku prej fig. 5 pika T_k i përgjigjet temperatura kritike, atëherë avulli i ngopur ka shtypja maksimum p_k .

Kur tërë lëngu në cilindër do të avullon, avulli më tutje do të sillet njëjtë sikurse gaz. Shtypja e tij do të zmadhohet linearisht me rritjen e temperaturës (sipas ligjit të Sharlovit).

Mundojl-Mariotit as i Sharlovit nuk vlen për avullin e ngopur. Shkaku për atë është që masa e avullit të ngopur ndryshon edhe gjatë proceseve izoterme dhe gjatë izohorve. Analiza e provave të Endrjusit tregojnë se avulli i pangopur mund të bëhet avull i ngopur ose me kompresionin izoterm (sikurse në eksperimentet e Endrjusit) ose me ftohjen e izohores, ndërsa anasjelltas, një avull i ngopur mund të bëhet i pangopur me zgjerimin izoterm ose me nxemjen izohore.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmend edhe shembuj).

- avull i ngopur -gjendja kritike
- avull i pangopur -shtypja kritike
- temperatura kritike

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Nëmëroni dhe sqaroni ndryshimet ndërmjet avullit të ngopur dhe të pangopur.
2. Çka është temperatura kritike?
3. Në cilën gjendje agregate gjendet oksigjeni gjatë temperaturës prej 140 K ? Pre 180 K? Pse?

12.4. VLIMI

Kalimi i veçant i lëngut në gjendje të gaztë është *avullimi*. Çka është vlrimi?

Shndërrimi i lëngut në gaz kur tërë vëllimi i lëngut vjen në krijimin e avullit quhet vlrim.

Lëngu zakonisht gjendet në enë që është bërë prej ndonjë trupi të ngurtë. Çdo trup i ngurtë ka vetinë të mban (atsorbon) fluska të gazit në sipërfaqen e tij. Përveç kësaj, në lëngu i tij ekziston një lloj sasi të gazit të absorbuar, gaz që është „tritur“ në lëng.

Të vërejmë një enë që është venduar mbi nxehtësinë. Në ena në sipërfaqen e saj ekziston fluskë të

gazit. Gjatë nxemjes së lëngut fluska e gazit zgjerohet, shtypja e tij zmadhohet dhe ajo ashtu që shuma e shtypjes së gazit dhe avujt e avulluar të lëngut në të janë në baraspeshë me shtypjen e jashtme rreth fluskës. Megjithatë kur fluska do të bëhet mjaft e madhe dhe shtypja në të e madhe prej hidrostatik, fluska fillon të ngritet nga shtresat e sipërme të lëngut. Theksojmë, fluska gjatë çkapjes prej murit të enës zakonisht len pas veti sikurse te figura 1, që është e aftë të krijojë fluskë të re. Në shtresat më të larta të lëngut, fluska përsëri zvogëlohet. Pse? Prandaj që pjesët më të sipërme të lëngut nuk janë nxerë mjaftueshëm, avujt prej fluskës kondenzohen, dhe vëllimi i tij zvogëlohet. Ky ndryshim i dimensioneve të fluskave të gazit është përcjell edhe me zë. Kjo është zhurmë karakteristike e lëngut gjatë avullimit.

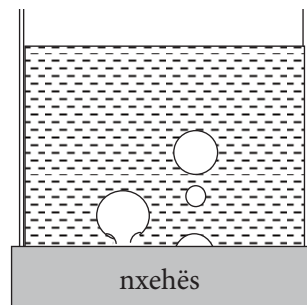


Fig. 1

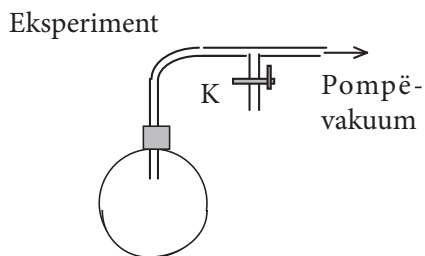
Kur tërë lëngu do të nxehet, nuk do të vjen deri te zvogëlimi i dimensioneve të fluskave, por atë me shpejtësi do të dalin prej sipërfaqes së lëngut, duke e lëshuar avullin që e përmbajnë. Themi, lëngu ka filluar të vlon.

Që të krijohet vlrimi i lëngut janë të domosdoshme këto kushte: 1) duhet të ekzistojnë fluska të ajrit (gazit) të cilët paraqiten si gjenerator të fluskave të avullit dhe 2) lëngu duhet të nxehet deri te temperatura ku shtypja e avullit të ngopur është e barabartë me shtypjen e jashtme.

Nëse pas vlimit vazhdojmë të shtojmë sasi nxehtësi, temperatura e tij nuk do të zmadhohet, por e tëra nxehtësi e sjellur do të shpenzohet për krijimin e fluskave të reja; rritja e vogël e temperaturës

së lëngut do të zmadhohet shtypja e avullit të ngopur te fluskat, do të përshpejtohet rritja dhe çkapja si edhe përsëri krijimi i fluskave të reja. Me këtë sqarohet pse *temperatura e lëngut gjatë vlimit ngel konstant*.

Temperatura ku lëngu vlon quhet *temperatura e vlimit*. Kjo është ajo temperaturë ku shtypja e avullit të ngopur të lëngut barazohet me shtypjen e jashtme të sipërfaqes së lëngut. Është e qartë se temperatura e vlimit të lëngut varet prej shtypjes. Nëse shtypja mbë lëngun është më e lartë, edhe temperatura e vlimit është më e lartë, dhe anasjelltas. Kjo mund të tregohet mr provë.



Një enë te e cila kemi vënduar ujë të nxehur deri 50-60 ° C lidhet me pompë-vakuum (fig. 2). Pas një kohe fillon të vlojë, edhe pse temperatura etij është larg nën 100 ° C.

Gjatë shtypjes atmosferike mjaft të ulët uji mund të vlojë dhe gjatë temperaturës së dhomës.

Te kazanat e avullit shtypja mbi lëngun mund të jetë edhe deri 1,6 MPa, pra uji të vlon në 200° C. I njëjti efekt shfrytëzohet edhe në avtoklavet mjekësore, enë për sterilizim të instrumenetve kirurgjike.

Temperatura e vlimit të lëngut gjatë shtypjes atmosferike normale quhet pika e vlimit. Te tabela më poshtë janë dhënë pikat e vlimit për disa substanca.

Tabela 1

Substanca	t [°C]	Substanca	t [°C]
aceton	56,2	zhiva	357
benzin	150	alkool	78
benzol	80	eteri	35
ujë	100		

Nëse lëngu lirohet prej fluskave të ajrit, ai mund të ngrohet edhe deri në temperatura të larta prfj temperaturave ku normalisht vlon. Për shembull, uji me kujdes i pastruar prej ajrit gjatë shtypjes atmosferike mund të jetë i ngrohur deri 105°C. Uji në formë të pikave të mëdhaja, që do të notojnë në disa vajëra speciale, mund të vlojë gjatë 178°C. Lëngu i këtillë quhet lëngu i rinxehur. Zakonisht, nëse te lëngu fusim trupa të ngurtë të cilët në sipërfaqet e vet kanë shumë fluska të ajrit, vlimi krijohet shumë më shpejt..

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- vlimi
- pika e vlimit
- temperatura e vlimit

Pyetje, detyra, aktivitete

- 1.Sqaroni pse lëngu gjatë vlimit ka të njëjtën temperaturë konstante?
 - 2.A mundet uji të ngel në gjendje të lëngët edhe në temperaturë më të lartë se 100° C? Si? Sqaroni.
 - 3.Në lartësi mbidetare prej 8000 m nuk mund të zihet mishi. Ps?
 - 4.Sa sasi nxehtësi është e nevojshme t'i shtohet dy kilogramë ujë gjatë temperaturës prej 293 K, që të ngrohet deri në vlim dhe të shndërrohet tërësisht në avull? Kapaciteti specifik i nxehtësisë së ujit është 4200 J/(kgK), kurse nxehtësia specifike e avullimit gjatë 100° C është 2,26·10⁶ J/kg (gjatë shtypjes normale)
- Udhëzim: nxehtësia shpenzohet për ngrohjen e ujit deri në temperaturën e vlimit (Q_1) dhe për këtë ajo vlon (Q_2):

$$Q = Q_1 + Q_2 = cm(T_v - T) + rm$$

- 5.Bëni dhe sqaroni këtë eksperiment. Keni kujdes, gjatë sqarimit të klëtij eksperimenti, vijnë deri në shprehje më shumë ligje (për shembull, varësia e shtypjes së sasisë së caktuar të gazit prej temperaturës.)

Te ena deri në gjysëm vëndohet ujë dhe lehet të vlon një kohë (fig.3). Pastaj ena nxirret prej nxe-

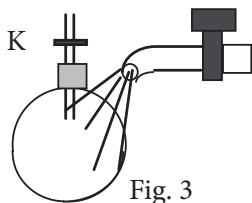


Fig. 3

hësit, mbyllet çepi K. Vërehet se vlmi është ndalur. Lëngu fillon përsëri të vlon.

A ju duket e çuditshme gjatë ftohjes vjen deri te vlmi?

6. A keni menduar se si punojnë petis enët?

7. Ushqimi a do të nxehet më shpejtë nëse, pasi që të vlon, koftorin do ta rregulloni që vlmi të jetë i fuqishëm ose qetë? (Keni ndërmend se temperatura është më e rëndësishme gjatë kufizimit të ushqimit.)

12.5. RRJEDHJA E GAZËRAVE, MAKINAT E FTOHJES

Gazi mund të rrjedh me zmadhimin e shtypjes dhe zvogëlimin e temperaturës së tij.

Majk Faradej në shekullin XIX pati sukses të të rrjedhin njmër i madh substanca të cilët ishin të njohur si gazëra. Megjithatë, disa prej gazërave: hidrogjeni, oksigjeni, azoti etj., Faradej kursesi nuk pati sukses. Prandaj gazërat e atillë ai i quajti „gazëra të përjetshëm“. Sqarimi vijonte pas proave të Endrjusit dhe zbulimit të temperaturës kritike.

Që të sqarojmë pse gazi i ngrohur në temperaturë mbi kritiken nuk mund të rrjedh, do të shqyrtojmë përsëri një enë hermetikisht të mbyllur, të ngjashëm si i Endrjusit

E ngritim temperaturën e lëngut te ena më e gjerë. E dim se zmadhimi i temperaturës është i madh numri i molekulave të cilat e lëshojnë sipërfaqen e lëngut, ashtu që dendësia e avullit rritet. Nëse grafikisht e paraqesim varësinë e dendësisë së avullit prej temperaturës do të fitohet lakorja MK prej figurës 2.

Njëkohësisht vjen deri te ndryshimi i dendësisë së lëngut që është në baraspeshë me këtë avull të ngopur. Ndërmjet gazit dhe avullit nuk ekziston dallim. Lëngu duke u njer zgjerohet, pra dendësia e tij zvogëlohet. Varësia e dendësisë së lëngut prej temperaturës së dhënë është dhënë me lakoren NK (vija e ndërprerë). Në temperaturën të brabartë me kritiken T_k ato dy lakore kanë pikë

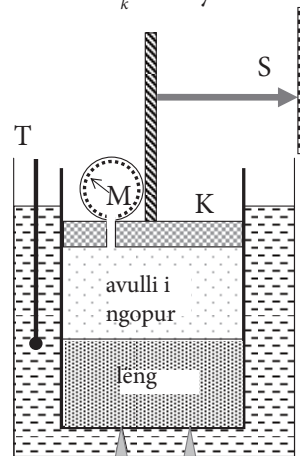


Fig. 1

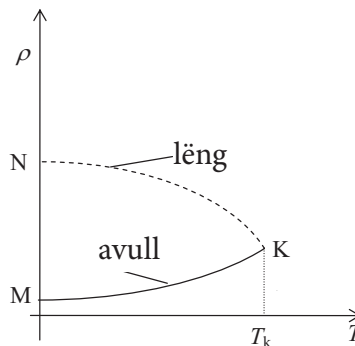


Fig. 2

të përbashkët, përkatësisht dendësia e avullit të ngopur është e barabartë me dendësinë e lëngut. Preandaj, për çdo substancë ekziston ndonjë temperaturë mbi të cilën substanca gjendet vetëm në gjedjen e gaztë, duhet gazi së pari të ftohet nën temperaturën kritike dhe pastaj ai të kompresohet. Do të përshkruajmë se si Faradej i ka bërë provat e para për rrjedhjen e klorit. Instrumenti me të cilin ngrohet klori. Instrumenti përbëhej prej një gypi të lakuar që me njërin skaj nxehet,

kurse te skaji tjetër është venduar përzjerja e ftohjes (fig.3). Te gypi në skajin ku nxehet është vendosur hidrat i thatë i klorit. Gjatë nxemjes së klorur hidratit, prej tij ndahet klori. Shtypja e klorit zmadhohet ashtu që te pjesa e ftohët i gypit vjen deri te kondenzimi, ndahet klori i lëngët.

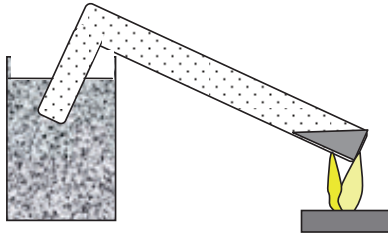


Fig. 3

Shkencëtari rus Kapica ka përpunuar një instrument shumë të mirë për rrjedhjen e gazërave. Ai është turbodetander (fig. 4). Gazi gjatë kompromimit me kompresorin A. Pasi gjatë komprimimit gazi nxehet, kompresori ftohet me instrumente të speciale. Gazi i kopresuar lëviz nëpër pjesën e brendshme të gypit të cilindrit B te i cili vjen deri te ulja e temperaturës së tij. Pasi do ta kalon këtë gyp, gazi i ftohur zgjerohet dhe godit me lopatat te njëra turbinë.

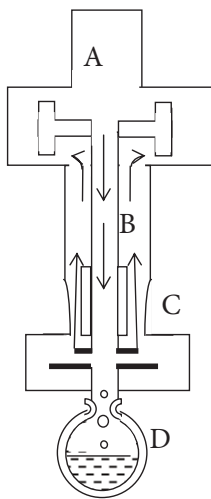


Fig. 4

Pasi gazi kryen punë, energjia e tij e brendshme edhe më shumë zvogëlohet, ashtu që temperatura i bie më poshtë. Kështu ai rrjedh dhe kalon nëpër enën e Djuarovit D. Pjesë e gazit C kthehet te gypi B ku shërben për ftohjen e sasive të reja të gazit, por pastaj shkon te kompresori në komprimim. Me prova është konstatuar se shumë veti të substancave gjatë temperaturave të ulëta dallojnë prej vetive të substancës së njëjtë gjatë temperaturës së dhomës. Kështu për shembull, metalet bëhen superpërçues, kurse lëngjet bëhen superrrjedhës.

Në teknikë për fitimin e temperaturave të ulëta shfrytëzohet gazëra të lëngëta, në radhë të parë ajri i lëngët. Ai shfrytëzohet për fitimin e oksigjenit që ka zbatim të gjerë në metalurgji, teknikën e raketave etj. Te instrumentet speciale të refleksionit prej ajrit të lëngët, përveç azotit dhe oksigjenit, mund të ndahen edhe sasi të vogla të heliumit, neonit, argonit dhe ksennit. Këto edhe gazëra tjerë të lëngët gjejnë zbatim të gjerë në shkencë dhe teknikë.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmend edhe shembuj)

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| -gazi i lëngët | -turbodetator |
| - instrumenti i Fardeit | - dendësia gjatë |
| për lëngëzim | temperaturës kritike |

Pyetje, detyra, aktivitete

- 1.Pse nuk ka mundur Faradej t'i lëngëzoj hidrogjenin, oksigjenin edhe gazëra tjerë?
- 2.Sqaro se si punon turbodetatori i Kapilicës.

12.6. SUBLIMIMI. DIAGRAMI I GJENDJES. PIKA E TREFISHTË

Gjatë kushteve të caktuara fizike është e mundshme direkt kalimi i trupit të ngurtë në gjendje të gaztë, si edhe shndërrimi i gjendjes së gaztë në gjendje të ngurtë. Këto procese quhen **sublimime**. Këto procese quhen *sublimime*. Gjatë kalimit të gazit prej gjendjes së gaztë në gjendje të ngurtë prej tij duhet të merret sasia e nxehtësisë të barabartë me shumën e kondenzimit të nxehtësisë Q_k dhe nxehtësisë së kristalizimit (ngurimi) Q_{st} . Kështu, futet koncepti për sublimimin e nxehtësisë Q_s që është proporcionale me masën e trupit që kalon prej gjendjes së gaztë në gjendje të ngurtë, ose anasjelltas:

$$Q_s = sm \quad (1)$$

Këtu koficienti i proporcionalitetit s është madhësi fizike që varet prej natyrës së substancës dhe prej kushteve të jashtëme. Ajo quhet **nxehtësia specifike e sublimit**. Nxehtësia specifike matet me sasi të nxehtësisë që në njësi mase të shtuaro

(nxjerrë) që ajo të shndërrohet prej gjendjes së ngurtë në të gaztë (ose prej gjendjes së gaztënë të ngurtë). Edhe kjo madhësi fizike shprehet në njësi xhul nën kilogram (J/kg) dhe është e barabartë me shumën e nxehtësive specifike të shkrirjes (ngurimit) λ dhe nxehtësisë specifike të avullimit (kondenzimit) r gjatë kushteve të jashtëme të njëjta:

$$s = \lambda + r \quad (2)$$

Eksperimenti

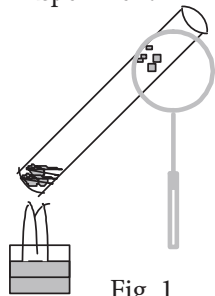


Fig. 1

Te epruveta vëndohen dy-tre copa jod. Ai nxehet, avullon, dhe te pjesa e ftohët te epruvetës direkt kristalizon.

Kristalëzat e jodit shihen me sy, por akoma më mirë me thjerrëzë. Shpeshherë nxehtësitë specifike të shkrirjes λ nxehtësia specifike

r dhe nxehtësia specifike e submimit s quhen *nxehtësitë latente*.

Diagrami i gjendjes

Varësia e kalimeve të gjendjeve agregate të një substance prej shtypjes dhe temperaturës mundet mundet të paraqitet me *diagramin e gjendjes*. Në një diagram ($p-T$)- vizatohen lakoret e gjendjeve kur substanca gjendet në baraspeshë dinamike: lëng-gaz, lëng-trup i ngurtë dhe trup i ngurtë-gaz. Lakoret të cilat i lidhin ato gjendje të dhëna te fig. 2. Lakorja AK është lakorja e avullimit, lakorja AB është lakorja e shkrirjes, ndërsa lakorja AC është lakorja e sublimimit. Për të gjitha vlerat e shtypjes dhe temperaturës të cilat shtrihen në lakoren e mëposhtëme të lakores CAK të grafikut, substanca gjendet në gjendjen e gaztë.

Gjatë atyre vlerave të shtypjes dhe temperaturës të cilat shtrihen mbi lakoren CAB, substanca gjendet në gjendjen e ngurtë.

Në fushën e gjendjeve të dhëna ndërmjet lakoreve AB dhe AK, substanca gjendet në gjendjen e lëngët.

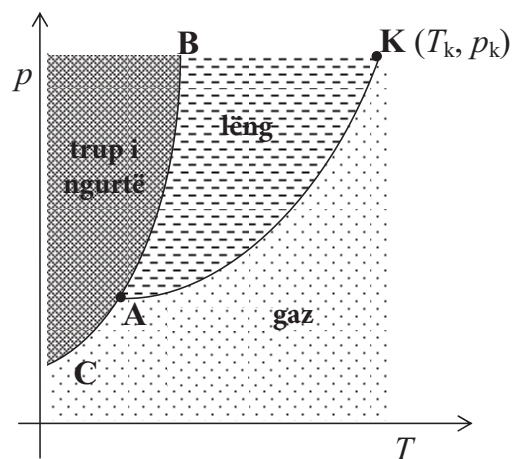


Fig. 2

E rëndësisë së veçant të diagramit janë dy pika: pika K dhe pika A.

Pika K, që e përcakton temperaturën kritike dhe shtypjen kritike, themi e përcakton *gjendjen kritike* të substancës. Gjatë temperaturave të larta prej T_k substanca në çfarëdo shtypje të jetë nuk mund të lëngëzohet. Kjo është për shkak se gjatë temperaturës kritike energjia mesatare kinetike e lëvizjes translatore të molekulave është e barabartë me energjinë potenciale të lidhjeve të molekulave në gjendjen e lëngët. Nëse temperatura është më e ulët prej kritikes, substanca mund të kalon në të lëngët, por më tutje edhe në fazë të ngurtë.

Pika tjetër e rëndësishme është pika A. Ajo është gjendja e substancës kur ai njëkohësisht gjendet në fazë të lëngët, të gaztë dhe të ngurtë. Kjo pikë e diagramit quhet pika e trefishtë. Për çdo substancë pika e trefishtë është e përcaktuar rigorozisht. Prandaj gjatë definimit të njësisë për temperaturën termodinamike, kelvini, temperatura e pikës së trefishtë të ujit (273,16 K) është marrë si pikë refer.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej koncepteve themelore (atje ku ka nevojë përmend shembuj)

-sublimimi	-nxehtësia specifike e sublimimit
-nxehtësia e sublimimit	-pika e trefishtë
-diagrami gjndjes	-pika e trefishtë e ujit
-gjendja kritike	

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është sublimimi i asaj substance? Përmend ndonjë shembull.

2. Sa sasi nxehtësi është e nevojshme për 1,5 kg akull gjatë temperaturës 253 K të shndërrohet në avull me temperaturë prej 373 K?

Janë dhënë temperaturat e kapaciteteve specifike të nxehtësisë së akullit $c_m = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; $A = 33,6 \cdot 10^4 \text{ J}/\text{kg}$;

$r = 22,6 \cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$ (për 100°C)

Udhëzim

Sasia e përgjithshme e nxehtësisë përbëhet prej:

Q_1 - nxehtësia e ngrohjes së akullit prej 253 K deri 273 K;

Q_2 - nxehtësia e shkrirjes së akullit gjatë temperaturës së shkrirjes

Q_3 - nxehtësia e nxemjes së ujit deri 373 K

Q_4 - nxehtësia e nevojshme uji të shndërrohet në avull në temperaturë të vlimit.

Domethënë:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

12. 7. LAGËSHTIA E AJRIT**Lënda e metereologjisë**

*Pjesa e fizikës të Tokës-gjeofizika e cila merret me atmosferën e Tokës quhet **metereologji**.*

Meteorologjia i studion dukuritë fizike në atmosferë të lidhura me gjendjet kohore, sikurse janë: kushtet për dukuritë e lëvizjes së ajrit, ngrohja e tij dhe ftohja, avullimi dhe kondenzimi, dukuritë e erës, kushtet për krijimin e reve dhe kushtet për krijimin e атмосферски талози. Njohja e kohës si kategori meteorologjike është e rëndësishme së madhe për shumë degë të ekonomisë. Prandaj në çdo shtet ekzistojnë zyra hidrometeorologjike detyra kryesore e të cilëve është t'i studiojnë dukuritë në atmosferë dhe të japin prognozë për kohën. Për përshkrimin e gjendjes në atmosferë në momentin e dhënë prej kohës shërbejnë shumë numra si parametra meteorologjik, ndër të cilët janë: shtypja atmosferike, temperatura e ajrit, sh

pejtësia, drejtimi dhe kahja e erës, lagështia e ajrit, mbeturina atmosferike etj.

Me disa oprej madhësive fizike që edhe meteorologët i masin ju tani më jeni të njohuar. Këtu do të jepet vështrim i shkurtër për lagështinë e ajrit, por më tutje edhe të kushteve për krijimin e mbeturina atmosferik.

Lagështia e ajrit. Lagështia absolute dhe relative

Për shkak të avullimit të përhershëm të baseneve ujore, sikurse të jetë e tërë sipërfaqja e Tokës, në atmosferë ka avull të ujit. Me lagështi të ajrit nënkuptojmë sasinë e avullit të ujit në ajër. Edhe pse avullimi i bazenave të mëdhaja ujore, oqeanave, detërave, liqejve, luimejve dhe sipërfaqeve tjera, është e vijueshme, por avulli i ujit në atmosferën e Tokës nuk është gjithmonë e ngopur. Te disa vende të Tokës mbisundon avullimi, por në vendet tjera mbisundon kondenzimi. Për shkak të lëvizjes së masave ajrore, lagështia e ajrit ndryshon prej vendit në vend. Edhe në vendin e njëjtë gjatë kohës ndryshon lagështia e ajrit. Llogaritet se gjatë një viti në atmosferën Tokësore kalon sasi e madhe e ujit, afërsisht $4,25 \cdot 10^{14}$ tonelata, por ai ujë përsëri kthehet në Tokë nëlloj të mbeturina atmosferik.

Lagështia e ajrit karakterizohet me këto madhësi fizike: lagështia absolute, lagështia maksimale, lagështia relative dhe pika e brymës.

Lagështia absolute (ρ_p) caktohet me dendësinë e avullit të ujit që është przent në ajër. Ajo është masa e avullit të ujit në një metër kub ajër. Shprehet në kilogramë nën metër kub (kg/m^3), por ndonjëherë edhe në gramë nën metër kub (g/m^3). Dendësia e çfarëdo gazi ose avull është proporcional me shtypjen e tij. Prandaj lagështia absolute mund të matet edhe nëpërmjet shtypjes parciale të avullit të ujit (ρ_p). Atëherë lagështia absolute shprehet në njësi të paskalit (Pa) ose të njësisë jashtë sistemore të lejuar njësi bar (bar). Të shprehurit e këtyre të lagështisë absolute shpreh shfrytëzohet në meteorologji.

Lagështia maksimale (ρ_z) është madhësi fizike që sipas natyrës së vet është e barabartë me lagështinë absolute, vetëm që ajo është sjllja e kushteve të ngopjes. Prandaj lagështia maksimale e dendësis avullit të ujit në kushte të ngopjes. Shprehet me të njëjtën njësi sikurse edhe lagështia absolute. Kur lagështia maksimale shprehet nëpërmjet shtypjes parciaie të avullit të ujit, në realitet bëhet fjalë për shtypjen parciaie maksimale, ose shtypje të avullit të ujit (ρ_z). Te tabela 1 është dhënë dendësia e avullit të ujit gjatë ngopjes dhe shtypja parciaie të avujve ujore të ngopjes (ρ_p) për intervalin e temperaturës prej 0°C deri 30°C.

Dendësia e avullit të ujit (ρ_p) dhe shtypja parciaie w vwt ρ_p) janë të lidur me barazimet e Klajperit:

$$p_p V = \frac{m}{\mu} RT; \quad \Rightarrow \quad p_p = \rho_p \frac{RT}{\mu} \quad (1)$$

Këtu μ është masa molare e ujit. T temperatura absolute, R është konstantja univverzale e gazit.

Tabela 1

T [0C]	ρ_3 [kg/m ³]	p_3 [Pa]	T [0C]	ρ_3 [kg/m ³]	p_3 [Pa]
0	0,0048	613,28	16	0,0136	1813,18
1	0,0052	653,28	17	0,0145	1933,17
2	0,0056	706,61	18	0,0154	2066,50
3	0,0060	759,54	19	0,0163	2199,82
4	0,0064	813,27	20	0,0173	2333,14
5	0,0068	879,92	21	0,0183	2493,13
6	0,0073	933,26	22	0,0194	2639,78
7	0,0078	999,91	23	0,0206	2813,10
8	0,0083	1066,57	24	0,0218	2986,42
9	0,0088	1146,57	25	0,0230	3173,07
10	0,0094	1226,56	26	0,0244	3359,82
11	0,0100	1306,56	27	0,0258	3559,71
12	0,0107	1398,88	28	0,0272	3786,36
13	0,0114	1493,21	29	0,0287	3999,67
14	0,0121	1599,87	30	0,0303	4106,28
15	0,0128	1706,53			

Prej lagështis absolute nuk mund të fitohet para-fytyrim të qartë për shkallën e vërtetë të lagështisë në ajër. Pikërisht, lagështia absolute nuk na tregon sa prej avullit të ujit

momentalisht e pranishme në ajër është afër deri te ngopja. Për këtë shkak, lagështia zakonisht shprehet me madhësinë e lagështisë relative.

Lagështia relative e ajrit (r) është raporti ndërmjet lagështisë absolute të ajrit gjatë temperaturës së dhënë dhe lagështisë maksimale gjatë temperaturës së njëjtë. Domethënë, lagështia relative matget me raportin ndërmjet dendësisë së avullit të ujit gjatë ngopjes gjatë asaj temperature (ρ_3). Lagështia mund të paraqitet edhe si raport ndërmjet shtypjes parciaie të avullit të ujit prezente në momentin gjatë temperaturës së dhënë (ρ_p) dhe shtypja parciaie makasimale të avullit të ujit (p_z)

$$r = \frac{\rho_p}{\rho_z} \quad \text{ose} \quad r = \frac{p_p}{p_z} \quad (2)$$

Lagështia relative zakonisht shprehet në përqindje:

$$r = \frac{\rho_p}{\rho_z} \cdot 100\% \quad \text{ose} \quad r = \frac{p_p}{p_z} \cdot 100\% \quad (3)$$

Lagështia relative varet prej dendësisë të ajrit gjatë ngopjes që, varet prej temperaturës së ajrit. Gjatë njehsimit të lagështisë relative për ρ_3 dhe p_3 merren prej tabelës.

SHEMBULLI. Temperatura e ajrit le të jetë 22°C, kurse lagështie tij absolute le të jetë 0,0083 kg/m³. Lagështia maksimale për atë temperaturë është 0,0194 kg/m³. Sa është lagështia relative? Zgjidhje. Sipas (3):

$$r = \frac{\rho_p}{\rho_z} \cdot 100\% = \frac{0,0083}{0,0194} \cdot 100 = 42,6 \%$$

Megjithatë, nëse temperatura e ajrit zvogëlohet 8°C, atëherë prezenca e avullit të ujit në të do të jetë e mjaftueshme që të shkaktohet ngopje (te tabela 1 gjatë 8°C ρ_3 është 0,0083 kg/m³), pra lagështia do të jetë 100 %.

E dim se kur avulli i ujit i pangopur gjatë shtypjes së dhënë do të ftohet, ajo mund të bëhet e ngopur. Diçka e atillë bëhet edhe në atmosferë. Prandaj si masë e lagështisë mund të futet edhe një madhësi fizike-pika e brymës.

Pika e brymës

Temperatura (T) ku avulli i ujit që është prezente në ajër do të jetë i ngopur quhet **pika e brymës**. (Te shembulli i dhënë lartë 8°C është pika e brymës). Nëse dihet pika e brymës me ndihmën e tabelës 1 mundet lehtë të caktohet lagështia absolute e ajrit, kurse pastaj edhe gjatë lagështisë relative.

Ajri i pastër mund të ftohet edhe deri te temperaturat më të ulëta prej pikës së brymës, kurse avulli i ujit në të gjendet të mos kondenzohet, avullin e atillë e quajmë të pangopur. Deri te kjo dukuri arrihet nëse në ajër nuk mund të gjenden „qendra të kondenzimit“. Këto janë pluhura të ndryshme, tym ose të ngjashme. Veçanërisht qendra të mira të kondenzimit janë grimcat e elektrizuara në ajër, të shembullit të joneve.

Lagështia e ajrit është me rëndësi të madhe për jetën e përgjithshme në Tokë. Bimët, kafshët dhe njeriu avullohen më shumë ose më pak varësisht prej asaj sa është lagështia e ajrit. Në këtë mënyrë ato e rregullojnë temperaturën e tyre. Për njeriun është jo e përlqyeshme lagështia e ajrit prej 60 % deri 70%. Në hapësirat kjo lagështi sigurohet me erkondisha.

Matja e lagështisë

Lagështia e ajrit matet me ndihmën e higrometrit (emri vjen prej fjalës greke higo-lagështi) dhe psihrometër (emri vjen prej fjalës greke psihro-i ftohet). Hogrometri absolut shërben për matjen e lagështisë absolute. Te ai shfrytëzohet vetia e disa substancave, të cilët i quajmë higroskopët ta thithin avullin

e ujit. Substanca e atillë është CaCl_2 . Te fig. 1 është dhënë skema parimore të higrometrit të këtilë. Ai përbëhet prej tre gypave Ute të cilët është vënduar CaCl_2 . Këto gyp janë lidhur me një mëtë madhe deri lartë të mbushur me ujë.

Kur prej kësaj ene lëshohet të rrjedh uji, te ena nëpërmjet gypave U hyn ajër. Në momentin kur tërë uji do të rrjedh, nëpër gypat U ka kaluar ajër me vëllim të barabartë me vëllimin e brendshëm të enës A. Ndërmjet tjerash te gypat U ka ardhur deri te absorbimi i avullit të ujit në higroskop CaCl_2 . Nëse paraprakisht ka qenë i njohur masa e gypave U, dhe tani përsëri matet prej ndryshimit të masave fitohet masaa avullit të ujit të absorbuar që është i barabartë me vëllimin e enës A. Kështu, ekzistojnë të gjitha elementet të caktohet lagështia absolute.

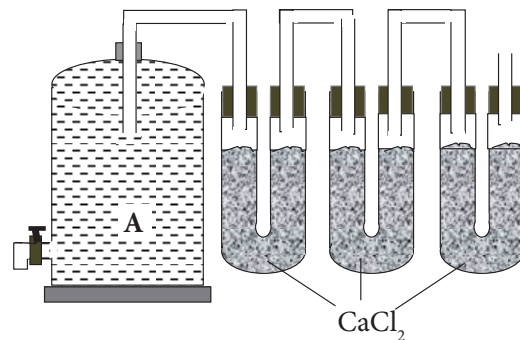


Fig. 1

Higrometri me fije është instrument me të cilin direkt caktohet lagështia relative.

Te ky instrument (fig.2) është shfrytëzuar vetia e fijes së flokut të kafshës (njeriut) (në figurë është paraqitur me segmentin MN) të zgjatet, proporcionalisht me lagështinë së ajrit. Praktikisht nuk punohet me një fije, por me tufë të fijeve.

Njëri skaj i perit është shtrënguar te pika M, kurse tjetri së pari është dredhur rreth boshtit cilindrik O (te vija e vinçit të atij boshti) dhe pastaj i ngarkuar me peshë të vogël P. Për boshtin O është lidhur shigjeta S me ndihmën e së cilës mundet direkt të lexohet lagështia relative e shkallës AB, paraprakisht e shkallëzuar te lagështia relative, në përqindje.

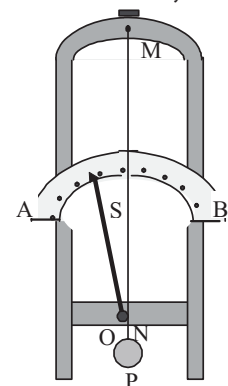


Fig. 2

Higrometri i Danielit është dhënë në figurën 3. Ai është enë e mbyllur, me dy pjesë A dhe B, të brenziasia e të cilit gjendet eter. Mesi i enës A është mbuluar me sipërfaqe të argjent që të mundet më lehtë të shihen pikat e brymës. Me eter laget gaza prej pjesës B të higrometrit. Në momentin kur të enë A kapet bryma, lexohet temperatura e brendshme e termometri T_1 . Ajo është pika e brymës.

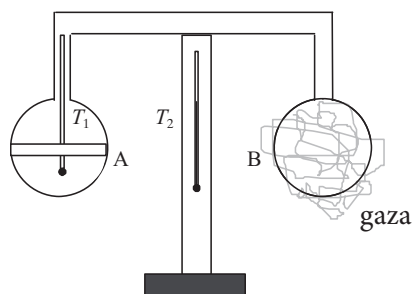


Fig. 3

Lexohet edhe temperatura e termometrit që gjendet te shtylla e higrometrit (T_2). Pasi që të caktohen këto temperatura, mundet me këtë instrument të caktohet edhe lagështia relative e ajrit. Nëse prej tabelës kërkohen shtypjet parciale të avullit të ngoput të ujit të këtyre dy temperatura-ve, p_{z1} dhe p_{z2} ; prej raportit të atyre shtypjeve parciale mund të caktohet lagështia relative e ajrit r :

$$r = \frac{p_{z1}}{p_{z2}}$$

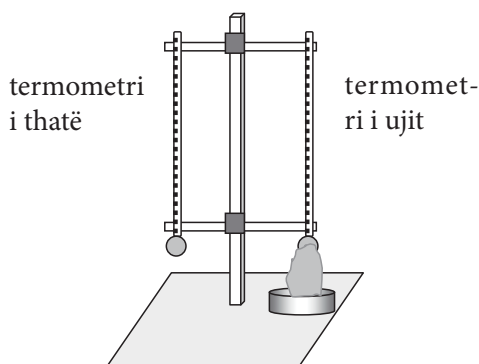


Fig. 4

Psihrometri është bërë prej dy termometrave. Njëri është i thatë, kurse tjetrin e quajmë të ujit pasi rezervuari i tij është mbështjellur me higrometër

pëlhurë e hollë e zhytur në ujë në një enë të vogël që gjendet nën termometrin (fig. 4). Nëpërmjet pëlhurës së lagur termometri gjithmonë është në kontakt me ujin që avullohet. Prandaj ai rregullisht tregon temperaturë të ulët prej termometrit të thatë. Sa më e lartë është lagështia relative aq është ndryshimi ndërmjet treguesëve të këtyre dy termometrave më e vogël, pasi shpejtësia e avullimit është aq më e madhe sa që është më e vogël lagështia e ajrit. Gjatë 100% lagështia e ujit në përgjithësi nuk do të avullohet, dhe të dy termometrat do të tregojnë temperaturë të njëjtë. Nëpërmjet temperaturave të lexuara të termometrave, me ndihmën e tabelave psihrometrike special, gjendet lagështia relative e ajrit.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

-lagështia e ajrit	-higrometri
-lagështia absolute	-substancia
-lagështia relative	higroskopike
-pika e brymës	-higrometri absolut
-qendra e kondensimit	-higrometri me fije
-avulli i ngopur	-higrometri i Danielit
	-psihrometri

Pyetje detyra, aktivitete

1. Sqaroni pse lagështia absolute mund të paraqitet nëpërmjet dendësisë dhe nëpërmjet shtypjes parciale të avullit të ujit?

2. Në cilat njësi është paraqitur lagështia relative?

3. Lagështia relative gjatë temperaturës prej 20 °C është 58 %. Në cilën temperaturë ajo lagështia do të jetë e ngopur? (Përgj. $T = 11.0^\circ\text{C}$)

4. Ajri gjatë 303 K e ka pikën e brymës 286 K. Cakto lagështinë absolute dhe relative të ajrit.

(Përgj. $\rho_p = 11,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$; $r = 37,6 \%$)

5. Në dhomën me vëllim 200 m³ lagështia relative e ajrit gjatë 20 °C është 70 %. Të caktohet masa e avullit të ujit në atë dhomë. (Përgj. $m = 2,4 \text{ kg}$)

6. Për cilat kushte në raast të zmadhimit të lagështisë absolute të ajrit vjen deri te zvogëlimi i lagështisë relative të saj?

(Përgjigje: Gjatë ngritjes së temperaturës, pasi

shtypja e ngopur më shpejtë rritet prej shtypjes së pangopur)

7. Nëse dëshironi t'i zgjeroni njohuritë tuaja të lidhura me këtë mësim kërkoni këtë veb faqe dhe të ngjashm

<http://en.wikipedia.org/wiki/Humidity>

12.8. RETË. MBETURINAT ATMOSFERIKE

Uji gjendet çdokundi në Tokë. Dihet se 71 % prej sipërfaqes së Tokës është mbuluar me rezervuarë uji të cilët rregullisht avullohen. Edhe toka edhe zonat pyjore, gjithashtu janë plotë me ujë dhe avullohen. Ujin e lëshojnë edhe gjallesat nëpërmjet proceseve të frymëmarrjes dhe shkëmbimi i materjeve. Edhe disa efekte anësore rregullisht e ngritin mbi sipërfaqen e Tokës. Të atilla janë për shembull, aktivitetet vullkanike, disa industriale etj. Uji është substanca e vetme që në atmosferë e ka në të gjitha tre gjendjet agregate: të gaztë (në formë të avullit të ujit), të lëngët (pika uji) dhe të ngurtë (akull). Të gjitha gjendjet e mundshme të ujit në natyrë zakonisht e përshkruajnë nëpërmjet të ashtuquajturës rruga rretzhore e ujit (shiko figurën 1).

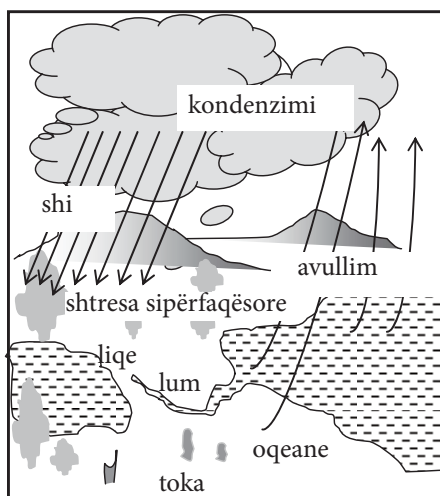


Fig. 1

Rrezet e diellit e nxejnë sipërfaqen e Tokës të cilat ka ujë. Uji avullohet dhe bartet në lartësi të mëdha, ku vjen deri te lartësi ku

vjen deri te zgjerimi adiabetik dhe ftohje. Nëse ftohja është e vijueshme dhe avulli i ujit ka mjaft, avull uji do të bëhet e ngopur. Në ajër do të krijohen shumë pika të vogla të kondenzimit. Kondenzimi krijohet nëse ajri ftohet ose nëse vjen deri te zgjerimi i tij. Kondenzimi i avullit të ujit janë pika të imta të cilat i bëjnë retë, prej të cilëve prej kushteve të caktuara fizike vjen deri te krijimi i mbeturinave të ujit nëpërmjet të cilëve uji përsëri kthehet në Tokë. Te sipërfaqja e Tokës bie mesatarisht deri 100 centimetra mbeturinë të ujit. Të gjitha këto etapa të rrugës ujore krijohen duke i falenderuar kalimeve fazore të cilat ndodhin te uji. Kalimet fazore të ujit në regione të ndryshme të Tokës krijohen intenzitete të ndryshme për të cilën flet, për shembull, shpërndarja e ndryshme e mbeturinave atmosferike. Kështu, nëse te sipërfaqja e Tokës bien mesatarisht 100 cm mbeturinë atmosferike prej asaj sasi. Në atë sasi mund të jetë vetëm disa centimetra (në luginën e Vdekjes, SHBA mesatarisht 4,3 cm). Në disa shkretira ekzistojnë vende ku nëpërgjithësi nuk ka sasi të matura të sasisë së mbeturinave të ujit. Vendi më shumë shi në ujdhesat e Havajës bien 1600 cm ujë në formë të mbeturinave.

Në metereologji ekzistojnë shumë teori për atë se si krijohen mbeturinat atmosferike. Në sqarimin e atyre proceseve ka më shumë vështirësi për shkak të kompleksitetit të kushteve ku nëkushte natyrore vjen deri te kondenzimi. Kështu për shembull, shpesh mendohet se gjatë 0°C uji detyrimisht kalon nëpër gjendje të ngurta. Megjithatë, uji mund të ftohet edhe deri -40°C, por të mos ngrin. Kjo ndodh në kushte natyrore kur në ajër nuk ka qendra të kondenzimit. Njëra etapë e „rruga rrethore e ujit“ janë retë. Ato janë sisteme prej shumë reve. Ato janë sisteme të sasive të ëdhaja të pkave të ujit ose kristale të vogla në ajër. Retë paraqiten në të gjitha gjerësitë gjeografike. Retë krijohen në këtë mënyrë; sipërfaqja e nxen e Tokës e nxen ajrin që është në kontakt direkt me të. Ajri i ngrohur ngritet lartë avulli i ujit. Këto pika krijohen në lartësi të mëdha, pra prej atjke bien poshtë.

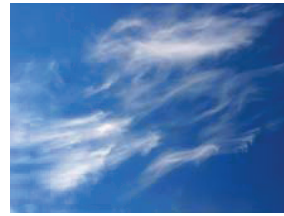
Te shtresat e poshtme të ajrit temperatura është e lartë, kështu që këto pika të imta avullohen dhe përsëri kthehen në formë të avullit në lartësi të mëdhaja. Kështu te vet reja ka rregullisht lëvizje të avullit të ujit. Pikat e ujit te retë kanë dimensione prej rendit në madhësi 3 deri 40 mikrometra. Kur ajri ngritet lartë në lartësi të mëdhaja, pika e brymës më lehtë e arrin se sa në sipërfaqen e Tokës. Pika e brymës zvogëlohet me lartësinë mbidëtare, përafërsisht për $0,17^{\circ}\text{C}$ në çdo 100 m. Kështu, sa është ajri më lartë aq atje në temperaturë më të ulët krijohet më lehtë kondenzimi. Kjo zbritje e pikës së brfymës në lartësi të mëdhaja sqarohet me zvogëlimin e koncentrimin të avullit të ujit.

Retë mund të klasifikohen në shumë klasa. Këtu do të përmendim katër klasa të kryesore (fig.2).

Cirusët janë re të holla të bardha që gjenden në gjithë qiellin. Me strukturën e tyre të fijeve ato përkujtojnë në punime të pamukut. Pothuajse tërë janë ndërtuar prej kristaleve të akullit. Në kohën e perëndimit ose rë lindjes së Diellit mund të ngjyrosen me ngjyra të ndryshme. Krijohen lartësi të mëdhaja prej 6000 m deri 12000 m.

Kumuluset janë re fme dendësi të madhe, të zhvilluara në vertikale me toptha ose në formë të majave konike të rrafshta dhe baza të kaltra. Forma e tyre kupole kontribuon të duken të ndara njëra prej tjetrës. Zgjerohen në lartësi të mëdhaja prej 2000 deri 6000 m. Zakonisht prej tyre nuk bie. Është e mundur të bien vetëm pika të rrilla të veçanta.

Stratusët janë re të murme të njëlojtë, të radhitura horizontalisht. Përkujtojnë në mjegullë. Krijohen në 2000 m. Zakonisht e mbulojnë tërë qiellin dhe prej tyre rrallë bie, përveç që temperatura më e ulët prej 0°C mund të bie rrallë borë.



cirus



stratus



nimbus

Nimbusët janë re të cilat sjellin shi. Ato krijohen ulët 100-1000 m, por kanë edhe trashësi prej disa mija metro. Të murme të mbyllur janë dhe jo të rrezitshme. Zakonisht prej tyre kohë të gjatë bie shi ose borë. Teoria më e njohur për krijimin e pikave të shiut është krijuar prej metereologut Suedez Berzheron (Tor Bergeron, 1891 - 1977). Me kohë teoria e tij ka shumë plotësime, megjithatë ideja gthemelore është ruajtur edhe sot. Berzheron mendon se avulli i ujit në lartësi të mëdhaja kristalizohet në kristal të vogla të ftohët. Këto kristal të ftohët janë qendra ideale të kondenzimit për avullin e ujit të kristaleve të reja. Kështu atyre lartësive të mëdhaja gjenden këto kristale të akullit, uj i ftohur dhe avull uji. Akulli i kristalit gradualisht e sublimon avullin e ujit. Kur pothajse tërë avulli i ujit do të sublimohet, formohet ndonjë substancë e ngjashme me borën.. Ajo borë, kur grimcat mjaft do të rriten, fillon të bie. Duke aritur deri te shtresat më të ngrohta dhe krijohet shiu. Diametri i pikave është prej 0,05 cm deri 0,6 cm. Nëse gjatë rënies së pikave të kondenzuara ajri ka temperaturë më të ulët se 0°C , krijohet borë. Fjollat e borës përbëhen prej kristaleve të vogla të akullit me forma të rregullta. (fig.3).

Breshëri është lloj i mbeturinës atmosferike në formë të akullit. Ekzistojnë dy teori të cilat sqarojnë se si krijohet breshëri. Sipa të parës, breshëri

fitohet me ngritjen e shumëfishtë dhe rë-nia e grimcave të lagështisë së ajrit te ajri i lagët mbi shtresën në të cilin krijohen kristalet e vogla të



Fig. 1

akullit. Kur kristali akull do të hedhet më lartë në shtresat më të ftohta të tij formohet akull i ri. Kjo përsëritet disa herë, deri sa breshëri nuk fiton masë të madhe që të fillon të bie. Ngritjen e kristalit të akullit e bëjnë forca të ajrit. Soipas teorisë së dytë, breshëri krijohet në atë mënyrë që kristali akull nën ndikimin e peshës së Tokës, që vbepron në të, dhe duke mos hyrë në shtresat e reve ku ka ujë të ftohur, shkakton kristalizim edhe të atij, si qendra mbeturinave të kristalizimit janë mbeturina të masës së re të akullit, pra kështu kokrra e akullit rritet. Gjatë masës mjaft të madhe, kokrrat bien. Mbeturinat e atmosferës ujore mund të krijohen edhe te shtresat ajër në afërsi të sipërfaqes Tokësore.

Kështu, shpesh haset mjegullë, veçanërisht afër lumjve, liqejve ose detërave. Ajo paraqet re të krijuar direkt deri te sipërfaqja e Tokës. Për shkak të ftohjes së ajrit vjen deri te kondenzimi i avullit të ujit që gjendet te ai. Mjegulla është më e dendur në pjesët e dhëna të vendeve të banuara ku ka shumë qendra të kondenzimit. Gjatë kohës së netëve të qeta sipërfaqja e Tokës për shkak të rrezatimit të nxehtësisë do të ftohet nën pikën e brymës, prej ajrit që është në kontakt direkt me Tokën do të kondenzohet uji në formë të brynmës. Nëse temperatura e ajrit është më e ulët se 0°C, në vend të brymës krijohet bryma. Bryma paraqet numrin e përgjithshëm të kristaleve të vogla të akullit. Matjet e mbeturinave atmosferike janë të drejta me shimatës.

Ato janë enë cilindrike te të cilat mb lidhet uji i ftohet (nëse mbeturina është në fazën e ngurtë ai shkrihet). Që t'i largohemi avullimit, lëngu që bie

derdhet nëpërmjet një mbulese në formë të inkës në brendësinë e cilindrit që është shkallëzuar në njësi gjatësie, sikurse zakonisht shprehen sasi të mbeturinave të ujit. Nëse për shembull, dikundi ka rënë mbeturinë e ujit prej 1 milimetër, kjo do të thotë se në çdo metër kator të Tokës ka rënë

$$(1 \times 0,001) \text{ m}^3 = 1 \text{ L ujë.}$$

Mbeturinat atmosferike janë me rëndësi të madhe për ekonominë në çdo vend. Bujqësia, energjetika dhe degët tjera të industrisë në masë të madhe varen prej sasisë së mbeturinave ujore. Prandaj, në shkencë ka qenë dhe akoma është fitimi i shiut artificial prej reve.

Sqaroni rëndësinë e çdonjëri prej këtyre koncepteve (atje ku ka nevojë përmend shembuj)

-mbeturina atmosferike	-nimbus
-rruga rrethore e ujit	-teoria e Berzhe
-re	ron për shi
-cirus	-breshër
-kumululus	-mjegullë
-stratus	-bryma
	-vesa

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaroni „rugën rrethore“ të ujit.
 2. Sqaroni teorinë e Berzheronit.
 3. Si krijohet breshëri?
 4. Si krijohet bryma?
 5. Sqaroni çka është mjegulla? Pse mjegulla është më e dendur pranë vendbanimeve?
 6. Çka është vesa?
- Prodhimi i shiut artificial
7. Bëni projekt për atë se si fitohet shiu artificial. Kërkoni veb faqen:
<http://www.thehindu.com/thehindu/seta/2002/05/30/stories/2002053000190300.htm>



Prodhimi i shiut artificial

13.1. KUPTIMET THEMELORE TË TERMODINAMIKËS

Hyrja

Zhvillimi i industrisë, bujqësisë dhe transportit është i mundshëm vetëm në bazë të energjetikës. Tani pothuajse, makina energjetike themelore janë të ashtuquajturat makinat me nxemje. Ato janë makina ku shfrytëzohet energjia e djegëjes së naftës, qymyrit etj. Ky rol i madh i makinave me nxemje në energjetikën bashkohore kërkon të studjuarit dhe të kuptuarit e pyetjeve të lidhura me shndërrimin e energjisë gjatë djegëjes së lëngjeve të para në energji të dobishme.

*Pjesa e fizikës që merret me shndërrimet energjetike të një makine me nxemje quhet **termodinamikë**.* Kjo pjesë e fizikës është formuar qysh në shekullin XIX, gjatë krijimit të makinave së nxemjes. Sot, termodinamika përfshin rreth më të madh të dukurive. Ligjet e saja zbatohen në kimi, biologji, hidrodinamikë edhe shkencat tjera natyrore, *çdokundi ku vjen deri te procesi i shndërrimit të energjisë*. Termodinamika i studion praktikisht dukuritë e njëjta sikurse teoria molekulare-kinetike, por nga aspekti tjetër, me metoda tjera. Në termodinamikë nuk studiohen mekanizmat e dukurive, nuk futet në botën e mikrogripcave dhe bashkëveprimet e tyre reciproke, këtu të gjitha dukuritë studiohen nga pikëpamja e shndërrimeve energjetike makroskopike.

Kuptimet themelore

Do të vërejmë disa koncepte themelore të termodinamikës. Koncepti **sistemi termodinamik** shpeshherë haset. Kjo është në realitet, cilido trup, ose më shumë trupa, vetitë e të cilave shqyrtohen. Shembulli më i thjeshtë i sistemit termodinamik është gazi homogjen, lëng ose trup i ngurtë.

Çdo trup real ose sistem termodinamik bashkëveprojnë në mënyrë reciproke me rrethinën. Domethënë, sistemet reale termodinamike nuk janë të izoluar. Cilët sisteme mund t'i logarisim për të **izoluar**?

Ato janë sistemet të cilët nuk bashkëveprojnë në mënyrë reciproke me rrethiën ose, më saktë,

ku bashkëveprimi reciprok me rrethinën mund të eliminohet. Sistemi i këtillë mund të realizohet. Shembulli i sistemit të këtillë do të jetë cilido trup, i vendosur në enën e Djuarovit (fig. 1). Ena e Djuarovit ka gaqe të qelqit ose metalike që janë të dyfishta, ashtu që ndërmjet faqeve është vakumi. Faqet e këtilla të cilët shumë mirë e izolojnë brendësinë e enës nga rrethina, mundësojnë realizimin e sistemeve të izoluar të nxehtësisë termodinamik ekziston



Fig. 1. Ena e Djuarovit

gjendja e baraspeshës dhe jobaraspeshës. Në rastin e gazit të cilindri i izoluar, i paraqitur në figurën 2 bëhet fjalë për gjendjen e baraspeshës së gazit. Pikërisht, me gjendje të baraspeshës së një sistemi nënkuptohet gjendja ku në mënyrë mikroskopike ndryshojnë parametrat e gjendjes (shtypja, vëllimi dhe temperatura e gazit) as që vjen deri te ndryshimi i gjendjes agregate të trupit prej sistemit.

(Kjo nuk do të thotë se mikroproceset nuk ndodhin, dihet se, për shembull, lëvizja hautike e braunit të molekulave të gazit nuk ndërpritet). Na do të ndalemi vetëm te gjendejet e baraspeshave të sistemeve. Sistemet e izoluar të termodinamikës gjenden në gjendje të caktuar termodinamike.

Në një sistem termodinamik ekziston gjendja e baraspeshës dhe jobaraspeshës. Në rastin e gazit të cilindri i izoluar, i paraqitur në figurën 2 bëhet fjalë për gjendjen e baraspeshës së gazit. Pikërisht, me gjendje të baraspeshës së një sistemi nënkuptohet gjendja ku në mënyrë mikroskopike ndryshojnë parametrat e gjendjes (shtypja, vëllimi dhe temperatura e gazit) as që vjen deri te ndryshimi i gjendjes agregate të trupit prej sistemit. (Kjo nuk do të thotë se mikroproceset nuk ndodhin, dihet se, për shembull, lëvizja hautike e braunit të molekulave të gazit nuk ndërpritet).

Na do të ndalemi vetëm te gjendejet e baraspeshave të sistemeve.

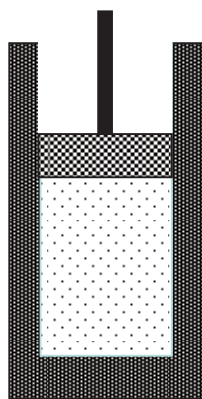


Fig. 3

Gjendja e baraspeshës së një sistemi termodinamik mund të tregohet grafikisht. Për shembull, gjendja e një gazi ideal (sasi e përcaktuar e gazit, për shembull 1 mol) mund të caktohet me pikë në rrafsh ku te boshtet e koordinatave barten vëllimi dhe shtypja e gazit (fig. 3). Paraqitja e këtillë e gjendjes së gazit është e mundshme nga shkaku që parametrat:

shtypja, vëllimi dhe temperatura e gazit nuk janë të varur

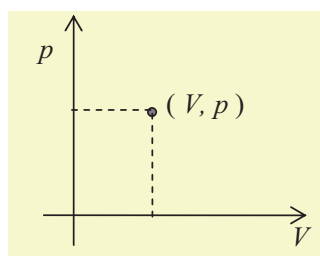


Fig. 3

E dim, për sasi të caktuar të gazit, këto parametra janë të lidhur me barazimin e Klapejrit të pozitës:

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ ose } pV = nRT \quad (1)$$

Te ky realcion p është shtypja, V vëllimi, T temperatura e gazit, m masa e gazit, M masa e tij molare, kurse R konstanta univerzale e gazit.

$$R = 8,32 \frac{\text{J}}{(\text{mol} \cdot \text{K})} \quad (2)$$

Numri i molëve, sasi e substancës te gazi n caktohet si raport ndërmjet masës së gazit m dhe masës së tij molare M .

$$n = \frac{m}{M} \quad (3)$$

Për llojet tjera të sistemeve termodinamike vlen barazimi tjetër i gjendejes, që më së shpeshti, caktohet eksperimentalisht.

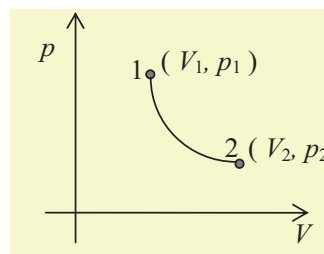


Fig. 4

Nëse te një sistem termodinamik ka ardhur deri te ndryshimi i gjendjes, themi, ka ardhur deri te **procesit termodinamik**.

Procesi termodinamik, zakonisht, paraqiten grafikisht (fig. 4). Për gazin ideal shfrytëzohet (p - V)-diagrami. Ai është sistem koordinativ ku te boshti i abshisës bartet vëllimi V , kurse te boshti i ordinatës- shtypja p . Te figura 4 janë paraqitur dy gjendje të gazit ideal (V_1, p_1) dhe (V_2, p_2) . Larkorja (1-2) e jep vijimin e procesit prej kalimit të gjendjes 1 në gjendjen 2. Duhet të nënvizohet se grafikisht mund të paraqiten vetëm proceset baraspeshe, d.m.th. procese te të cilët vjen te deri te kalimet e pandërprera prej një gjendeje baraspeshe në tjetrën. Gjatë procesit vjen deri te ndonjë gjendje pa baraspeshë, atëherë procesi nuk mund të paraqitet grafikisht.

Energjia e Brendshme

Është e njohur se te sistemet e mbyllur, të izoluar, për shkak të fërkimit, themi se pjesë e sistemit të nxemjes, themi se pjesë e energjisë shndërrohet në energji të brendshme më së miri sqarohet nëpërmjet teorisë molekulare-kinetike.

Do të marrim si sistem sasi të caktuar të gazit ideal. Molekulat e gazit janë në gjendje të lëvizjes hatotike të vijueshme. Çdo molekul ka sasi të caktuar të energjisë. **Me energji të brendshme nënkuptojmë energji kinetike e molekulave të gazit.** Ku bëhet fjalë për gazin real. lëng ose trup i ngurtë, nuk mundet

sikurse te gazi ideal të eliminohen bashkëveprimet reciproke ndërmjet molekulave: atje grimcat gjenden te fusha forcave molekulare, prandaj kanë edhe energji potenciale. Prandaj themi: *energjinë e brendshme të një sistemi (ose trupi) është energji kinetike e lëvizjes së molekulave si edhe energjinë potenciale të bashkëveprimit reciprok molekular.*

Do ta njehsojmë energjinë e brendshme të sistemit termodinamik të gazit ideal. Energjinë e brendshme U është e barabartë me shumën e energjisë kinetike të lëvizjes translatores të çdonjërës molekulë (\bar{E}_{ki}):

$$U = \bar{E}_{k1} + \bar{E}_{k2} + \bar{E}_{k3} + \dots + \bar{E}_{kn} \quad (4)$$

Duhet të përmendet se kjo është e saktë nëse bëhet fjalë molekulat njëatomike. Nëse molekula është shumëatomike, atëherë patjetër të kemi llogari edhe për energjinë kinetike të trupit rrotullues.

Te teoria molekulare-kinetike tregohet se energjinë mesatare kinetike të molekulave të gazit njëatomik është dhënë me:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad (5)$$

ku k është konstanta e Boltzmannit

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K,}$$

kurse T temperatura absolute e gazit.

Në një mol gaz ka N_A molekula (N_A është numri i Avogardit), pra energjinë e një moli të gazit njëatomësh është:

$$U_M = N_A \bar{E}_k = N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} RT \quad (6)$$

pasi $N_A k = R$.

Prej këtij relacioni shihet se energjinë e përgjithshme të 1 moli të gazit ideal nuk varet prej vëllimit të tij ose shtypjes, por vetëm prej temperaturës së tij. Relacioni (6) për gazërat dy atomik është $U_M = \frac{5}{2} RT$, kurse për shumëatomikët

$$U_M = \frac{6}{2} RT = 3RT, \text{ që tre-}$$

gon se të gjitha gazërat *madhësia themelore fizike të energjinë e brendshme të gazit është temperatura.* Prej këtu vijon: nëse vjen deri te ndryshimi i energjisë së brendshme të gazit ideal, atëherë ai ndryshim sigurisht karakterizohet me temperaturën e gazit:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) \quad (7)$$

Me fjalë tjera: **energjinë e brendshme është funksion i gjendjes së një gazi.** Kjo do të thotë kur sistemi gjendet në një gjendje, energjinë e tij e brendshme e ka vlerën e caktuar që i takon asaj gjendje, pavarësisht nga ajo gjendja paraprake sistemi ka kaluar në këtë gjendje. Nëse kemi sasi më të madhe të gazit, n mola gaz, atëherë energjinë e brendshme është dhënë me:

$$U = n \frac{3}{2} RT, \text{ por pasi } n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \text{ dhe}$$

$$k = \frac{R}{N_A} \text{ vijon:}$$

$$U = N \cdot \frac{3}{2} kT \quad (8)$$

Energjinë e brendshme të sistemit të gazit ideal varet vetëm prej temperaturës së gazit dhe prej numrit të përgjithshëm të molekulave të gazit.

Te gazet shumëatomike fitohen relacione të

$$\text{ngjashme: për dyatomiket } U = N \cdot \frac{5}{2} kT,$$

$$\text{kurse për shumëatomiket } U = N \cdot 3kT.$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është sistemi termodinamik? Përmend disa shembuj.
2. Çka është gjendja e baraspeshës termodinamike dhe si caktohet?
3. Përmend disa shembuj të proceseve termodinamike.
4. Çka është energjinë e brendshme të një sistemi termodinamik? Me cilat njësi matet?
5. Prej çka varet energjinë e brendshme për ndonjë sasi të gazit?

13.2. NDRYSHIMI I ENERGJISË SË BRENDSHME. SASIA E NXEHTËSISË

Si mund të ndryshon energjia e brendshme? Kapaciteti i nxehtësisë dhe kapaciteti specifik i nxehtësisë.

Deri te ndryshimi i energjisë së brendshme të sasisë së caktuar të gazit mund të vjen në dy mënyra:

1. Me nxemjen ose me ftohjen e gazit (nëse ai gjendet në kontakt me trup më të nxehtë ose më të ftohtë).
2. Me zgjerimin ose komprimimin e gazit (kur gaz i zgjerohet ai kryen punë dhe energjia e tij e brendshme zvogëlohet, derisa gaz i komprimohet prej jashta kryhet punë pra energjia e tij e brendshme rritet).

Me mënyrën e parë të ndryshimit të energjisë së brendshme sqarohet kuptimi *sasia e nxehtësisë*. Pikërisht, gjatë nxemjes ose ftohjes të një sistemi termodinamik vjen deri te *shkëmbimi i nxehtësisë*. *Energjia e përcjellur te trupi (sistemit) ose merr prej tij, në procesin e shkëmbimit të nxehtësisë quhet sasia e nxehtësisë*.

Si sistem do të marrim sasi të gazit ideal dhe atë e nxemje me ngrohës (trup në temperaturë të lartë). (fig. 1). Nëse çepi i gazit qëndron i fiksuar në të njëjtin vend, me nxemjen e gazit zmadhohet energjia e tij e brendshme, dhe atë ashtu që sasi e nxehtësisë e futur Q është e barabartë me ndryshimin e energjisë së brendshme ΔU :

$$Q = \Delta U \quad (1)$$

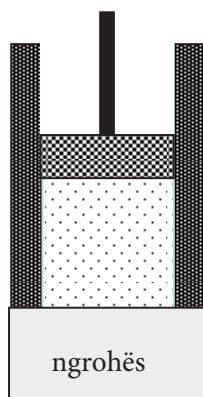


Fig. 1

Prandaj, për sasisë e nxehtësisë gjykohet sipas ndryshimit të energjisë së brendshme të sistemit. Të gjithë matjet kalo metrike bazohen në këtë parim. Prova dhe përvoja e përditshme na tregojnë se nxemjet e barabarta të trupave të ndryshëm janë të nevojshme sasi të ndryshme të nxehtësisë

Kapaciteti i nxehtësisë C_m i një trupi është sasia e nxehtësisë që i lajmëron trupit (i shtohet ose i merrë) që t'i ndryshon temperatura për 1 kelvin. Matet me xhul në kelvin. Ose:

$$C_m = \frac{Q}{\Delta T} \left[\frac{J}{K} \right] \quad (2)$$

Që të ndahen vetitë e ndryshme të nxehtësisë të substancave të ndryshme është futur koncepti kapaciteti specifik i nxehtësisë.

Kapaciteti specifik i nxehtësisë është sasia e nxehtësisë që duhet të lajmëroj (shtohet ose zbritet) në njësi mase të substancës së dhënë që të ndryshon temperatura e tij për një kelvin. Matet në $J/(kg \cdot K)$ dhe shënohet me c . Ose

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \left[\frac{J}{(kg \cdot K)} \right] \quad (3)$$

Pasi për nxemjen e 1 kg masë nga substanca e nevojshme c , për nxemjen e masës (m) nga substanca e njëjtë është sasia e nevojshme e substancës Q të dhënë me:

$$Q = c m \Delta T \quad (4)$$

Për madhësinë fizike *sasi e nxemjes* shpeshherë shfrytëzohet emri *nxehtësi*.

Ndryshimi i energjisë së brendshme gjatë kryerjes së punës

Energjia e brendshme e një gaz, përveç me nxemje se ftohje, mund të ftohet mund të ndryshon edhe me ekspansion ose komprimimin e gazit. Të supozojmë në enën e izoluar cilindrike të kemi gaz të mbyllur. Çepi i enës lëviz lehtë (fig.2). Forcat e shtypjes së gazit veprojnë në faqet e enës dhe e lëvizin lehtë çepin e lëvizshëm, pra kështu kryen punë. Nëse gjatë këtij procesi nuk shtohet kurrfarë energjie punën që e kryen gazit kryhet në llogari të energjisë së gazit.

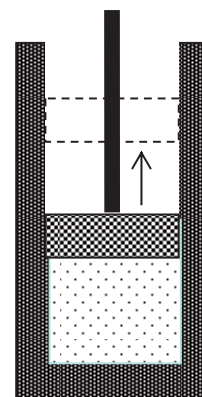


Fig. 2

Gjatë ekspansionit të gazit, energjia e brendshme e gazit zvogëlohet. Gazi ftohet.

Nëse gazi komprimohet, kryhet punë nga jashta, poashtu energjia e brendshme e sistemit zmadhohet.

Njëri nga shekncëtarët e parë ka treguar se ndryshimi i energjisë së brendshme të sistemit është e barabartë me punën e kryer është Xhul (James Prescott Joule (1818-1889)). Në figurën 3 është dhënë skema parimore e eksperimentit të tij.

Te ena me ujë A janë futur lopata, të lidhura me një bosht nëpërmjet të cilës mund të rrotullo-

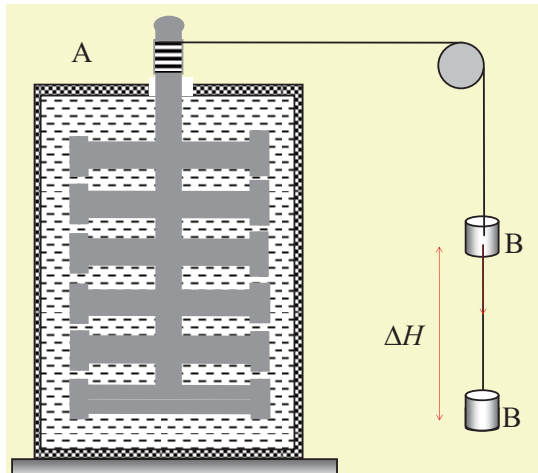


Fig. 3

hen. Rrotullimi mundësohet me veprimin e forcës të trupit B që lëviz nën ndikimin e peshës Tokësore, ashtu që lehtë mund të matet puna e kryer i trupit B:

$$A = m g \Delta H \quad (5)$$

Gjatë fërkimit të lopateve me ujë, uji nxehet. Vjen deri te ndryshimi i energjisë së brendshme e ujit. Ai ndryshim është i barabartë me punën e kryer të trupit B. (Eksperimenti tregon poashtu vjen deri te nxemja edhe e lopatave dhe të enës, por ajo mund të eliminohet). Me matje të temperaturës në enë, mund të matet ndryshimi i energjisë së brendshme të sistemit.

Xhuli ka treguar se puna prej 4186 J gjithmonë e rrit temperaturën e 1 kg ujë për 1 kelvin.

Ky eksperiment dikur ka luajtur rol shumë të rëndësishëm në fizikë. Me atë për herë të parë ishte treguar se energjia mekanike dhe nxehtësia (energji e brendshme) e sistemit janë madhësi fizike ekuivalente dhe duhet të maten me njësitë e njëjta.

Eksperimenti i Xhulit e ka vërtetuar ligjin për ruajtjen e energjisë në kuptimin e gjerë të fjalës:

Te lëvizjet e të gjitha sistemeve të izoluar, shuma e energjisë kinetike, energjisë potenciale dhe energjisë së brendshme të të gjithë trupave që e përbëjnë sistemin, është konstant dhe nuk ndryshon. Ajo shumë e përbën gjithë energjinë e sistemit. Formulimi matematikor i këtij ligji e jep përmbajtjen e njërit prej parimeve themelore, parimin I të termodinamikës.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si mund të ndodh ndryshimi i energjisë së brendshme të një sistemi termodinamik?
2. Me cilin relacion tregohet sasia e nxehtësisë dhe me cilat njësi matet?
3. Çfarë kapacitet të nxehtësisë duhet të kenë furat termoakumuluese?
4. te tabela më poshtë është dhënë kapaciteti specifik i nxehtësisë të shumë substancave. Nëse përdorni ngrohës të njëjtë për të nxehur 1 kilogramë ujë dhe 1 kilogramë hekur për 50 shkallë, çka më shpejtë do të nxehet dhe pse?

substancia	c në [J/(kg.K)]
ujë	4186.8
Fe	460
Hg	120
Ag	250
Cu	380
ajri	1010
akull	2090
petrolej	2140
eter	2340
glicerin	2430

5. Kemi dy trupa: i pari është kub me masë 100g, kurse i dyti kub hekuri me masë 50 g. Cili prej të dy trupave ka kapacitet të nxehtësisë më të madhe?

6. Gjatë caktimit të energjisë së nxehtësisë së shpenzuar për nxemje të 3 kg ujë te ena e bakrrit me masë 12 kg nuk është mbajtur llogari për energjinë e shpenzuar për nxemjen e enës. Çfarë gabimi në përqindje është bërë gjatë kësaj? (Përgj. 3,5%).

7. Sa nxehtësi duhet t'i shtohet 4 kg ujë që e njëjta të nxehet prej 20° C? Njehsimet që do t'i bëni janë të sakta, duke pasur parasysh faktin që uji e nxeni në enë?

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

-sistem termodinami	-energji e brendshme
-sistem termodinami të izoluar	-sasia e nxehtësisë
-gjendja termodinamike	-kapaciteti i nxehtësisë
-gjendja e baraspeshës	-kapaciteti specifik i nxehtësisë
-procesit termodinamik	-ndryshimi i energjisë së brendshme
	-puna e gazit

13.3. PARIMI I PARË I TERMODINAMIKËS

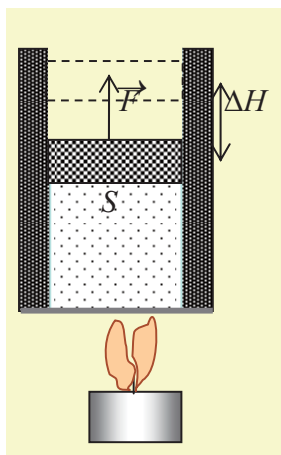


Fig. 1

Një sasi e gazit ngrohet në cilindër të mbyllur me çep lehtë të lëvizshëm (figura 1). Gjatë nxemjes gazi zgjerohet dhe e lëviz çepin lartë. Gazit me nxemje i kemi dhënë një sasi nxehtësie Q . Kjo nxehtësi është shpenzuar për kryerjen e punës A dhe për ndryshimin e energjisë së brendshme të gazit (ΔU).

Kjo mund të shkruhet si:

$$Q = A + \Delta U \quad (1)$$

Ky barazim e shpreh ligjin e ruajtjes së energjisë. Ky është formulimi matematikor e **parimit I të termodinamikës**.

Sasia e nxehtësisë që lajmërohet në një sistem shpenzohet për ndryshimin e energjisë së brendshme të sistemit dhe për kryerjen e punës prej sistemit përballë veprimit të forcave të brendshme.

Prej këtij parimi shihet se në çdo sistem të izoluar shuma e energjisë mekanike dhe të brendshme (të nxehtësisë) mbetet konstante, e pandryshueshme. As energjia mekanike, as e nxehtësisë nuk mund të jenë të përballuara prej tasgjë, as që mund të jenë të zhdukura. „Permetum mobile“ - makina e nxehtësisë që do të punonte pa i dhënë energji nuk mund të krijon.

Që të kryhet ndonjë punë mekanike, është e nevojshme trupit i cili duhet ta kryen punën t'i shtohet ndonjë energji të nxehtësisë.

Parimin e parë i termodinamikës do ta zba tojmë në disa procese te gazërat ideal.

a. Gazi që është mbyllur si te figura 1 le të ngrohet, kurse vëllimi le të jetë konstantë (proces izohor), domethënë çepi qëndron në vendin e njëjtë. Në këtë rast nuk ak lëvizje, puna e kryer është e barabartë me tero dhe gjithë nxehtësia e futur është shpenzuar për ngrohje të gazit, për ndryshimin e energjisë së brendshme të gazit:

$$Q_V = \Delta U \quad (2)$$

ku Q_V është sasia e nxehtësisë që i është shtuar gazit në kushtet e vëllimit konstant, në çka tregon indeksi V . Domethënë, *gjatë procesit izohor gjithë sasia e nxehtësisë që është sjellur shkon për zmadhimin e energjisë së brendshme të sistemit.*

b. Te procesi izohor, shtypja e gazit te ena (fig. 1) mbahet konstant. Nëse gazit i shtohet ndonjë sasi e energjisë, ai pjesërisht shndërrohet në punë, kurse pjesërisht shpenzohet për nxemjen e gazit:

$$Q_p = A_p + \Delta U \quad (3)$$

Indeksi p edhe këtu paraqet se shtuarja e nxehtësisë

bëhet gjatë shtypjes konstante.

Ta njehsojmë punën që kryhet. Pasi $p = \text{const}$, konstante është edhe forca e shtypjes së gazit që vepron te çepi, pra puna që e kryen është e barabartë me prodhimin e forcës F dhe zhvendosja ΔH që është në kahje të forcës së shtypjes (fig. 1):

$$A_p = F \Delta H = p S \Delta H = p \Delta V \quad (4)$$

Në këtë relacion me S do ta shënojmë prerjen e sipërfaqes së çepit mbi çepin mbi të cilin vepron forca e shtypjes. Prodhimi $S \Delta H = \Delta V$.

Puna është e barabartë me prodhimin e shtypjes dhe ndryshimit të vëllimit të gazit.

c. Të supozojmë më në fund se shtuarja e sasisë së nxehtësisë e kryejmë ashtu që gazi të mos ta ndryshon temperaturën. Kjo është *procesi izoterm*. Po ashtu temperatura nuk ndryshon, domethënë energjia e brendshme nuk ndryshon $\Delta U = 0$. Gjithë sasia e nxehtësisë e futur është shndërruar në punën e kryer:

$$Q_T = A_T \quad (5)$$

Gjatë procesit izoterm gjithë sasia e nxehtësisë e futur shpenzohet për kryerjen e punës mekanike. Megjithatë, do të shikojmë se shfrytëzimi tërësisht është i kufizuar, për të cilën do të bëhet fjalë më vonë.

Puna e gazit dhe avulli

treguam se gazi, përkatësisht avulli mundet gjatë disa kushteve të kryen punë.

Do të kthehemi te procesi izobar. Puna atje është e barabartë me:

$$A_p = p \Delta V = p (V_2 - V_1) \quad (6)$$

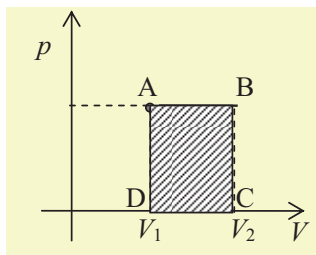


Fig. 2

Nëse te $(p-V)$ -sistem koordinativ paraqitet procesi

izobar fitohet vijë e drejtë, paralele me boshtin e abshisë (figura 2)-

Prej grafikut është e qartë se prodhimi $p(V_2 - V_1)$ është në realitet numerikisht e barabartë me syprinën $ABCD$, domethënë syprina e sipërfaqes të kufizuar me drejtëzën e shtypjes dhe boshtit të abshisë në intervalin e vëllimeve fillestar V_1 dhe të fundit V_2 .

Mund të tregohet se kjo punë varet vetëm prej ndryshimit të temperaturës, Të supozojmë se kemi n mol gaz. Sipas barazimit të Klajperit të gjendjes së gazit në fillim dhe në fund është

$$pV_1 = n R T_1 \quad (7)$$

$$pV_2 = n R T_2$$

Nëse prej barazimit të poshtëm e zbresim barazimin e sipërm fitohet

$$p(V_2 - V_1) = n R (T_2 - T_1) \quad (8)$$

prej ku është e qartë se *puna e kryer varet prej ndryshimit të temperaturës*.

Nëse supozojmë të kemi 1 mol gaz, dhe ndryshimi i temperaturës është 1 kelvin, atëherë sipas (8) puna e kryer është e barabartë me R .

Kjo tregon se gazi univerzal konstant e ka këtë rëndësi fizike:

Konstantja univerzale konstante R është e barabartë me punën që e kryen një mol gaz ideal, për shtypje konstante, kur temperatura e tij ndryshon për një kelvin.

Nëse gazi kryen zgjerimin sipas ndonjë lakore të pa përcaktuar, procesi është çfarëdo, edhe pse vëllimi i është ndryshuar prej ndonjë V_1 në vëllim V_2 , kurse procesi ka rrjedh ashtu që ndërmjet kohës kanë ndodhur gjendje që i përshkruan lakorja $M - N$ (figura 1) gjithashtu mund të caktohet puna e gazit që e ka krye.

Intervalin $V_2 - V_1$ e ndajmë në numër të madh të intervaleve shumë të vogla. Ato le të jenë N , por cilido të jetë prej tyre e ka gjerësinë ΔV_1 . Për një interval të vogël të atillë ndryshimit të vëllimit mund t'i pengon se shtypja p_i është konstante, pikërisht pjesa e lakores që i takon atij intervali

të vogël të vëllimit, mund të llogaritet për drejtëz paralele me boshtin e abshis. Atëherë puna e kryer prej gazit gjatë ndryshimit të vëllimit ΔV_i është:

$$A_i = \pi_i \Delta V_i \quad (9)$$

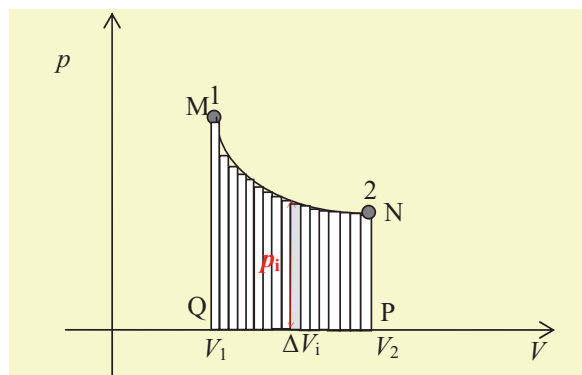


Fig. 3

Punën tërësisht të kryer gjatë procesit M-N do ta fitojmë kur do t'i mbledhim punët e kryera gjatë gjithë N intervaleve të vogla. Pasi $p_i \Delta V_i$ numerikisht është e barabartë me syprinën e drejtkëndëshit të të kaltër të vogël, puna e përgjithshme e gazit numerikisht është e barabartë me syprinën ndërmjet lakores M-N dhe boshtit të abshisës. Ajo është syprina MNPQ që është e barabartë me shumën e sipërfaqeve të gjithë drejtkëndëshave të vegjël.

Duhet të përmendet se zhvendosja e punës në këtë mënyrë është aq më e mirë sa është numri i intervaleve më i madh. Në kushte të atilla, syprina e sipërfaqes MNPQ është shumë afër me sipërfaqen e të gjithë drejtkëndëshave.

Të shikojmë tani çka ndodh gjatë **gazit të komprimuar**. Për fillim do të supozojmë se komprimimi bëhet gjatë shtypjes konstante dhe se gazi prej vëllimit V_2 (figura 2) gradualisht zvogëlohet vëllimi që në fund bëhet V_1 . Gjatë ndodhjes izobare të këtillë të gazit *puna kryhet nga forcat e jashtme, përballë forcave të shtypjes së gazit, dhe prandaj ajo punë është negative*.

Dhe në përgjithësi, nëse një proces rrjedh prej vëllimit më të madh nga më i vogli, puna që kryhet numerikisht është e barabartë me prodhimin:

$$p\Delta V = p(V_2 - V_1)$$

por e kryejnë forcat e jashtme përballë forcave të shtypjes, **ajo punë është negative**. Edhe në kushte kur procesi nuk është izobar, por çfarëdo që të jetë, punën e fitojmë se syprinë të sipërfaqes të kufizuar me lakoren e procesit dhe boshtit të abshisës, por ajo punë është negative.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si thotë parimi I i termodinamikës për procesin izohor?
2. Si njehsohet puna gjatë procesit izobar?
3. Kur është pozitive, por kur është negative puna e një gazi ideal? A pajtohet ajo me përkufizimin fillestar për punën të mësuar në mekanikë?
4. Vëllimi e ndonjë sasi të gazit ndryshon prej V_1 në V_2 një herë izotermë, kurse pastaj izobar. Kur kryhet punë më e madhe?
5. Një mol gaz është mbyllur në cilindër dhe i kryen proceset me AB, BC, CD, DA, sikurse është paraqitur te diagrami nga figura 4. Përshkruaj proceset të cilat mbesin këtu. Sa punë është krye gjatë gjithë ciklit? (Përgj. 50 J).

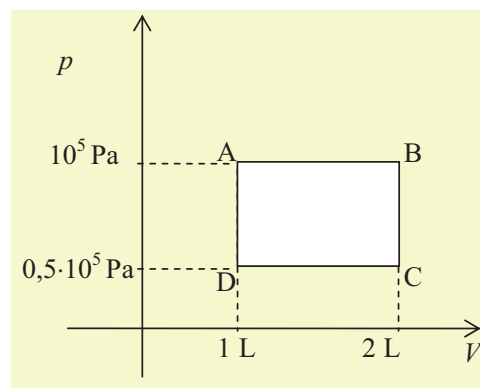


Fig. 4

6. Çfarë procese ndodhin nëse rrjedhin në kahen e kundërt ADCBA? A do të kryen atëherë gazi punë dhe sa?
7. Në cilindër me çep gjendet ajër me masë 0,2 kg. Gazi ngrohet ashtu që temperatura i është ndryshuar për 88 K. Sa punë do të kryhet megjithatë, nëse ndodh gjatë shtypjes konstante? Masa molare e ajrit është 0,029 kg/mol. (Përgj. 5383 J).

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- parimin e parë të termodinamikës
- punën pozitive të gazit
- =punën negative të gazit
- konstanta univerzale e gazit

13.4. PROCESET ADIABATIKE

Në termodinamikë rëndësi të veçantë kanë proceset adiabatike. Atë janë procese: **proceset ku sistemi nuk kryen kurrfarë shkëmbim të nxehtësisë nga rrethina.** Për këto procese:

$$Q = 0 \quad (1)$$

Që të mundësohet proces i këtillë, do të duhej gazit të gjendet në enë me izolim të nxehtësisë ideale. Realisht izolim i atillë vështirë arrihet. Megjithatë, në natyrë përsëri hasen një varg procese të cilat llogariten për adiabatik. Ato janë shumë të shpejtë, ose procese eksplozive, të cilat nuk ka kohë që të realizohet shkëmbimi i nxehtësisë. Nëse kemi parasysh për (1) parimin I të termodinamikës, të dhënë me:

$$Q = A + \Delta U$$

kalon në $A + \Delta U = 0$ ose

$$\Delta U = -A \quad (2)$$

ndryshimi i energjisë së brendshme është e barabartë me punën me shenjë negative. Si është interpretimi fizikë në këtë gjykim?

Le të jetë, për shembull gazit të zgjerohet në mënyrë adiabatike. Atëherë ai kryen punë në kahe të forcave të shtypjes (punë pozitive), por ka ndoshtur ndryshim negativ i energjisë së brendshme. Domethënë, energjia e brendshme zvogëlohet. Gazit ftohet. **Themi: zgjerimi adiabat kryhet në llogaritje të energjisë së brendshme të sistemit.**

Anasjelltas, nëse mbi gazin kryhet kompresim adiabatik, atëherë puna kryhet nga jashta, ajo është orientuar përballë veprimit të forcave të shtypjes, domethënë ajo punë është negative. Puna

negative sipas (2) domethënë ndryshimi pozitiv i energjisë së brendshme. Gjatë kompresimit adiabatik gazit ngrohet.

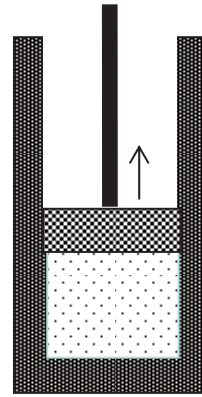


Fig. 1

Procesi adiabatik i idealizuar mund të kryhet te cilindri me gaz (figura 1) faqet e të cilit janë izolator ideal të nxehtësisë. Nëse gazit „vet vetiu,, nën ndikimin e forcave të shtypjes e rilëviz çëonin lartë, ai kryen punë pozitive, në llogaritje të energjisë së brendshme, por gazit ftohet. Anasjelltas, nëse gazit prej jashta komprimohet, temperatura do të hyp.

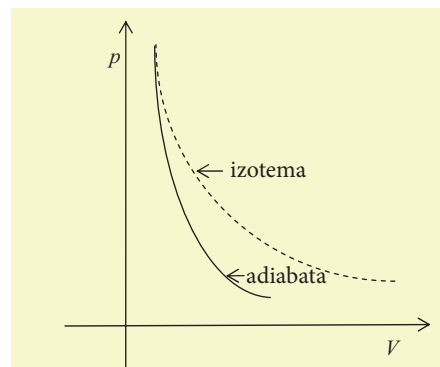


Fig. 2

Varshmëria e shtypjes së gazit prej vëllimit te proceset adiabatike është paraqitur në figurën 2. Lakorja e varshmërisë quhet **adiabata**. Në të njëjtin sistem koordinativ, për krahasim është dhënë edhe grafiku i varshmërisë së shtypjes së gazit prej vëllimit gjatë proceseve izoterme. Shihet

se adiabata është „më e pjerrët, lakore nga izoterma. Shkaku për zvogëlim më të madh e shtypjes gjatë zgjerimit adiabat sqarohet në këtë mënyrë: te procesi adiabat deri te zvogëlimi i shtypjes vjen nga dy shkaqe: edhe për shkak të zmadhimit të vëllimit, ngjashëm si te proceset izoterme, por edhe për shkak të ftohjes së gazit.

Lidhja ndërmjet shtypjes p dhe vëllimit V të gazit te procesi adiabatik është dhënë me këtë relacion

$$pV^\gamma = \text{const} \quad (3)$$

Ky ligj është i njohur si barazimi i Puasonit. Konstanta γ quhet konstanta e Puasonit dhe atë për gazërat një atomëshe është 1,67, për dy atëmëshet 1,40, kurse për shumë atomëshet 1,33. Në realitet, kjo konstante është raporti ndërmjet kapacitetit specifik të nxehtësisë të gazit të dhënë gjatë shtypjes konstante dhe klapacitetit specifik të nxehtë-

sisë gjatë vëllimit konstant $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$. Pasi është,

sikurse shihet $\gamma > 1$, lakorja $p = \frac{\text{const}}{V^\gamma}$ më shpejtë zvogëlohet me ndryshimin e vëllimit.

Pyetje, detyra,ktivitete

1. Çka është procesi adiabatik? Përmend shembull për procesin adiabatik?
2. Vëllimi i gazit znadhohetdyfish, një herë izoterm, kurse pastaj adiabat. Kur gazi kryen punë më të madhe? Kur ftohet?
3. Mbi gazin e një ene të izoluar kryhet kompresim adiabatik. Çfarë pune kryhet? Sqaro shenjën e punës.
4. Si thotë principi I i termodinamikës për proceset adiabatike?
5. A është i mundshëm proces izoterm në tërë sistemin e izoluar? Sqaroni përgjigjen tuaj?

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- procesi adiabatik
- zgjerimi adiabari
- komprsimi adiabatik

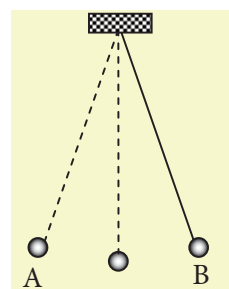
13.5. PROCESET KTHYESE DHE JO KTHYESE. PROCESI I KARNEUT. PRINCIPI II I TERMODINAMIKËS

Proceset kthyesë (reverzibile)

Motorët të cilët e shfrytëzojnë energjinë e brendshme të nxehtësisë dhe atë e shndërrojnë në punë quhen **motorë të nxehtësisë**.

Para se të njihemi me parimet themelore të këtyre motorëve, duhet të njihemi me një fakt të rëndësishëm të lidhur me natyrën të proceseve të natyrës, kurse kjo është se *në natyrë nuk janë të mundshme procese kthyesë (reverzibile)*. Çka është procesi reverzibil?

Ai është proces që rrjedh në dy kahje. Pikërisht, nëse ndonjë proces termodinamik gjendet në një gjendje, procesi është reverzibil, nëse është e mundshme *procesi i kundërt prej gjendjes së dytë në të parën, por megjithatë të mos vjen deri te disa ndryshime energjetike ose lloj tjetër, as te sistemi, as te rrethi*.



Si proces kthyes do të mund ta mendojmë lëkundjen e një topi, por vetëm nëse e përjashtojmë veprimin të forcave të shtypjes, domethënë ajo punë është negative. Puna negative sipas (2) domethënë ndryshimi pozitiv i energjisë së brendshme. Gjatë kompresimit adiabatik gazi ngrohet. Proces i adiabatik i idealizuar mund të kryhet te cilindri me gaz (figura 1) faqet cese mekanike mund të llogariten për reverzibile (lëkundja e peshës në spi-rاله, hedhja e topit te dyshemeja ela-stike etj.). Megjithatë, nga përvoja e dimë se lëkundja e lavjerësit nuk ndodh ashtu sikurse do të ishte pa fërkim. Ekziston fërkim dhe lavjers, me proces që nuk është reverzibil.

Edhe proceset e nxehtësisë nuk janë reverzibil. Si shembull do të marrim dy trupa që janë në takim të afërtë. Trupi 1 le të jetë në temperaturë më të lartë

$$T_1 > T_2$$



Fig. 2

të se trupi 2. ($T_1 > T_2$). E dijmë se trupi 1 do t'i jep një llo sasi të nxehtësisë së trupit 2, por deri në proces të anasjelltë nuk mund të vjen. Asnjëherë nuk mund të ndodh trupi 2 t'ia kthen nxehtësinë trupit 1. Ngjashëm është edhe me dy proceset tjera të nxehtësisë. Për shembull, në një enë me shtypje të lartë le të kemi gaz dhe enën le ta sjellim në një dhomë.

Nëse pastaj enën e hapim dhe lejojmë që ai të zgjerohet në dhomë, edhe pse ky proces do të ndodh „në vetvetë“, e anasjellta asnjëherë nuk do të ndosh-gazi të kthehet në vëllimin paraprak.

Të gjithë shembujt e theksuar lartë tregojnë se ato në natyrë proceset rrjedhin në një kahe. Kjo na tregon se përveç parimit të ruajtjes së energjisë së përgjithshme të një sistemi, ekziston e dhe një parim që e përshkruan kahen e ndodhjes së proceseve. Këtë kahe e sqaron parimi II i termodinamikës, por atë që ta kuptojmë, do të mësojmë shkurtimisht një proces ciklik ideal, të njohur në fizikë si proces i Karnit.

Procesi i Karneut. PrinciPI II i termodinamikës

Me proces ciklik nënkuptojmë proces të atillë ku trupi i punës (për shembull, gazi në një cilindër) periodikisht kthehet në gjendjen fillestare. Një motor i nxehtësisë, në realitet, paraqet përsëritje të shumëfishtë të një cikli.

Cikli Karno përbëhet prej dy proceseve izoterm dhe proceseve adiabatik. trupi i punës është gaz

në një cilindër me faqe ideale të nxehtësisë. Gazi në fillim gjendet në gjendjen 1, të përshkruar me parametrat (p_1, V_1, T_1) (figura 2 në cilindër me bazë që mund të jetë përçues ideal i nxehtësisë.

E leshojmë gazin të zgjerohet. Por, pasi ai gjatë zgjerimit do të ftohej, kurse na duam zgjerimi të

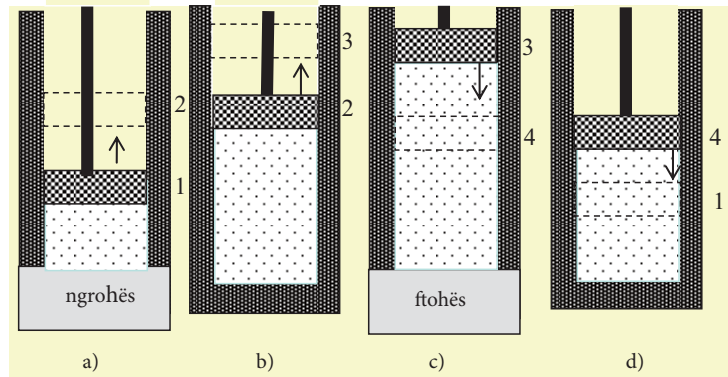


Fig. 3

jetë izotermë, i japim një sasi të nxehtësisë prej trupit që është në prekje të drejtpërdrejt në fund të enës dhe që do ta quajmë ngrohës, kurse me këtë, domethënë gazi kryen zgjerim izoter gjatë temperaturës T_1 (fig. 2 a).

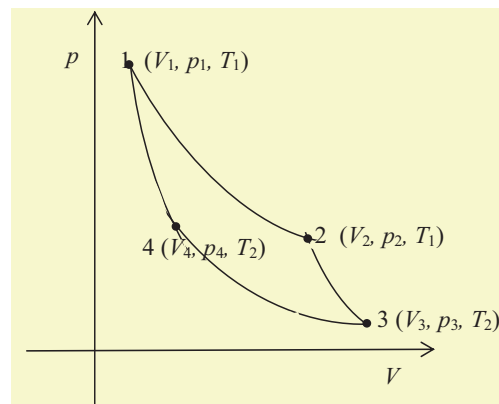


Fig. 4

Ky proces është përshkruar me izotermën 1-2 në figurën 3. Kur do të arrihet gjendja 2, të përshkruar me parametrat (p_2, V_2, T_1) fundi i cilindrit zëvendësohet me izolator ideal të nxehtësisë (fig. 2b), kështu që gazi më tutje zgjerohet në mënyrë adiabatike. Megjithatë, gazi do ta arrin gjendjen 3, të përshkruar me parametrat (p_3, V_3, T_2) ku tem

peratura e gazit zvogëlohet, pasi gazi është zgjeruar adiabatikisht. Procesi 2-3 është përshkruar me adiabatën 2-3.

Në vijimin e mëtejshëm vjen deri te zvogëlimi i vëllimit, dhe atë në fillim nëpërmjet rrugës të kompresimit izoterm, ku ena cilindrike prej figurës 2 patjetër duhet të lidhet me përcues ideal të nxehtësisë që do të jetë drejtpërdrejt në kontakt me trup me temperaturë të ulët. Këtë trup do ta quajmë **ftohës** dhe atë i mundëson të merret një lloj sasi e nxehtësisë që të mundet gjatë komprimimit të gazit të mbahet temperatura T_2 . Pas komprimimit izoterm, gazi prej gjendjes 3 kalon në gjendjen 4, të përshkruar me parametrat (p_4, V_4, T_2) . Izoterma 3-4 e grafikut nga figura 3 e përshkruan këtë proces. Pjesa e fundit nga cikli i Karnit duhet të sigurohet kthimi i sistemit në gjendjen fillestare 1.

Për këtë shkak, gazi përsëri izolohet, fundi i cilindrit është përsëri izolator ideal i nxehtësisë (figura 2ç) dhe kryhet kompresimi adiabatik, që të mundëshet rritja e temperaturës prej T_2 në T_1 . Procesi 4-1 është adiabatik, dhe është përshkruar me adiabatën 4-1 në figurën 3.

Domethënë te proceset 1-2-3 ndodh zgjerimi, kurse gjatë proceseve 3-4-1 kompresimi i gazit. Gjatë zgjerimit të gazit kryen punë për shkak të veprimit të forcave të shtypjes përballë forcave të jashtme dhe ajo punë është pozitive. Gjatë komprimimit puna është e kryer dhe ajo është negative. Puna e përgjithshme është e barabartë me ndryshimin ndërmjet këtyre dy punëve dhe numerikisht është e barabartë me syprinën e sipërfaqes të kufizuar me lakoren 1-2-3-4-1.

Te pjesa 1-2 gazi pranon një lloj sasi të nxehtësisë prej ngrohësit. Ta shënojmë me Q_1 . Ngrohësi gjendet në temperaturën T_1 . Te pjesa 3-4 gazi jep edhe sasi të nxehtësisë Q_2 të ftohësit që e ka temperaturën T_2 . kjo tregon se te puna shfrytëzuese shndërrohet vetëm pjesë prej sasisë së nxehtësisë Q_1 . Ajo është pjesa $Q_1 - Q_2$.

Të parashtrojmë pyetje të këtyllë: a do të fitojmë punë shfrytëzuese pa ekzistuar ftohës dhe pa ja marrë një sasi të nxehtësisë sistemit?

Nëse prej gjendjes 3 do të kryejmë kompresion pa e marrë një sasi të nxehtësisë, domethënë kompresioni do të jetë adiabatik, sipas lakores 3-2 deri te arrija e temperaturës T_1 . Pastaj procesi do të rrjedh në mënyrë izoterm sipas lakores 2-1. Punën që do ta kryejnë forcak e jashtme gjatë kompresionit do të jetë e barabartë me punën e gazit që e kryen gjatë zgjerimit. Puna shfrytëzuese do të jetë e barabartë me zero.

Domethënë, **kusht i domosdoshëm që të kemi kryerje të punës së dobishme, është, përveç trupit të punës, të kemi ngrohës, prej të cilit do të merret sasi e nxehtësisë Q_1 por edhe trup që është më i ftohët, ftohës ku një pjesë e nxehtësisë do t'i dorëzohet Q_2 .**

Prej kësaj shihet se nuk është e mundshme tërë sasia e nxehtësisë të shndërrohet në punë mekanike. Ky gjykim është njëra nga formulimet e parimit II të termodinamikës.

Domethënë, që të fitohet punë e dobishme, përveç kushtit se është e nevojshme ekzistimin e ndonjë trupi që na jep energji (që del prej parimit I të termodinamikës), është e nevojshme të plotësohet edhe kushti i dytë. Duhet të ekzistojnë dy trupa të cilët gjenden në temperatura të ndryshme, pasi nxehtësia mundet të kalon vetëm prej trupit me temperaturën më të lartë te trupi me temperaturë më të ulët, por kursesi anasjelltas. Te procesi i Karnit, gazi do të kryen punë vetëm nëse pjesë e nxehtësisë i jep ftohësit. Motori që do të punon pa dhënë pjesë të nxehtësisë së pranuar, e quajmë „perpetuum mobile prej rendit II“. Parimi II i termodinamikës tregohet edhe me gjykimin „perpetuum mobile të rendit II nuk është i mundshëm“.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është proces reverzibil? Përmend shembull.
2. Pse themi se në natyrë nuk ekziston proces reverzibil?
3. Çka është proces ciklik? Sqaro procesin Karne. Me çka është e barabartë puna te procesi Karne? Si është shenja?

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- proces reverzibil -proce i Karnut
- proces ciklik -principi II i termodinamikës

13.6. KOEFICIENTI I VEPRIMIT TË DOBISHËM (KVD). PRINCIPI I PUNËS SË MAKINËS SË NXEHTËSISË

Koeficienti i veprimit të dobishëm të një motori është raporti ndërmjet punës së fituar të dobishme dhe energjia e futur në të.

Te motori ideal që do të punon me përsëritje të shumfishta të procesit të Karneut, KVD (η) gjendet si:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (1)$$

pasi puna e dobishme është $Q_1 - Q_2$ kurse energjia Q_1 .

Njehsimet tregojnë se ky koeficient është lidhur me temperaturën e ngrohësit T_1 dhe temperaturën e ftohësit T_2 në këtë mënyrë:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2)$$

Sipas Karne, cilido qoftë motor real i nxehtësisë që punon me ngrohës në temperaturë T_1 dhe ftohës në temperaturë T_2 nuk mund të ketë KPT më të madh se koeficienti i veprimit të dobishëm të motorit ideal të nxehtësisë.

Sot te motorët e nxehtësisë, lënda djegëse gjatë djegëjes e zmadhon temperaturën e trupit punues të motorit deri në qinda, ose mija shkallë në krahasim me rrethinën. Megjithatë, shtypja e trupit punues (gjithmonë ai është gaz) zmadhohet dhe ai kryen punë për llogari të energjisë së brendshme. Asnjë motor i nxehtësisë nuk mund të punon gjatë temperaturës së njëjtë të trupit punues dhe rrethinës ku këtu luan rol të ftohësit. Kjo do të thotë gjatë kryerjes së punës te motorët e nxehtësisë patjetër të vjen deri te dhënjë e nxehtësisë prej më të ngrohët të trupave më të ftohët.

Çdo motor i nxehtësisë merr nehtësi prej lëndës djegëse të ngrohët që luan rolin e ngrohësit, kurse një pjesë e asaj nxehtësie patjetër t'ia jep rrethinës, më së shpeshti atmosferës.

Kjo do të thotë se çdo motor me nxehtësi përbëhet prej ngrohësit, trupit punues dhe ftohësit. Paraqitja skematike e motorit të nxehtësisë është dhënë në figurën 4.

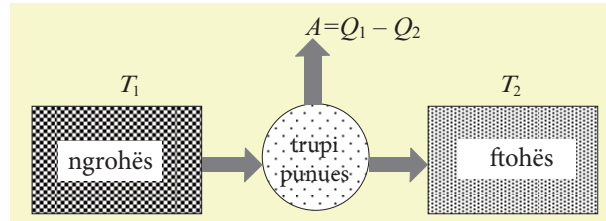


Fig. 1

prej formulës (2) është e qartë se të zmadhohet KVD, temperatura e ngrohësit duhet të jetë më e lartë, kurse e ftohësit më e ulët. Vetëm në kushte $T_0=0$ (zero absolute) $\eta=1$. Ky kusht nuk mund të arrihet. Praktikisht, temperatura e ftohësit zakonisht është temperatura e ajrit ose temperatura e afër asaj. Temperatura e ngrohësit mundet të zmadhohet. Megjithatë, çdo material ku është vendosur ngrohësi ka kufirin e tij të qëndrueshmërisë (pika e shkrirjes), pra nga këto shkaqe as temperatura e ngrohësit nuk mundet shumë të zmadhohet. Detyra themelore e teknikës bashkohore të ndërtimit të motorëve të nxehtësisë është bërja e motorit ku KVD e të cilit më shumë do të afrohet deri të KVD të motorit të nxehtësisë ideale. Kjo bëhet me zvogëlimin e fërkimit, domethënë zvogëlimi të humbjeve të nxehtësisë që pa dobi shpenzohet. Në këtë fushë edhe sot akoma mundet të bëhen përmirsime. Motorët e nxehtësisë, temperatura e së cilës së ngrohësit dhe ftohësit janë $T_1=800\text{K}$ dhe $T_2=300\text{K}$ sipas (2) do të ketë vlerë:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% = 62\%$$

ndërsa te motorët real arrihet vetëm 35-40%. Sot, kur motorët e nxehtësisë i lëvizin automobilat, traktorët, dizel lokomotivat, aeroplanet, anijet etj. detyra për zmadhimin të efikasitetin e motorëve të nxehtësisë kërkon edhe hulumtime tjera të cilat dalin nga kujdesi më i madh i jonë për mjedisin ku jetojmë.

Aspektet ekologjike të makinave të nxehtësisë

Në kohën e sotshme përmirsimi i teknik i makinave të nxehtësisë kërkon edhe hulumtime tjera të cilat dalin prej kujdesit tonë më të madh për mjedisin ku jetojmë.

Lëndët djegëse të motorëve me nxehtësi nuk guxojnë të japin gazëra mbeturina që e helmojnë mjedisin ku motorët punojnë. Kjo nuk guxon të lejohet që të mundet jo vetëm njeriu por edhe gjallesat të zhvillohen normalisht në topin Tokësor, dhe atë jo vetëm sot por edhe në të ardhmen.

Këto gaze shumë ndikojnë edhe në ndryshimin e temperaturës së atmosferës, por me këtë edhe të Tokës. Struktura e ndryshuar e atmosferës i shkatërron efektet e topit Tokësor, pra mund të priten ndryshime të mëdhaja klimaterike edhe jo në të ardhmen e largët. Prej të gjitha këtyre shkaqeve, përsosja e motorëve me nxehtësi kërkon angazhim më të madh të shkencës.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaro si do të jetë motori që do të punonte si edhe Karneut, por në kahe të kundërtë; pikërisht, gazi i gjendjes 1 të kalon nëpërmjet 4-3-2-1 (figura 3). Si do të jetë puna te motori ni këtillë?

(Përgj. 71,6%)

2. Sa është koeficienti i veprimit të dobishëm të motorit të nxehtësisë ngrohësi i të cilit është në 620°C , kurse ftohësi në -20°C ?

(Përgj. 71,6%)

3. Temperatura e ngrohësit te një makinë reale e nxehtësisë ngrohësi i së cilës është në 620°C , kurse ftohësi në -20°C ?

Pak histori



James Prescott Joule (1818 - 1889)

Xhuli ka qenë fizikan britanik. Është marrë me hulumtime eksperimentale. Punimin e parë për ekuivalencën mekanike të nxehtësisë e ka dhënë në vitin 1843. Në moshën 22 vjeçare e ka dhënë ligjin shumë të rëndësishëm përnxehtësinë të prodhuar me rrymë elektrike, sot të njohur si ligji i Xhul-Lenc. Njësia xhul për punë dhe energji e mban emrin e tij.



Sadi Karno (Sadi Carnot, 1796-1832)

Sadi Karno është fizikan francez. Veprën e tij të njohur për ciklusin, që sot e mban emrin e tij, e ka botuar në vitin 1824. Ka vdekur i nga kolera. Në bazë të ideve të tija për teorinë e mekanikës të nxehtësisë Klauzius (1850) dhe B. Tomson Kelvin (1851) e kanë vendosur parimin II të termodinamikës.

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- procesi ciklik
- procesi i Karneut
- principi II i termodinamikës
- koeficienti i veprimit të dobishëm (KVD) të makinës së nxehtësisë
- KVD i makinës ideale të nxehtësisë
- KVD i makinës reale të nxehtësisë

14.1. MBUSHJET ELEKTRIKE. LIGJI PËR RUAJTJEN E MBUSHJEVE

Dy lloje të mbushjeve elektrike

Prej më herët dihet se trupat e fërkuar tërheqin trupa tjerë. Themi se *me fërkim trupat elektrizohen*. Ekzistojnë dy lloje të mbushjeve elektrike (sasi elektrike). Trupat që janë të elektrizuar me mbushje të llojit të njëjtë, si edhe thuprat e qelqit të elektrizuar të fërkuar me mëndafsh, themi se mbajnë **mbushje pozitive**. Ndërsa trupat e elektrizuar me lloj të njëjtë të sasisë së së elektricitetit, si edhe thupra e ebonitit e fërkuar me leskë të leshit, ka **mbushje negative**.

Me prekjen e trupit të elektrizuar mundet mbushjen e vet elektrike ta bart në tjetër trup neutral. Këtë e quajmë **elektrizim me prekje**.

Ndonjë trup a është elektrizuar ose jo, mundemi të kontrollojmë nëpërmjet forcave të cilat paraqiten ndërmjet trupave të elektrizuar. Ato janë **forcat elektrike**.

Elektroskopi (fig.1) është instrument që shfrytëzohen forcat kthyesë ndërmjet trupit një lloj të elektrizuar.

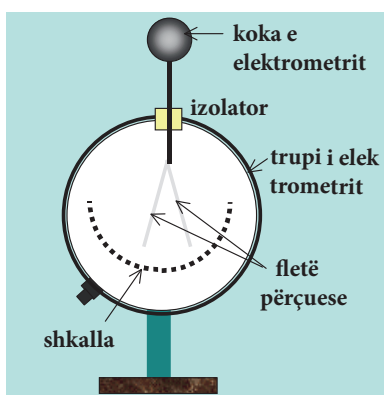


Fig. 1 Elektroskopi. Ky instrument quhet edhe elektrometër nëse trupi i tij është mbështjellur me mbështjellës metalik dhe mund të shërben për matje sikurse do të tregohet më vonë.

Kur koka e elektroskopit preket me trup të elektrizuar, fletët e tij janë elektrizuar një lloj dhe për

këtë shkak mënjanohet. Madhësia e mënjanimi të mbushjes elektrike të sjellur.

E dim se mbushja elektrike e trupit të elektrizuar është për shkak të grimcave të cilat e ndërtojnë pjesën më të imtët që i ka vetitë e njëjta të cilitdo element kimik, atomit. Mjafton të shikojmë paraqitjen themelore skematike të ndërtimit të atomit.

Sipas Radefordit, atomi është ndërtuar prej bërthamës atomike te e cila gjenden dy lloje të grimcave: protone dhe neutrone, dhe mbështjellësi i atomit te e cila lëvizin elektronat negativisht të elektrizuar. (kjo paraqitje për atomin, sipas njohurive bashkohore, është shumë e rëndë, por na do ta shfrytëzojmë për shkak të thjeshtësisë). Protonet janë grimca pozitive të elektrizuar, kurse neutronet janë neutrale. Grimcat te bërthama e atomit fort janë të lidhura me ekzistimin e forcave nukleare. Këto forca janë më të mëdhaja se forcat elektrike rezstuese ndërmjet protoneve. Mbushjen që e kanë është ,mbushje më e vogël quhet mbushje **elektrike lementare** (e).

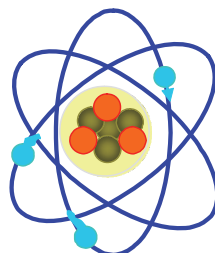


Fig. 3. Paraqitja skematike e atomit dhe litiumit. Numri rendor i tij te sistemi periodik është 3. Ai ka 3 protone dhe 3 elektrone

Po aq mbushje, por pozitiv sipas shenjës, bart vetëm numër të barabartë të protoneve. Numri i protoneve është i barabartë me numrin e elektroneve, prandaj: Atomi në tërësi është elektro-neutral. Elektronet dhe bërthama mbahen te atomi me forca elektrike. Poashtu, elektronet te atomi janë shpërndarë në shtresa.

Ato elektrone të cilat janë te shtresa që janë më të larguara prej bërthamës i quajmë eleketorne valente. Te atomi nuk mund të ketë më shumë se tetë elektrone valente. Elektronet valente janë më dobët të lidhur me bërthamën e atomit, pra për shkak të beshkveprimit të jashtëm ato mund të kalojnë prej një atomi në tjetrin.

Eksperimentet tregojnë se me fërkim elektrizohen dy trupa që fërkohen. Poashtume fërkim mundësohet i ashtuquajtur, „prekje e ngushtë“. Kjo do të thotë se atomet e trupave të gjenden në largësi ndërmolekulare. Gjatë „prekjes së ngushtë“ „prekjes së ngushtë“ elektronet e një trupi mundet lehtë të kalojnë në tjetrën. Mendoni, dukle shqyrtruar figurën 3, pse trupat duhet të fërkohen që të elektrizohen. Si janë mbushje të dy trupave që fërkohen.

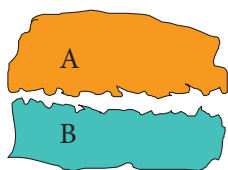


Fig. 3. Trupat A dhe B duhet të fërkohen që të elektrizohen.

Bashkëveprimi elektrik është njëra prej tre bashkëveprimeve themelore në natyrë: e gravitacionit, elektro e dobët dhe nukleare e fuqishme. Forcat elektromagnetike luajnë rol të rëndësishëm në natyrë. Forcat elektrike, forcat e fërkimit, forcat me të cilat mbahen atomet te molekulat, forcat me të cilat trupat e ngushtë të cilët kanë ndërtim kristalor e ruajnë formën e tyre., forcat me të cilat molekulat e lëngut e ruajnë vëllimin e tyre, forcat e tensionit sipërfaqësor dhe shumë forca tjera me të cilat jeni hasur deri më tani, ka natyrë elektromagnetike.

Forcat elektromagnetike me të cilat bashkëveprojnë grimcat e elektrizuara janë shumë të mëdhaja. Ato janë shumë të mëdhaja, shumë më të mëdhaja se forcat e gravitacionit. Megjithatë, veprimi i forcave elektromagnetike ndërmjet trupave zakonisht janë elektroneutrale.

Trup makroskopik është i elektrizuar, nëse ka tepriçë të mbushjeve elementare prej një shenje.

Duke pasur parasysh se elektronet janë grimca të cilat mund ta lëshojnë atomin, trupi negativisht i elektrizuar ka tepriçë të elektroneve, ndërsa trupi pozitivisht i elektrizuar ka mungesë të elektroneve, domethënë tepriçë të mbushjeve të elektroneve, përkatësisht

$$Q = \pm Ne \quad (1)$$

N është numër i plotë. Domethënë, mbushje elektrike te e cila cilido trup i elektrizuar është multipl numër i plotë i mbushjes elementare elektrike. Njësi për mbushjen elektrike është **kulon** (shenja C). Përkufizimin e tij do ta japim më vonë.

Madhësia e mbushjes elektrike elementare është:

$$e = - 1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Ligji për ruajtjen e mbushjeve

Gjatë trupave të elektrizuar vjen deri te zhvendosja e elektroneve. Nëse me krerë e kalojmë disa herë flokun e thatë, lehtë-elektronet e lëvizshme prej fijeve të flokëve do të kalojnë mbi krerë, pra ai do të bëhet negativisht i elektrizuar, kurse fijet e flokëve pozitivisht. Poashtu, mbushja elektrike e krerit dhe të fijeve të flokëve është e barabartë me madhësinë, por me shenjë të kundërt. Prej këtu mund të përfundohe:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n.$$

Shuma algebrike e mbushjeve te sistemi i izoluar ruhet. Nëse në fillim sistemi përbëhet prej trupave të elektrizuar, mbushja e përgjithshme është e barabartë me zero..

Ky ligj është pasojë e drejtpërdrejt e neutralitetit dhe quhet ligji për **ruajtjen e mbushjeve**. Ai vlen në të gjitha proceset e deritanishme të njohura të Tokës dhe të gjithësisë.

Përçuesit dhe izolatorët

Nëse me pllakë metalike të mbajtur me mbajtës izolues lidhen të dy elektroskopat, prej të cilëve i majti është elektrizuar, kurse i djathti jo (fig. 4), mënjanimi do tu bëhen të barabarta. Si e komentoni këtë?

Provën përsëritni, ashtu që në vend të thuprës metalike, do të përdorni thupër qelqi ose vizor plastik. Në këtë rast elektroskopi i majtë do të ngel i elektrizuar, kurse i djathti jo. Nëse eksperimentin e bëni me thupër druri, përsëri mundëni të vjen deri te barazimi i mënjanimeve, por në kohë më të gjatë. Çka përfundoni?

Trupat nëpër të cilët është e mundshme lëvizje shumë të shpejtë të grimcave të elektrizuara (këtu elektrone) quhen **përçuesë**. Të atillë janë të gjithë metalet.

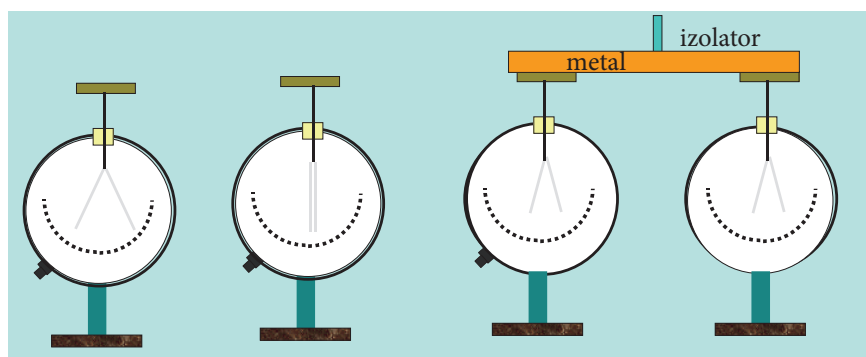


Fig. 4

Ekzistojnë edhe trupa të cilët lëvizja e grimcave të elektrizuara pothuajse në përgjithësi nuk ekziston, ato janë **izolator (dielektrik)**.

Por ekzistojnë edhe trupa të atillë të cilët ekziston lëvizje, por ajo është shumë e ngadalshme. Elementet të cilët përçueshmëria është e pjesërishme, quhen **gjysmëpërçues**.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si thotë ligji për ruajtjen e mbushjeve?
2. Zakonisht gjatë elektrizimit me fërkim shfrytëzohen trupat të cilët janë izolatorë. Çka mendoni a është e mundur të elektrizohen edhe topi metalik?

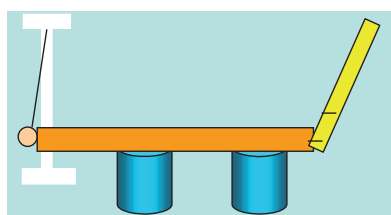


Fig. 5

3. Elektrizoni me fërkim vizorin tuaj. Fërkoni me letër. Kontrolloni se si është elektrizuar. Mendoni se si atë do ta bëni, në disponim e keni thuprën e ebonitit dhe leckën e leshit.

4. Që të kontrolloni cilat trupa janë përçues, por cilët izolatorë, veproni në këtë mënyrë. Bëni një „lavjerës elektrik“. Varni te peri i najllonit top prej stiropori (ose top prej bozeli). Trupi natyrën e të cilit e hulumtojmë vendosni mbi dy gota të qelqit.

Prej një rës anë prekni trupin me thuprën e elektrizuar prej tjetrës trupin me topin e lavjerësit (fig.5). Si do të përfundojmë trupi a është përçues ose izolator?

Sqaroni rëndësinë e çdonjërit prej këtyre koncepteve (Atje ku është e nevojshme përmend shembuj)

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| -elektrizimi | -proton |
| -atomi | -neutron |
| -elektron | -forca elektrike |
| -elektrizimi gjatë prekjës | -elektroskop |
| -bashkëveprimi elektromagnetik | -ligji për ruajtjen e mbushjeve |
| -mbushje elektrike elementare | -përçuesë |
| | -izolatorë |
| | -gjysmëpërçuesë |

14.2. LIGJI I KULONIT

Pjesa e elektromagnetizmit që i studion dukuritë e trupave të elektrizuara të cilët mbushjet janë të qeta quhet **elektrostatikë**. Për në fillim do të supozojmë se trupat e elektrizuara gjenden në vakuum.

Ligjin themelor të elektrostatikës eksperimentalisht e ka futur fizikani francez Sharl Kulon në vitin 1785. Ligji i Kulonit e jep forcën me të cilën bashkëveprojnë dy **mbushje pikash**. Ato janë mbushje të trupave dimensionet e të cilave janë eliminues në krahasim me largësitë ndërmjet tyre. Topa të vegjël të elektrizuara, dimensionet e të cilave janë shumë të vogla prej largësive të tyre të ndërmjetshme, mund t'i llogarisim për mbushje pikash.

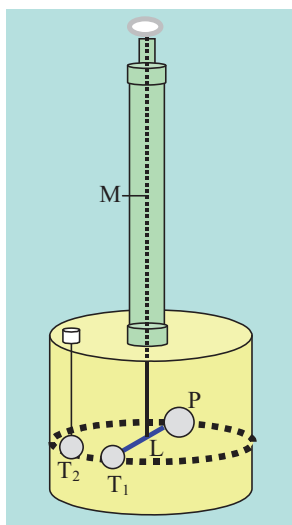


Fig. 1 Ligji i Kulonit për matjen precize të forcave. Te fija e hollë metalike M është varë lev i izoluar L në njërin skaj të të cilit është topi metalik i elektrizuar T_1 kurse në tjetrin kundër peshë P . Matet forca e bashkëveprimit ndërmjet topit T_1 dhe topit tjetër të elektrizuar me dimensione të barabarta T_2 .

Kuloni ka shfrytëzuar terazinë e torzionit (fig. 1) dhe ka ardhur deri te këto përfundimet: -madhësia e forcës për bashkëveprim (refuzimi ose tërheqja) është në proporcion të drejtë me madhësitë e mbushjeve Q_1 dhe Q_2 dhe madhësia e forcës është në proporcion të zhdrejtë me katrorin e largësisë r ndërmjet trupave të elektrizuar. Nëse kjo shkruhet në formë të ligjit, fitohet

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}. \quad (1)$$

Te ky barazim hynë konstanta e proporcionalitetit k . Në sistemin ndërkombëtar të njësive matëse, kjo konstante është:

$$k = 8,9875 \cdot 10^9 \cong 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}.$$

Ligji i Kulonit sipas formës së tij është i ngjashëm me ligjin e Njutnit për gravitacionin. Megjithatë, derisa forcat e gravitacionit ndërmjet trupave gjithmonë janë tërheqëse, forcat elektrostatische mund të jenë tërheqëse dhe refuzuese. Edhe konstanta k e Kulonit është e ngjashme me konstanten e gravitacionit G te ligji i Njutnit për gravitacionin,

por kjo është konstanta shumë e madhe. Konstanta e gravitacionit është numër shumë i vogël. (Kujtohu $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$). Për shkak të kësaj force të gravitacionit vjen në shprehje vetëm në rastin kur masat janë të mëdha, ndërsa forcat e Kulonit ka vlera të rëndësishme kur mbushjet janë të rendit të mijëtat ose të njëqindmijëtat pjesë të kulonit. Ligji i Kulonit shkruhet të ashtuquajturën formën e racionalizuar, sipas së cilës në vend të konstante k futet:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (2)$$

$$\text{ku } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85418 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

quhet konstanta elektrike ose konstanta dielektrike në vakuum. Kjo konstante është njëra prej konstanteve universale në fizikë dhe zakonisht nuk shprehet në njësitë e sipërme por në njësimë F/m , që më vonë do të sqarohet

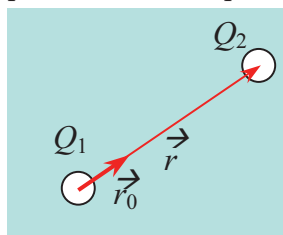


Fig. 2

Me vendosjen e fillimit të koordinatave referente në njërin prej trupave, për shembull trupi 1, atëherë vendpozita e trupit të dytë pikash të elektrizuar është përcaktuar me vektorin \vec{r} (fig. 2), pra ligji i Kulonit për forcën në formë vektoriale me të cilën mbushja e parë vepron mbi të dytin shkruhet:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{r}_0 \quad (3)$$

ku \vec{r}_0 është vektor me madhësi 1, të orientuar një lloj si vektori \vec{r} . Nëse mbushësit Q_1 dhe Q_2 janë të njëjlojtë, forca refuzohet, e orientuar me drejtimin dhe kahen e rreze vektorit. Nëse mbushësit janë të ndryshëm $Q_1 Q_2 < 0$, te formula (3) do të paraqitet shenja „-“. Atëherë forca e është

tërheqëse dhe kahja e saj është e kundërt me rrezevektorin \vec{r}^*

Mendoni, se si është orientuar forca me të cilën mbushja e dytë vepron mbi të parin (Duke pasur parasysh ligjin e tretë të Njutnit).

Provot tregojnë se forca e bashkëveprimit ndërmjet dy mbushjeve nuk ndryshon nëse sillen edhe mbushje tjera.

Kështu, nëse në afërsi të mbushjes Q sillen mbushje $-Q_1$ dhe $-Q_2$, forca e rezultantes ku cila prej këtyre dy mbushjeve do të vepron mbi mbushjen Q përcaktohet si shumë vektoriale e forcave \vec{F}_1 dhe \vec{F}_2 me drejtim të rrezevektorëve \vec{r}_1 dhe \vec{r}_2 dhe kahen të përcaktuar prej mbushjeve (këtu janë forcat tërheqëse) (fig. 3):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (4)$$

Nëse të mbushja Q vepron N mbushje tjera pikash, forca e Kulonit në shumë mbushje do ta fitojmë në mënyrë vektorëve të të gjitha forcave. Poashtu, çdonjëra prej forcave e përcakton me ndihmën e ligjit të Kulonit (barazimi 3).

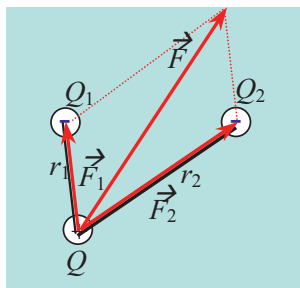


Fig. 3

Forca e Kulonit mund të na mbrojë prej tymit industrial.

Fabrika të ndryshme të cilat punojnë në qymyr ose cementara me hedhjen e gazërave rregullisht lëshon pluhura të imtë tymi të cilat e ndotin ajrin dhe mjedisin të objekteve të atilla industriale.

Me filter elektronik skema e thjeshtë e të cilës është dhënë në fig. 7, është vendosur te oxhaqet e objekteve të këtyra industriale, mundet krejtësisht mirë të pastrohen gazërat prej pluhurave të imtë.

Te ne filtra të këtyllë kanë cementara-Shkup KE - Manastir, dhe FENI-Kavadar.

tel metalik të izoluar, e cila në sakajin e sipërm është lidhur me polin negativ të burimit të tensionit prej 100 000 V. Poli pozitiv i burimit dhe faqeve të oxhaqeve me tokëzimin. Kështu ndërmjet telit dhe faqeve krijohet fushë elektrike shumë e fuqishme. Pasi teli është nën tensionin e lartë negativ, prej saj rregullisht dalin elektrone. Te fusha e fuqishme ato nxitonjë, takohen në grimca të tymit dhe i jonizojnë.

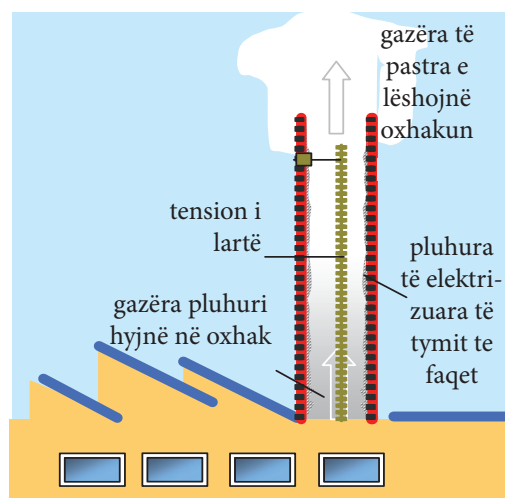


Fig. 5

Pyetje. detyra, aktivitete

1. Njehsoni sa mbushje elektrike (elektrone) ka trup negativisht të elektrizuar me mbushje prej një kuloni. (Përgj. $6,25 \cdot 10^{18} e$)
2. Elektroni refuzohet prej trupit të elektrizuar me ndonjë forcë. Sa do të ndryshon forca refuzuese mbi elektronin kur ai do të largohet në largësi tre herë më i madh?
3. Sa është forca me të cilën protoni prej atomit të hidrogjenit vepron mbi elektronin. Të merret se largësia mesatare ndërmjet këtyre grimcave është 5,3 nm. (Përgjigje: $F = -8,2 \cdot 10^{-8} N$. Shenja „-“ tregon atë se forca është tërheqëse).
4. A mund të ekzistoj mbushje prej $Q = 1,7 \cdot 10^{-19} C$? **Shembull detyrë**
5. Dy topa me mbushje të njëjtë prej nga 100 e (e është mbushje elementare e elektronit) gjenden në largësi prej 10 cm. Çfarë force ekziston ndërmjet tyre?

Zgjidhje: Është dhënë

$$Q_1=Q_2=160 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad \text{Kërkohet: } F=? \\ r=0,1 \text{ m}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{100 \cdot 10^{-19} 100 \cdot 10^{-19}}{0,1^2} = 2,304 \cdot 10^{-22} \text{ N}$$

6. Njehso forcën rezultante me të cilën mbushjet Q_1 dhe Q_2 veprojnë mbi mbushjen Q_3 (fig. 6)

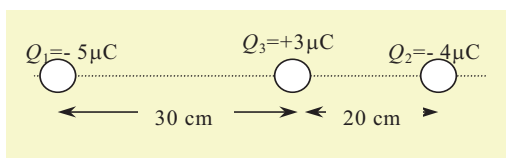


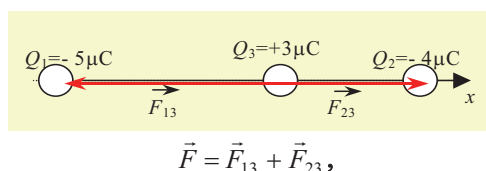
Fig. 6

Zgjidhje: Është dhënë Kërkohet: $F=?$

$$Q_1 = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C}; Q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \text{ dhe}$$

$$Q_{31} = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}; r_1 = 0,30 \text{ m} \text{ dhe } r_2 = 0,20 \text{ m}$$

Te mbushja Q_3 veprojnë dy forca. (fig. 8a)



pasi rreze vektorët janë kolinear, forcat janë me drejtim të njëjtë, por kahe të kundërt. Pra mund të shkruhet $F = -F_{13} + F_{23}$. Pasi :

$$F_{31} = -9 \cdot 10^9 \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0,3^2} = -1,5 \text{ N} \text{ dhe}$$

$$F_{32} = 9 \cdot 10^9 \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0,2^2} = 2,7 \text{ N},$$

atëherë $F = 1,2 \text{ N}$.

Me zëvendësimin e vlerës numerike të $F^2 = F_x^2 + F_y^2$ për forcën fitojmë: $F = 64,5 \text{ N}$.

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore.

Atje ku është e nevojshme përmend shembuj.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| -mbushje pike | -forca e Kulonit |
| -ligji i Kulonit | -forca e Kulonit prej më |
| -konstanta elektrike | mbushje pikash |
| -konstanta dielektirik | -filteri elektrostatik |
| në vakuum | |

14.3. ELEKTRIZIMI NËN NDIKIM

Nëse në afërsi të trupit të elektrizuar gjendet trup neutral, ai do të jetë i tërhequr. Para shumë se 2500 vite Talesi prej Mileti ka vërejtur se copë e qilibari e fërkuar tërheq sende të imta të cilat gjenden në afërsi të tij. Talesi këtë veti të trupave e ka quajtur elektrizim. Pse trupat neutral janë tërhequr prej të elektrizuarit?

Influenca elektrike (induksioni)

Nëse në afërsi të trupit të elektrizuar sillen trup tjetër përçues (thupër metalike), te trupi i dytë do të vjen deri te ndarja e mbushjeve dhe pjesa prej trupit që është pranë trupit të parë do të elektrizohet prej tij, kurse pjesa më e largët të njëllojtë (shiko fig. 1). Dukuronë e quajmë **influenca elektrostatische (induksioni)**. Nëse thuprën të elektrizuar, A e largojmë, trupi B do të bëhet përsëri neutral

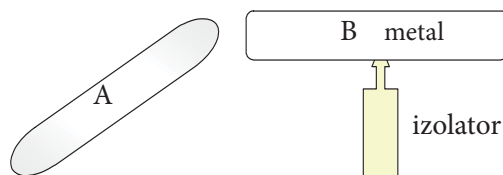


Fig. 1

Duke pasur parasysh atë që e dim se shpërndarja e mbushjeve në realitet domethënë lëvizja elektroneve prej një vendi në tjetrin, kjo dop të thotë se gjatë afrimit të thuprës të elektrizuar pozitivisht ka ardhur deri te lëvizja e elektroneve te trupi B prej të djathtës nga e majta. PPrandaj pjesa e djathtë prej trupit B ka më shumë mbushje pozitive.

Eksperimentin që e realizuam sipër e përshkruam ta bëjmë me ndihmën e dy topave të barabartë metalik, të vendosur mbi izolatorin mbajtës (fig. 2). Roli i trupit B tani e luajnë të dy topat e afruar. Dhe prandaj me afrimin e trupit A deri te ato topi i djathtë do të elektrizohet pozitivisht, prej të majtës nga e djathta. Ka ardhur deri te lëvizja e elektroneve prej topit të djathtë nga i majti.

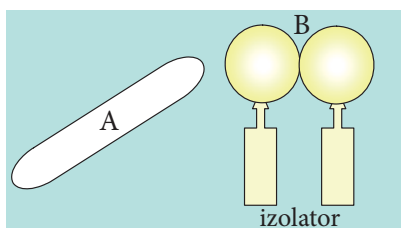


Fig. 2

Në rastin e këtyllë të dy topat mundet në mënyrë të përhershme t'i elektrizojmë të dy topat nëse ve-projmë në këtë mënyrë: akoma është afër trupi A, topat shpejt t'i ndajmë dhe menjëherë topin A ta largojmë. Me prekjen e veçantë të topave me elektroskop të dhënë mund të bindemi se mbushjet e të dy topave janë pikërisht të atillë, sikurse që supozuam (fig. 2).

Megjithatë, në vend të ndarjes së topave, mund të veprimë edhe ndryshe. Deri sa është akoma afër, trupi A, cilido prej topave ta prekim me gisht, Atëherë mbushjet e njëllotja të të palidhura elektrizohen me mbushje prej tokës. Të dy topat do të ngelin të elektrizuar me mbushje të llojit të ndryshëm prej mbushjes së thuprës. Gjatë in-fluencës elektrostatiske trupat që elektrizohen kanë mbushje të ciklat janë ndërmjet veti të barabafrita (të ndryshme skpas shenjës) dhe të barabarta si-kpas mbushjes së trupit që e shkakton influenca. Kjo është vëftetur eksperimentalisht. Në pjesën e zbrazët të një topi, është vendosur koka e një elektroskopin dhe provojmë cikli top është elektrizuar dhe e realizojmë provën te fig. 3

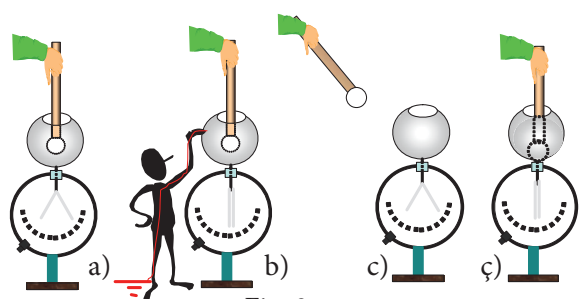


Fig. 3

Eksperimenti prej fig. 3 këlshtu relizohet nën a) Nën ndikimin e tpit të elektrizuar me provuesen, koka e elektroskopit dhe fletëve janë të elektrizuar me mbushje të kundërt, b) me prekje të elek-

troskopit kfryen tokëzim dhe elektrizohet mbushja e pa likdhur pozitive prej fletëve. Pas-taj gishti largohet. c) Kur do të nxirret provuesja, mbushja negative tregon mënjanim të barabartë sikurse te rasti a). ç) Kur do të përket provuesja deri te elektroskopi vjen deri te elektrizimi.



Fig. 4

Induksioni elektrostatisht luan rol të rëndësishëm në natyrë. Ajo paraqitet në kolhën e vetëtimave (fig. 4). Pjesët e poshtme negativisht të elektrizuar të reve indukojnë elektrizim pozitiv të sendeve prej sipërfaqes së Tokës ose prej elektrizimit me induksion ndërmjet reve të ndryshme, Ndërmjet reve dhe Tokës ose ndërmjet pjesëve të ndryshme të elektrizuar të reve paraqitet zbrazja atmosferike, ngjashëm sikurse xixa, e përcjellur me dritë që e quajmë vetëtimë. Zëri që paraqitet është i zhurmshëm. Nëse zbrazja është krijuar ndërm-jet resë dhe ndonjë objekti të sipërfaqes së Tokës, themi se te ai objekt ka rënë rrëfeja.



Fig. 5. Me aktivizimin e makinës së influencës të dy poletg e saj elektrizohen deri te tensione të larta, kështu që ndërmjet tyre mund të parfaqitet xixë (te fotografia djathtas) Duke shfrytëzuar dukujrinë e elektrizimi

Me shfrytëzimin e dukurisë induksionik elektrolstatik dhe dukuria elektrizim me fërkim është e mundshme të fiktohen shumë trupa të elektrizuar. Atë e mundëson instrumenti të cilin e quajmë maqina elektrostatiqe e influencës (fig.5).

Polarizimi elektrostatiq

Elektrizimi nën ndikim nuk është veti vetëm e përçuesëve. Edhe izolatorët janë elektrizuar kur do të gjenden në afërsi të trupit të elektrizuar. Eksperimenti vijues do të na b ind në atë.

Në afërsi të copës së vogël të qelqit që është varur (ose plastike) MM' sillet topi metalik i elektrizuar (fig.6).

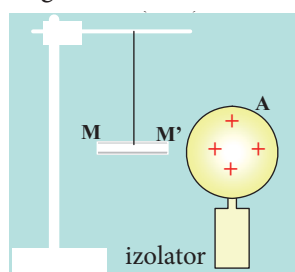


Fig. 6

Copa e qelqit do të vendoset në kahe të rrezes të topit të elektrizuar. Në pamje të parë duket njëjtë sikurse te rasti kur te peri i izoluar do të varim thupër prej përçuesi. Pjesa e thuprës MM' që gjendet afër deri te topi është elektrizuar negativisht, kurse pjesa më e larguar me mbushje, me të njëjtën shenjë sikurse edhe te topi A.

Pasi izolatorët janë trupa te të cilët nuk ka (ose, më saktë i ka në shumë njumër të vogël) grimcat e lira të elektrizuara, kjo do të thotë se te ato nuk është e mundur të lëvizje e lirë e elektroneve. Si ta sqarojmë sjelljen e thuprës MM'?

Në vend të lëvizjes së lirë të mbushjeve, te izolatorët vjen deri te rigrupimi i grimcave të elektrizuara te atomet, përkatësisht molekula. Te numri më i madh i izolatorëve qendra e resë elektronike (të shënuar me ngjyrë të kaltër në fig 7a) puhitet me bërthamën pozitive te atomi. Por nën ndikimin e trupit të elektrizuar elektronet janë rigrupuar në një rënë anë të atomit

ose molekulave, pra ajo bëhet më shumë negative (ose pozitive) se sa ana tjetër (fig. 7b). Atomi ose molekula polarizohen. Dukurinë e quajmë polarizim. Molekujat ose atomet bëhen dipol elektrik elementar të vogël (fig. 7).

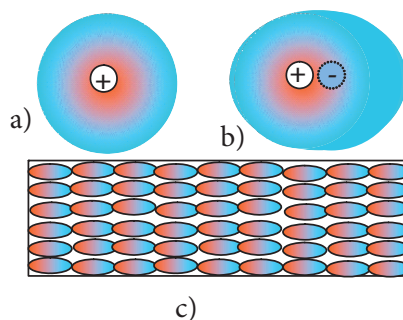


Fig. 7. Të gjitha atomet ose molekulat në afërsi të sipërfaqeve nga dhe prej trupit të elektrizuar bëhen të elektrizuar. Mbushjet sipërfaqësore të anëve të kundërta janë të barabarta sipas madhësisë, por të kundërta sipas shenjës

Tani është e qartë se pse trupat e elektrizuar i tërheqin neutralët.

Trupat neutral elektrizohen nën ndikim. Poashtu, ato polarizohen ashtu që pjesët me mbushje të llojllojshme janë më afër burimit, se sa me mbushje të njëjtë. Në pajtim me ligjin e Kulonit, forcat tërheqëse ndërmjet trupit dhe burimit janë më të mëdhaja (largësia ndërmejt mbushjeve të llojllojshme është më e vogël) prej atyre që refuzohen. Trupi si tërësi tërhiqet.

Duhet të përmendet se disa dielektrik kanë molekula te të cilët mbushjet nuk janë të shpërndarë njëtrajtësisht. Molekulat e tyre janë **dipole elektrike**.

Me dipol elektrik nënkuptohet sistemi prej dy të njëjtëve sipas madhësisë, mbushje të llojllojshme, të vendosur në largësi të vogël.

Pyetje, dedgtyra, aktivitete

1. Në disponim keni copë lecke prej leshi dhe thupër të ebonitit. A do të mundeni topi metalik të dhënë ta elektrizoni pozitivisht?
2. Sqaroni eksperimentin nga fig. 8.

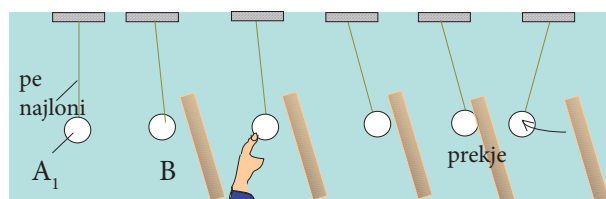


Fig. 8. B është thupra e ebonikti e fërkuar me leckë të leshit. Shqyrtoni çka ndodh me topin kur B do t'i afrohet, pëasi më shumë i afrohet pas prekjes me gisht, si dhe pse pas prekjes së tyre reciproke topi i aluminit largohet prej thuprës së elektrizuar

3. Realizoni këtë eksperiment: merrnik gyp plastik, për lëng të pakeluar në letrën e ambalazhës. Grisni letrën nga njëra anë dhe shumë herë fërkoni gypin duke futur dhe duke nxjerrë prej brendësisë së mbështjelëse së letrës. Pastaj nxirrni i gypin dhe afroni deri te muri i dhomës. Çka do të ndodh? Sqaroni eksperimentin.

Eksperiment të ngjashëm mund të bëni me balon të fryerë të frkuar për qilimi tuaj.

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore.

Atje ku është e nevojshme përmend shembuj.

-influenca	-vetëtima
elektgrike	-rrëfeja
-dipili elektrik	-polariteti elektrik
-elektrizimi i përhershëm me influencë	-dipoli elektrike
-zbrazja atmosferike	elementar

14.4. FUSHA ELEKTRIKE. VIJA E FORCAVE ELEKTRIKE

Fuqia e fushës elektrike

Forcat elektrike paraqiten ndërmjet trupave të cilët janë në kontakt njëri me tjetrën, por gjithashtu edhe ndërmjet trupave të cilët nuk janë në kontakt. Tani më e kemi të njohur se ndërmjet trupave me masë ashtu veprojnë edhe forcat e gravitacionit. Themi se rreth trupit me masë të caktuar paraqitet fusha e gravitacionit. Ngjashëm, në hapësirë mund të jepet përkufizimi për këtë madhësi fizike: rreth çfarëdo trupi të elektrizuar krijohet fushë elektrike. Trupin e

elektrizuar e quajmë burim të fushës elektrike. Nëse mbushjet janë të qeta, themi se atë janë burim të fushës elektrike. Për tani na do të mbështetemi pikërisht në fushat e atilla.

Me eksperiment tregohet se nëse në afërsi të ndonjë burimi të fushës elektrike sillen tjetër trup me ndonjë forcë me mbushje Q_{pr} ; burimi i fushës do të vepron në të trupin e sjellur me ndonjë forcë. Është treguar se forca me të cilën burimi vepron mbi mbushjen e sjellur varet prej asaj ku gjendet mbushja e sjellur, si është burimi i fushës, por prej asaj sa është madhësia e mbushjes së futur. Që të futet madhësia fizike e cila do ta përshkruan atë fushë në pikën e dhënë, forca me të cilën fusha vepron mbi mbushjen provuese të futur shkruhet:

$$\vec{F} = Q_{pr} \vec{E} \quad (1)$$

Te ky barazim e futëm madhësinë fizike madhësia fizike vektoriale \vec{E} - fuqia e fushës elektrike (që shpesh, shkurtimisht quhet, „fusha elektrike“). Kjo madhësi nuk varet prej asaj sa është mbushja provuese Q_{pr} . Fuqia e fushës elektrike varet vetëm prej burimit të fushës (sa është mbushja si dhe prej asaj çfarë është shpërndarja) dhe prej vendpozitës së pikës në të cilën na intereson fusha. Te pikat e ndryshme fuqia e fushës elektrike është e ndryshme. Nëse te formula (1) e shkruajmë në këtë formë:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_{pr}} \quad (2)$$

Mund të jepez ky përkufizim të kësaj madhësie fizike

Fuqia e fushës elektrike te pika e dhënë prej fushës është përcaktuar me forcën me të cilën fusha vepron mbi mbushjen njësi pozitive të sjellur në atë pikë.

Prej barazimit (2) mund të futet njësia për matje të fuqisë së fushës elektrike. Nëse te fusha elektrike vepron me forcë prej një njutni (1N) të mbushjes pikash prej një kuloni

pozitiv (+1C) të vendosur në pikën e dhënë, atëherë në atë pikë do të ekziston fushë me madhësi një njuton në kulon (1 N/C). Përmendim se në SI kjo njësi shpesh shpreh si volt në metër (V/m), Forca me të cilën bashëveprojnë dy mbushje pikash është përcaktuar me ligjin e Kulonit. Nëse burimi i fushës Q_1 e shënojmë me Q , kurse mbushja Q_2 e llogarisim për mbushje provuese Q_{pr} , Ligji i Kulonit mund të shkruhet si:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_{pr}}{r^2} \vec{r}_0$$

kurse për fuqinë e fushës të krijuar prej mbushjeve pikash fitohet

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_{pr}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{r}_0 \quad (3)$$

Te fig 1 janë dhënë shenjat e përdorura te relacionet (3) për fushën te pika M.

Për të gjitha pikat me largësi të barabarta, fuqia e fushës elektrike ka madhësi të tënjëjtë dhe është orientuar radialisht sikurse edhe forca, Prandaj është fushë radiale.

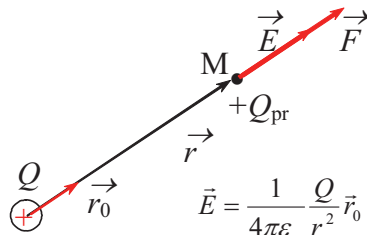


Fig.1 Fusha elektrike \vec{E} e mbushjes pozitive pikash te cilado pikë M gjithmonë është orientuar në kahen e rrezevektorit \vec{r} njëllorj sikurse forca \vec{F} me të cilën mbushja Q vepron në mbushjen provuese Q_{pr} .

Kahja e fuqisë së fushës elektrike është prej burimit të fushës, nëse burimi është pozitiv, por nga burimi, nëse mbushja e tij është negativ (fig. 2a dhe 2b).

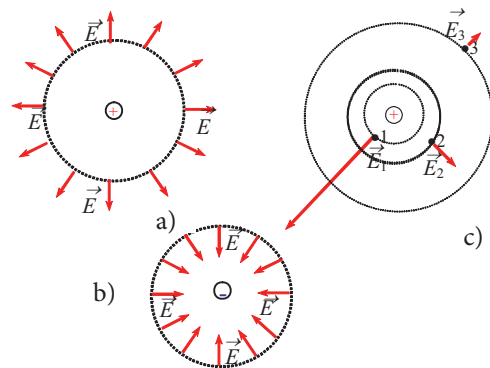


Fig.2.a) Fusha elektrike e mbushjes pozitive pikash në vende me largësi të barabarta, b) Fusha elektrike e mbushjes negative pikash në vende me largësi të barabartë, c) Fusha elektrike e mbushjes pozitive pikash në vende me largësi të ndryshme

Sikurse shihet prej relacionit (3) dhe figurës 2c madhësia e fushës elektrike të mbushjes pikash zvogëlohet me katrorin e largësisë. Fusha nuk është homogjene. Është treguar se sfera e elektrizuar njëtrajtësisht në hapësirë rreth saj krijon fushë njëllorj sikurse mbushja pikash, të barabartë me mbushjen e sferës, të vendosur në qendrën e saj.

Principi i superpozicionit. Fusha e pajtueshme

Shpesh fusha nuk është krijuar prej një mbushje pikash, por prej shumë (për shembujll n) fusha pikash. Në rastin e këtillë të fushës elektrike të pajtueshme, nëse në pikën e dhënë fuqitë e fushave të krijuara prej atyre mbushjeve janë $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3 \dots \vec{E}_n$, fusha e resultantës fitohet si shumë e tyre vektoriale

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (4)$$

(Shenja $\sum_1^n \vec{E}_i$ (sigma) domethënë shumë)

Mbledhja e këtillë e fushave quhet principi i superpozicionit. Ai princip eksperimentalisht është vërtetua.

Megjithatë, më së shpeshti fusha elektrike është krijuar prej trupit të elektrizuar, që mund të pranohet forma të ndryshme. Mbushja e trupit zakonisht e llogarisim për shumë prej shumë

mbushjeve pikash dhe pastaj përsëri shfrytëzohet relacioni (4). Fusha e këtillë është e pajtueshme, dhe njehsimi i saj është e mundur vetëm për numër të rasteve të caktuara, kur bëhet fjalë për trupa të rregullt gjeometrik.

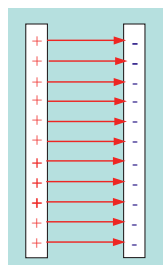


Fig. 3

Fusha elektrike homogjene

Eksperimentet dhe teoria tregojnë se në afërsi të rrafshit shumë të madhe (teorike e pafundshme), që është e elektrizuar e njëtrajtshme,

krijohet fushë homogjene. Ajo është fushë madhësie e së cilës, kahja dhe drejtimi në çdo pikë janë të pandryshueshme, Madhësia e kësaj fushe varet prej dendësisë sipërfaqësore të mbushjes (σ), e përcaktuar ndërmjet mbushjes Q dhe syprinës S të rrafshit të dhënë:

$$\sigma = \frac{Q}{S} \quad (5)$$

Fusha elektrike e krijuar në afërsi shumë të madhe njëtrajtësisht e elektrizuar është homogjene, e orientuar në drejtim normal të rrafshit edhe sipas madhësisë së përcaktuar me

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \quad (6)$$

Vektori i fushës E është orientuar normalisht prej rrafshit, nëse ai është pozitivisht i elektrizuar, por nda asaj, nëse është negative e elektrizuar.

Dy rrafshet e elektrizuara me dendësi të barabarta sipërfaqësore (fig.3), por të kundërta sipas shenjës, gjithashtu, krijojnë fushë homogjene madhësia e së cilës është dy herë më e madhe, që është e qartë prej fig. 4.

Madhësia e fushës elektrike ndërmjet dy pllakave të elektrizuara njëtrajtësisht është dhënë me relacionin

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad (7)$$

ku Q është mbushja, S syprina e pllakave, kurse ϵ_0 është konstnata dielektrike në vakuum.

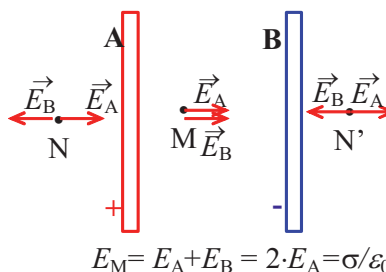


Fig 4. Ndërmjet pllakave të elektrizuara të ndryshme fushat mblidhen, ndërsa majtas dhe djathtas prej tyre, te pikat N dhe N', fushat janë të barabarta me zero.

Vijat e forcave elektrike

Fusha elektrike si vektor tani më ne e tregojmë në figurat 2 dhe 3. Shmë më të qartë fusha elektrike mund të jetë paraqitur me ndihmën e vijave të forcës elektrike (fig. 5).

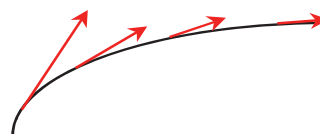


Fig. 5

Vijat e forcave elektrike tangjenta e së cilës janë vija të paramenduara në cilëndo pikë të saj puthiten me drejtimin dhe kahen e vektorit të fuqisë së fushës elektrike, por sipas të cilave prej gjendjes të qetësisë do të lëviz mbushja pozitive provuese elektrike.

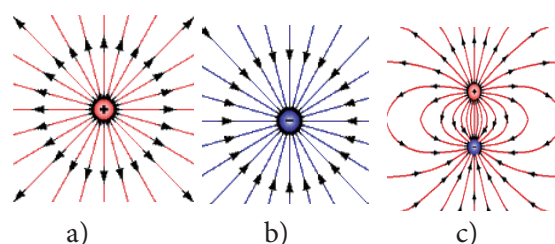
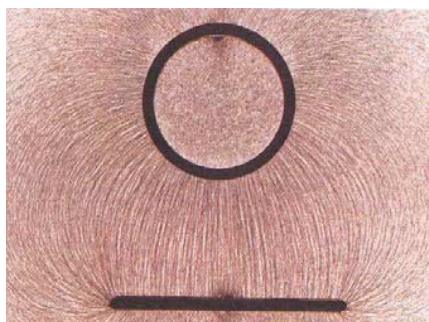


Fig. 6. a) Vijat e forcave elektrike rreth mbushjes pozitive pikash b) Vijat e forcës elektrike rreth mbushjes negative pikash c) Vijat e forcës elektrike rreth dy mbushjeve të ndryshme. Të gjitha vijat qëndrojnë në rrafshin e vizatimit

Te figura 6 janë dhënë vizatimet e vijave të forcës të disa fishuave konfigurative. Sikurse mund të shihet prej kësaj figure, vijat e forcës elektrike fillojnë me vendet ku gjenden mbushjet pozitive, por mbarojnë atje ku mbushjet janë negative. Atje ku vijat e forcës elektrike janë më të dendura, fusha është më e fuqishme. Te fusha homogjene (fig. 3) vijat e forcës elektrike janë të drejta, të barabarta të dendura.

Pasi në çdo pikë prej fushës, në të cilën $E \neq 0$, kalon vija e forcës, nuk është e mundshme të vizatohen të gjitha, prandaj, sipas marrëveshjes vijat e forcës vizatohen ashtu, që dendësia e tyre të jetë më e madhe ku fuqia e fushës është më e madhe. Kjo do të thotë se **numri i vijave të forcës të cilat kalojnë nëpër njësi sipërfaqes të vendosur normal në vijat, është proporcionalisht (ose e barabartë) të madhësisë së vektorit \vec{E} .**



Unazë e elektrizuar e llojlojshme dhe rrafsh Në brndësinë e unazës nuk ka fuqi

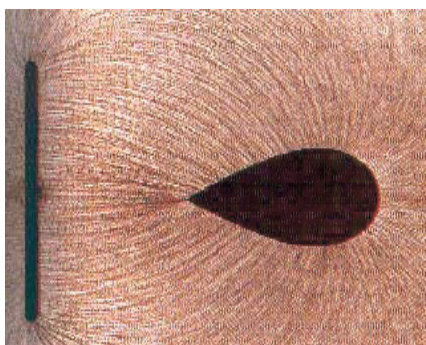


Fig. 7

Pllakë e llojlojshme e elektrizuar dhe objekt i vrimezuar. Në afërsi të vrimes janë më të dendura

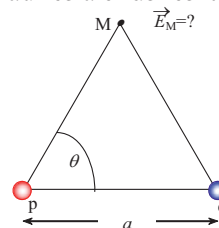
Me vendosjen e pjesëve të vogla të imta prej fijeve ose grimcave tjera (griz) në vaj mund të bëhen fotografi të vijave të forcës elektrike ku gjatë konfiguracioneve të ndryshme të fushës. Te fotografia e figurës 7 janë dhënë kështu vijat e forcave elektrike të dhëna.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Në fushën e mbushjes pikash te ndonjë pikë P janë sjellur mbushje provuese të ndryshme pikash: $Q_{pr} = +3 \text{ C}$; $Q_{pr} = -1 \text{ C}$; $Q_{pr} = +10 \text{ C}$. A do të ndryshon fuqia e fushës elektrike te pika P? Nëse përgjigja është pozitive, si dhe pse?
2. Dihet fuqia e fushës prej mbushje pikash te pika e larguar për largësi të caktuar prej burimit. Si është fusha te pika e cila gjendet në largësi të dyfishtë prej burimit?
3. A është e mundshme vijat e forcëselektrike të priten?

4. SHEMBULL DETYRE

Proton dhe elektron gjenden në dy kulme prej trekëndëshit barabrinjës me brinjë $a = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Sa është madhësia e fushës te kulmi i tretë?



Сл. 8

Zgjidhje:

Është dhënë:

$$Q_1 = 1,6 \cdot 10^7 \text{ C}$$

$$Q_2 = -1,6 \cdot 10^7 \text{ C}$$

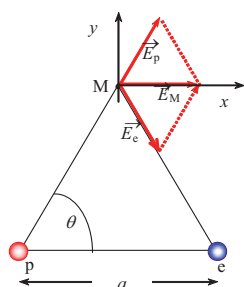
$$a = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Kërkohe:

$$E_M = ?$$

Te pika M mendojmë që është sjellur $+1 \text{ C}$ dhe vendosim fikllim të koordinatave.

Fusha e rezultantes do të jetë se shmë vektoriale e krijuar prej protonit dhe fushës së krijuar prej elektronit (fig. 9).



Prej vizatimit shihet se rezultanta e fushës ka vetëm x-komponenta madhësia e të cilave është

$$E = 2E_p \cos \theta \cdot \text{pasi } \theta = 60^\circ, \cos \theta = 1/2 \text{ dhe } \cos \theta = 1/2 \text{ dhe } E_p = E_e = 9 \cdot 10^9 \frac{e}{a^2} \text{ por}$$

mbushje elektrike, me zëvendësim të vlerave numerike fitohet $E_M = 1,6 \cdot 10^2 \text{ N/C}$

5. Me ndihmën e programit kompjuterik "Fusha elektromagnetike", përkthim prej "EM Field" prej D. Trowbridge, Microsoft Corporation and Bruce Sherwood, CIL and Dept. Of Physics, Carnegie Mellon University, 1998 shqyrtoni se duken vijat e forcave elektrike të:a) 2 mbushjeve të njëllota, b) mbushjeve të llojllojshme, c) 3 mbushje pikash me shenjë të njëjtë të vendosur në tehet e trekëndëshit baranrinjës. Radhitni mbushje pikash njëri pranë tjetrit, ashtu që simuloni rrafsh. Vizatoni vijat e forcave në „rrafshin" e këtu.

Për shfrytëzimin e programit shërbehuni me udhëzimin detal të dhënë nga Instituti për fizikë. PMF, Shkup, 1001. -fusha elektrike-burimi i fushës elektrike-fuqia e fushës elektrike-fusha homogjene.

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore.

Atje ku është e nevojshme përmend shembuj.

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| -fusha elektrike | -fusha radiale |
| -burimi i fushës elektrike | -principi i superpozicionit |
| -fuqia e fushës elektrike | -fusha epajtuar |
| -fusha homogjene | -fuqia e fushës të mbushje pikash |
| -vijat e fushës elektrike | |

14.5. PUNA DHE ENERGJIA NË FUSHËN ELEKTRIKE

Puna gjatë lëvizjes në fushën elektrike homogjene.

Çdo trup i elektrizuar në fushën elektostatike nën veprimin e forcës elektostatike lëviz, domethënë kryen punë. Të shohim prej çka varet kjo punë do të supozojmë se mbushja gjendez në fushën elektrike homogjene (fig. 1). Të shqyrtojmë dy pika A dhe B, vendpozita e të cilëve, në lidhje me rrafshin pozitiv, është përcaktuar me largësitë d_A dhe d_B .

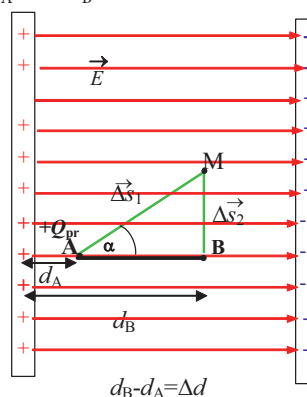


Fig. 1 Mbushja provuese kryen punë të njëjtë nëse lëviz nëpër gjatësinë e drejtëzës AB, si edhe nëpër gjatësinë e vijave AM dhe MB.

Punën që e kryen forca e fushës gjatë bartjes së mbushjes $+Q_{pr}$ prej pikës A në pikën B nëpër gjatësinë e drejtëzës $AB = \Delta$ është dhënë me:

$$A = F\Delta s = Q_{pr} E\Delta d = Q_{pr} E(d_B - d_A) \quad (1)$$

psi zhvendosja kryhet në drejtim dhe kahe të forcës.

Nëse mbushjet zhvendosen nëpër gjatësitë e vijave A-M dhe M-B, puna do të jetë e dhënë me

$$A = A_1 + A_2 = Q_{pr} E\Delta s_1 \cos \alpha + Q_{pr} E\Delta s_2 \cos 90^\circ = Q_{pr} Ed \quad (2)$$

pasi $Ds_1 \cos\alpha = \Delta d$. Shihet se puna e kryer nëpër vijën e rrugës A-M-B është e barabartë me punën që kryhet gjatë zhvendosjes direkte. Këtë punë e kryen forca elektrostатike e fushës dhe ajo është pozitive. Nëse duam mbushjen $+Q_{pr}$ ta zhvendosim në kahen e kundërt, zhvendosja do të jetë me kahe të anasjelltë në lidhje me forcën, domethënë puna duhet të kryhet jashta dhe ajo atëherë do të jetë negative.

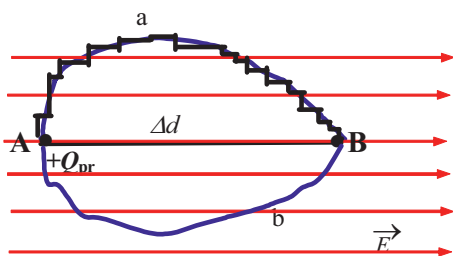


Fig. 2

Figura 2 mund të na sqaroj se puna e kryer nëpër vijën A-a-B gjithashtu është e barabartë me punën e kryer gjatë zhvendosjes direkte. Për këtë qëllim, lakorja A-a-B nëpër të cilën lëviz mbushja e zëvendësojmë me lakore shkallore me numër të madh të shkallëve të vogla. Gjatë zhvendosjes nëpër gjatësinë e njëres prej shkallëve të atilla në kahen normale në \vec{E} , puna nuk kryhet. Te pjesët paralele me vektorët \vec{E} kryhet puna, pra kur do të mbledhen gë gjitha punët, fitohet rezultati i dhënë me relacionin (2). Prandaj, mund të përfundohet:

Puna që kryhet në fushën elektrostатike nuk varet prej asaj se si është vija e rrugës nëpër të cilën zhvendoset mbushja, ajo do të varet vetëm prej pozitës së fillimit dhe të mbarimit të mbushjes. Nëse puna e kryejnë forcat e fushës, ajo është pozitive, në kahe të kundërt të kahes së forcave, ajo është ozitive, për nëse puna kryhet prej forcave të jashtme, në kahe të kundërt të kahes së forcës të fusha, ajo është negative.

Si pasojë paraprake, nëse mbushja paraprake zhvendoset nëpër vijën rrugore të mbyllur A-a-B-b-A, puna e përgjithshme është e barabartë

me zero.

Te fusha elektrostатike puna e përgjithshme nëpër vijën e lakuar të mbyllur është e barabartë me zero. Kjo është veti shumë e rëndësishme e fushës elektrostатike. Vetë të atillë, ka edhe fusha e gravitacionit. Fusha është, themi potenciale, por forcat që në fushat e këtilla veprojnë, janë kontervative. Theksojmë se py përfundim vlen edhe për fushat johomogjene, për shembull për fushën radiale të mbushjes pikash.

Do të kthehemi përsëri te figura 1. Sqaruar se mbushja provuese $+Q_{pr}$ duke lëvizur nëpër gjatësinë e fushës kryen punë. Mendono, nëse ndonjë trup kryen punë, a ndryshon energjia e tij potenciale? Përkujtohuni çka ndodh me energjinë potenciale të trupit që është nën ndikimin e peshës së Tokës bie prej ndonjë lartësie. Atëherë trupi duke rënë e zmadhon energjinë e tij, për energjia e tij potenciale bëhet më e vogël. Duke pasur parasysh atë që përmendëm paraprakisht, çka përfundoni për mbushjen të pikat A dhe B? Përgjigja është në pajtim me vetinë e rëndësishme të çdo fushe të forcave konzervativ:

nëse fusha është konzervative dhe puna varet prej formës së trajektorës së trupit, atëherë ajo është e barabartë me ndryshimin e energjisë potenciale të trupit, të marrun me shenjë. (Për këtë më mirë keni mësuar në mekanikë).

Duke përcjellë këtë përfundim dhe relacioni (1) mund të shkruhet:

$$\begin{aligned} A &= -Q_{pr} E(d_B - d_A) = Q_{pr} E(d_A - d_B) = \\ &= -(W_{pB} - W_{pA}) = -\Delta W_p \end{aligned} \quad (3)$$

Në këtë relacion me W_{pA} dhe W_{pB} janë shënuar energjitë potenciale të pikat A dhe B. Prej këtu vijon se energjia potenciale e mbushjes $+Q_{pr}$ të fusha elektrike homogjene E është dhënë me relacionin:

$$W_p = Q_{pr} Ed \quad (4)$$

ku d është largësia deri te pllaka e majtë, Nëse fusha kryen punë pozitive, energjia potenciale zvogëlohet $\Delta W_p < 0$. Në të njëjtën kohë, në pajtim me ligjin për ruajtjen e energjisë, energjia

e tij kinetike zmadhohet. Dhe anasjelltas, nëse trupin pozitivisht të orientuar e lëvizim përballë fushës (\vec{E}), kryhet punë negative dhe energjia e tij potenciale zmadhohet. Gjatë lëvizje nëpër lakoren e mbyllur, trupi nuk e ndryshon energjinë dhe, në pajtim me (3), puna e kryer është e barabartë me zero.

Ose, të përgjithsojmë:

Puna që kryhet gjatë lëvizjes të mbushjes prej pozitës 1 në pozitën 2, në cilëndo fushë elektrostatische (jo vetëm homogjene) nuk varet prej trajektore.

Potenciali elektrik. Tensioni

Energjia potenciale e trupit të elektrizuar në fushën e dhënë varet prej mbushjes së tij. Megjithatë, madhësia e përcaktuar me raportin ndërmjet energjisë potenciale të trupit dhe mbushja provuese e sjellur në pikën e dhënë është gjithë madhësi vetëm prej vend pozitës të asaj pike dhe prej burimit të fushës. Ajo madhësi e prshkruan fushën dhe quhet potenciali elektrik φ :

$$\varphi = \frac{W_p}{Q_{pr}} \quad (5)$$

Prej këtij relacioni mund të jepet kjo rëndësi fizike e potencialit elektrik. Potentiali elektrik prej pikës së dhënë që do ta ketë njësinë të mbushjes potenciale të sjellur në atë pikë.

Ngjashëm si edhe energjia potenciale dhe potenciali varet prej zgjedhjes së pozitës së zeros referente. Rëndësia praktike ka jo vetëm potencial, por ndryshimi i potencialit i cili nuk varet prej nivelit zero për njehsimin e potencialit. Në pajtim me relacionin (3) dhe (5), puna e kryer mund të shkruhet me:

$$A = -Q_{pr}(\varphi_2 - \varphi_1) = -Q_{pr}\Delta\varphi \quad (6)$$

Më së shpesht në fizikë përdoret madhësia

tensioni elektrik U që përkufizohet si ndryshim të potencialit ndërmjet pikës fillestare dhe të mbarimit

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = -\Delta\varphi \quad (7)$$

Duke pasur parasysh dy barazimet e arapake, për tensionin fitohet:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{Q_{pr}} \quad (8)$$

Tensioni elektrik ndërmjet dy pikave prej dy fushave elektrostatische të dhëna është masë për punën që e kryejnë forcat elektrike gjatë lëvizjes së mbushjes pozitive njësi prej pikës fillestare dhe të mbarimit.

Njësia për matjen edhe të potencialit edhe të tensionit në SI është volti. Nëse gjatë zhvendosjes së mbushjes pozitive njësi (+1 C) prej një pike në tjetrën kryhet punë përej një xhul, atëherë ndërmjet atyre dy pikave ekziston tension prej një volti.

Vetëm tensioni, përkatësisht ndryshimi i potencialeve ndërmjet dy pikave ka kuptim të caktuar fizik, pasi puna plotësisht është përcaktuar vetëm nëse dihet pika e filëlimit dhe të mbarimit të zhvendosjes të mbushjes. Prandaj, kur flasim për tensionin, gjithmonë i kemi ndërmend dy pika ndërmjet të cilave ekziston tension të Tokës ka potencial të brabartë me zero

Potenciali i fushës të krijuar prej dy mbushjeve pikash

Nxjerrja e relacionit për potencial të mbushjes pikash Q është shumë e ndërlikuar, prandaj ne do ta japim të gatshme:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad (9)$$

Në këtë barazim r është largësia ndërmjet pikave të cilat që na intereson potenciali dhe burimin. Sikurse shihet, edhe potenciali, sikurse edhe fuqia e fushës elektrike, janë të barabarta për të gjitha pikat që shtrihen te sfera me rreze të bara

bartat me rrezen. Shihet se potenciali ($Q>0, \varphi>0$) dhe anasjelltas ($Q<0, \varphi<0$).

Duke pasur parasysh relacionin (8), nëse $\varphi_2=0$, për potencialin φ_1 fitohet

$$\varphi_1 = \frac{A}{Q_{pr}} \quad (10)$$

pra vijon: potenciali i fushës elektrike të krijuar prej mbushjes pikash të ndonjë pike është e barabartë me punën që duhet të kryhet për tu bartur në pakufi mbushja pozitive nësi..

Nëse fusha është krijuar prej më shumë (1,2, ...n) mbushje pikash, potenciali të ndonjë pikë prej asaj fushe përcaktohet me relacionin:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum_1^n \varphi_i \quad (11)$$

që është në pajtim me principin e fushave të superpozicionit. Këtu bëhet fjalë për shumën algjebrike, pasi potenciali mund të jetë pozitiv ose negativ.

Lidhja ndërmjet fuqisë së fushës dhe potencialit

Fuqia e fushës elektrike dhe fushës potenciale dhe potenciali janë madhësi fizike të cilat e përshkruajnë fushën elektrostatische. Fuqia e fushës është karakteristikë vektoriale (përkujtoheni në përkufizimin!), kurse potenciali elektrik (tensioni) është karakteristikë energjetike (skalare) e fushës. Është e qartë, ato dy madhësi janë të lidhura ndërmjet veti. Më thjesht lidhjen e gjejmë në rastin e fushës homogjene (fig. 3),

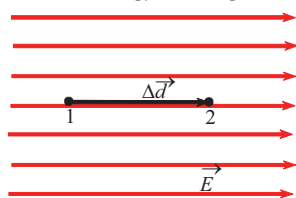


Fig. 3

Ndonjë mbushje Q le të zhvendoset në ndonjë kahje të fushës \vec{E} prej pikës 1 në pikën 2. Punën që e kryejnë forcat e fushës është dhënë me:

$$A = QE\Delta d \quad (12)$$

ku Δd është madhësia e zhvendosjes së mbushjes. Në pajtim me (8) ajo punë është:

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) = QU \quad (13)$$

pasi anët emajtja të këtyre barazimeve janë të njëjta, vijon se:

$$QE\Delta d = QU \quad ; \quad E\Delta d = U \quad ; \quad E = \frac{U}{\Delta d} \quad (14)$$

Në këtë barazim U është ndryshimi i potencialit ndërmjet pikave 1 dhe 2, por Δd është madhësia e zhvendosjes Δd , e cila sipas kahes dhe drejtimit puthiten me \vec{E} . Pasi moduli i vektorit \vec{E} është pozitiv, vijon $p_1 > p_2$. Fuqia e fushës gjithmonë është orientuar nga zvogëlimi i potencialit.

Prej relacionit (15) është, gjithashtu, qartë pse në sistemin Ndërkombëtar të njësiuve matëse, si njësi për matjen e fuqisë së fushës merret një volt në metër.

Fusha e cila nuk është homogjene mund të ndahet me zona të vogla të cilat do të mund të llogaritet se fuqia e fushës nuk ndryshon, domethënë është homogjene. Pra nëse kështu merret, relacioni (15) vlen edhe në përgjithësi, nëse zhvendosja Δd është ashtu e vogël që ndryshimet e fuqisë së fushës mundet të eliminohen.

Sipërfaqet ekuipotenciale

Kur mbushja Q zhvendoset normalisht në vijat e forcave, atëherë nuk kryhet punë (shiko figurën 1). Kjo do të thotë, nëse të hapësira tërhiqet sipërfaqe që është normale në vijat e forcave elektrike, gjatë lëvizjes së mbushjes pas saj nuk ka për tu krye punë

Të gjitha pikat e sipërfaqes së atillë kanë potencial të barabartë.

Vendi gjeometrik i pikave me potencial të njëjtë quhen sipërfaqe ekuipotenciale.

Për fushën homogjene ekuipotenciale janë rrafshet, por në rastin e mbushjes së pikave ato janë sfera koncentrike të qendra të cilit është mbushja.

Fusha e krijuar prej përçuesit sferik, për pikat që gjenden jashta prej tij, është gjithashtu edhe fushë të krijuar prej mbushjes së pikave të vendosur në qendrën e asaj sfere (fig.5)

Ngjashëm sikurse edhe vijat e forcave elektrike, dhe sipërfaqet ekvipotenciale në mënyrë kualitative e përshkruajnë fushën në hapësirë. Sikurse që mund të shihet prej figurës 5, vijat e forcave elektrike janë normale në sipërfaqet ekupotenciale.

Kjo është atillë edhe në rastin e fushës prej cilitdo burim, fusha e trupit të elektrizuar ose trupa.

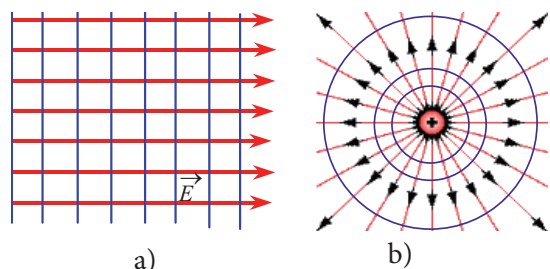


Fig.5. Vijat ekuipotenciale (prerjet e sipërfaqeve ekuipotenciale me rrafshet e vizatimit me të kaltër; a) për fushën homogjene b) fushë të mbushjes me pika, përkatësisht topi i elektrizuar njëtrajtësisht.

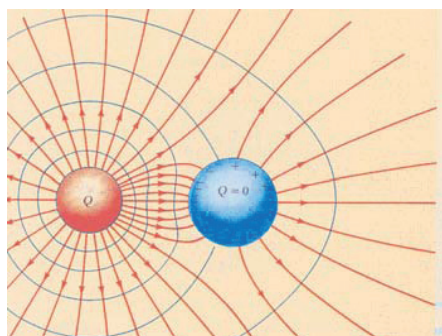


Fig. 6

Te figura 6 është dhënë shembull të fushës të krijuar prej topit të elektrizuar (topi më i vogël majtas) në afërsi të së cilës është sjellur top neutral që është elektrizuar me influencë

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çfarë pune kryhet nëse mbushja prej +1 C lëviz nëpër gjatësinë e drejtëzës AB? (fig. 7)

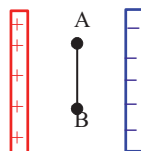


Fig. 7

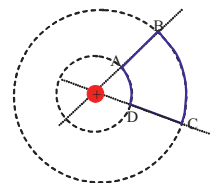


Fig. 8

2. Mbushja elektrike pozitive lëviz sipas konturës ABCD (fig.8). Në cilat pjesë të konturës puna e mbushjes ka qenë pozitive? Ku ka qenë negative? Ku ka qenë e barabartë me zero? Si ndryshon energjia potenciale e mbushjes?

Shembullë detyrë

3. Dy mbushje të barabarta pikash të llojllojshme të $Q = 10^{-6}$ C janë vendosur në largësi a njëri prej tjetrit. Të caktohet potenciali elektrik te pika të larguara prej mbushjes pozitive në largësi $r=40$ cm. Sa është potenciali në atë pikë, si edhe në pikën që gjendet në mesin ndërmjet dy mbushjeve?

Zgjidhje:

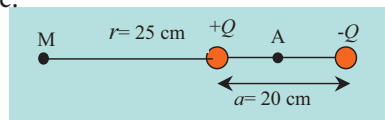


Fig.9

Potenciali në pikën M është i barabartë me shumën e potencialeve të fituara prej burimeve +Q dhe -Q (fig. 9): $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$

Pasi është potenciali i mbushjes pikave

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad \text{kemi} \quad \varphi_1 = k \frac{Q}{r_1} \quad \varphi_2 = k \frac{-Q}{r_2}$$

$$\varphi = kQ \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{25} - \frac{1}{45} \right] = 160 \text{ V}$$

Potenciali në pikën A është i barabartë me zero.
4. Sfera metalike me rreze $r=0,2$ m, elektrizuar me potencial prej $3 \cdot 10^5$ V. Të caktohet mbushja e sferës, moduli i fuqisë së fushës elektrike të sipërfaqes së tij, si edhe modul të fushës s dhe potencialit në pikën që gjendet në largësi $d=9,8$ m prej sipërfaqes së sferës.

Zgjidhje:

Potenciali i sferës së elektrizuar është e barabartë me potencialin që do të jep pikash

mbushje të vendosur në qendrën e tij. E njëjta është edhe për fuqinë e fushës. Prandaj:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}, E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}, k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$$

mbushja Q fitohet:

por për fushën dhe potencialin e sipërfaqes së sferës me zëvendësimin e vlerave fitohet: $E = 1,5 \cdot 10^6$ V/m, ndërsa në pikat më të largëta, duka pasur parasysh se $r=a+d=10$ m, $E_1=594$ $\varphi_1=5940$ V. 5. Me programin të shfrytëzuar në mësimin paraprak, vizatoni vijat ekupotenciale për të gjitha rastet e shqyrtuara të fushës elektrike.

Çfarë kënd formojnë vijat të cilat paraqesin projeksionet e sipërfaqeve ekuipotenziale dhe vijave të fuqisë?

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore.

Atje ku është e nevojshme përmend shembuj.

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| -puna te fusha elektrostatike | -potenciali elektrik |
| -puna pozitive | -tensioni elektrik |
| -puna negative | -ndryshimi i potencialeve |
| -fusha potenciale | -volti |
| -forcat konzervative | -sipërfaqja ekuipotenziale |
| -energjia te fusha elektrostatike | -volt në metër |

14.4. PËRÇUESIT DHE IZOLATORËT NË FUSHËN ELEKTROSTATIKE

Vetvetiu nënkuptohet se fusha elektrostatike mund të ekzistoj jo vetëm në vakuum por edhe në mjedise materiale.

Te përçuesit ekzistojnë grimca të cilat mundet lirshëm të lëvizin. Te metalet ato janë elektronet e lira. Edhe na tani më treguam se elektronet mnën ndikimin e fushës së jashtme shkaktojnë ndarje të mbushjeve, paraqitja e influencës elektrostatike. Tani na intereson çka ndodh me fushën në brendësinë e përçuesit?

Te të gjitha provat e elektrizimit, pas një lëvizje të shkurtër mbushjet do të ndalen të lëvizin, themi se do të gjenden në gjendje të baraspeshës.

Baraspesha do të arrihet atëherë kur fusha në brendësi \vec{E}_v do ta kompenzoj fushën e jashtme \vec{E}_0 dhe tërë fushën brenda do të bëhet e barabartë me zero, d.m.th., kur modulat të këtyre vektorëve të orientuar do të barazohen:

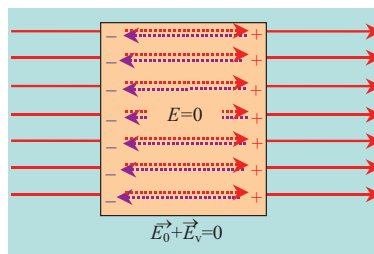


Fig. 1

$$E_0 - E_v = 0 \quad ; \quad E_0 = E_v \quad E = 0. \quad (1)$$

Gjatë kushtit të baraspeshës sëmbushjeve, në brendësi të përçuesit, fusha është e barabartë me zero.

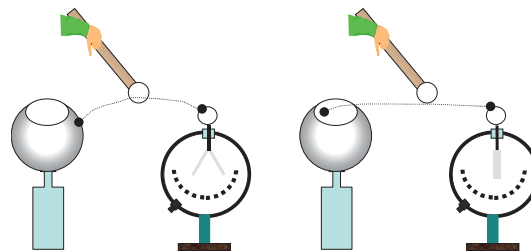


Fig.2. Gjatë prekses topat prej brenda nuk do të mënjanohet

Ky përcaktim vlen edhe në rastin kur ndonjë trup është i elektrizuar (fig.2). Që të bindeni në këtë që vijon, bëni këtë eksperiment:

- elektrizoni top të izoluar. Kontrolloni me provuese, duke e prekur topin prej jashtë a është i elektrizuar, me ndihmën e lektroskopit. Pastaj, elektrizoni elektroskopin dhe provuesen dhe topin e zbrazët preknit me provuese nga ana e brendshme. Provoni se provuesja tani a do të shkakton mënjanim të fletëve të elektroskopit.

Përfundojmë, në brendësinë e topit të zbrazët nuk ekzistojnë mbushje, pra edhe fushë elektrike. Mbushjet e një llojta maksimalisht refuzohen njëri prej tjetrit, prandaj ato gjenden vetëm në sipërfaqen e përcuesit.

Mos ekzistimi i fushës elektrike në brendësinë e fushës elektrike të përcuesit sjell deri te përfundimi i rëndësishëm. Të përkujtohem në lidhjen ndërmjet fuqisë së fushës E , zhvendosjen ndërmjet dy pikave Δd dhe tensionit ndërmjet tyre U . Treguam se :

$$E = \frac{U}{\Delta d} \quad (2)$$

Pra, nëse, sipas (1), fusha është e barabartë me zero në kushte kur mbushjet janë në baraspeshë, atëherë tensioni, i cili paraqet ndryshimin e potencialeve ndërmjet të cilëve pika, është gjithashtu e barabartë me zero. **Kjo do të thotë sipërfaqja e përcuesit paraqet sipërfaqe ekuipotenciale.**

Por pasi vijat e forcave elektrike janë normale në sipërfaqet ekuipotenciale, atëherë: Vijat e forcave elektrike janë normale në sipërfaqe të përcuesit. Analizoni fotografitë si edhe simulimet tuaja kompjuterike dhe binduni në të! Mbrojtja elektrostatische bazohet në principin e të ashtuquajturit kafezi i Faradeit (fig. 3).

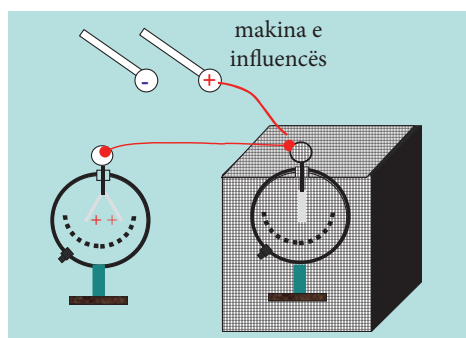


Fig. 3

Te figura janë treguar dy elektroskopa të barabartë, prej të cilëve i djathti është vendosur në kafez ashtu që koka e tij e prek anën e brendshme të kafezit. Kafezi është lidhur me njërin kaminë të influencës dhe me elektroskopin e majtë. Kur

makina influentuese operon, mënjanim tregon vetëm elektroskopi i jashtëm. I brendshmi nuk do të tregon mënjanim, poashtu edhe në rastin e tensionit shumë të lartë, kështu, ndërmjet poleve të makinës do të hidhet xixë.

Nëpër aparate dhe instrumente të cilët duhet të jenë të mbrojtur prej fushave të jashtme elektrostatische vendosen në „kafez“ përcuesish të cilët zakonisht janë edhe tokëzuar.

Në kohën më të re dhe mbrojtja prej zbrazjes atmosferike në shtëpitë ose në objekte tjera bëhet në mënyrë të ngjashme.

Matja e tensionit

Për matjen e tensionit ndërmjet dy trupave shërbehemi me elektrometrin (shiko kapitullin 14.1). Poashtu, trupin e parë e lidhim me kokën, kurse të dytin me elektrometrin. Nëse dëshirojmë të matim potencialin e ndonjë trupi në lidhje me Tokën, trupi i elektrometrin tokëzohet (fig. 4).

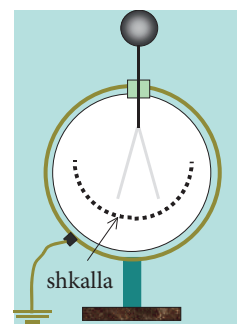


Fig. 4

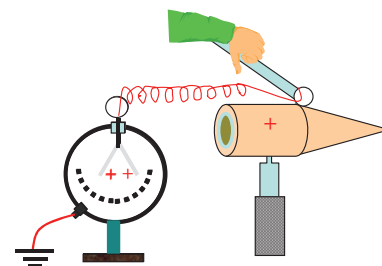


Fig. 5

Sipërfaqja e përcuesit gjithmonë është në potencialin e njëjtë. Këtë do ta tregojmë me këtë provë: trup i izoluar me formë të konocilindrit të zbrazët është elektrizuar. Pjesa metalike prej një provzuesë me tel lidhet me kokën e elektrometrin, si në fig. 5, dhe dërgohet sipas sipërfaqes së përcuesit. Kudo që të jetë vendosur provuesja, në majtë e

pjesës konike prej konocilindrit, të pjesës së tij të rrafshët ose pjesën e brendshme, mënjanimi i elektrometrit gjithmonë do të jetë i njëjtë. Çka përfundoni prej këtij eksperimenti?

Te eksperimenti treguam se tensioni në lidhje me Tokën te trupi kolnstatuam.

Treguam se sipërfaqja e cilitdo përçues paraqet sipërfaqe ekuipotenciale. Por, kjo nuk do të thotë se edhe mbushjet e asaj sipërfaqe çdokundi është njëlloj e shpërndarë. Tani më treguam se në brendësinë e sferës së zbrazët nk ka mbushje. Me eksperiment mund të tregohet se dendësia e sipërfaqes më të madhe të mbushjeve ka në afërsi të pjesës së qepur prej sipërfaqes së konocilindrit.

Si pasojë e dendësisë më të madhe të mbushjeve të pjesëve të qepura prej sendeve dhe fushës në afërsi të tyre është më e fuqishme. Qysh në vitin 1771 Benxhamin Franklin ka vërejtur se në afërsi të trupit të elektrizuar është sjellur majë e mprehtë, te maja hidhen xixa. Kjo e ka çuar në iden ta konstrukton rrëfepitësin e parë me të cilin pa rrezik përcillet mbushja e vetëtimës. Kjë është vendosur lartë dhe në maje gjendet pllakë metalike me tel përçues i futur thellë në Tokë. Mbushja e rfrëfësë nëpërmjet rrëfepitësit silltet direkt në Tokë.

Dielektrikët në fushën elektrostatike

Te kapitulli „Elektrizimi nën ndikim“ na tani më treguam se në fushën elektrostike elektrizohen dhe dielektrikët. Dukuria quhet polarizimi i dielektrikët. Sqaruam se te dielektrikët ndodhin për shkak se molekulat e substancave të atilla bëhen dipol të cilët orientohen nëpër gjatësinë e vijave të forcave të fushës së jashtme. Ky polarizim i indukuar i jashtëm krijohet te molekulat të dielektrikëve të cilët janë neutral jashtë fushës.

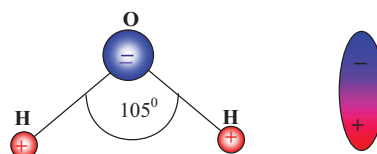
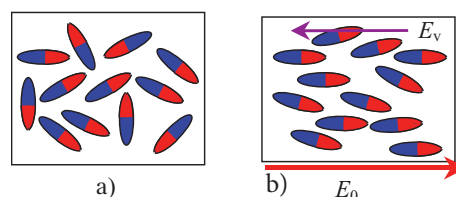


Fig.6. Molekila e ujit ka ndërtim josimetrik (a) pra për këtë shkak ai silltet si dipol.

Mekanizmi i polarizimit të dielektrikëve, molekulat e të cilëve tanimë janë dipol (treguam se molekulat të atilla ekzistojnë), është ndryshe. Molekula e ujit (shiko fig. 7) është dipol. Te këto dielektrik krijohen orientim e molekulave dipole, ashtu që pjesa e tyre pozitive është fusha, kurse negativja në kahen e kundërt.



Substanvat molekulat e të cilave janë dipol, jashta fushës elektrike janë të dezorientuar (fig. 7), por kur do të gjenden në fushë vjen deri te orientimi i tyre i pjesërishëm, për të cili rast ndodh polarizimim i dielektrikut.

Ai orientim i polarizimit, gjithashtua , shkakton krijimin e fushës së brendshme , me kahe të kundërt të fushës së brendshme, për shkak të fushës së brendshme zvogëlohet.

Kur dielektriku do të gjendet në fushën e jashtme v jen deri në shprehje edhe polarizimi i indukuar dhe i orientuar (nëse bëhet fjalë për molekulat dipole) dhe fusha e brendësisë së dielektrikut zvogëlohet. Kështu, madhësia e fushës te dielektgriku E , vlera e të cilit gjithmonë është më i vogël prej fushës në vakuum E_0 , është dhënë me:

$$E = E_0 - E_v \neq 0 \quad (3)$$

Në b rendësinë e dielektrikut ekziston fushë madhësia e të cilit gjithmonë është më e vogël se fusha në vakuum.

Konstanta relative e dielektrikut

Raporti ndërmjet madhësisë së fushës në vakuum dhe madhësia e fushës të mjedisit i dielektrikut quhet **konstanta relative e dielektrikut** (ϵ_r) për atë mjedis:

$$\epsilon_r = \frac{E_0}{E} \quad (4)$$

Ai është numër më e madhe se njësia dhe nuk ka dimensione. Për ajrin gjatë kushteve normale $\epsilon_r = 1,0006$, që paraqet numër shumë afër të njësisë. Për këto shkaqe forca e Kulonit ndërmjet të cilave dy mbushjeve në vakuum nuk dyllohen shumë forca në ajër.

Ligji i Kulonit për forcën ndërmjet mbushjeve pikash të mjedisit dielektrik thotë:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1Q_2}{r^2} \quad (5)$$

prej ku është e qartë se forca elektrostatike të ndonjë mjedis mund të fitohet nëse dihet forca elektrike në ajër (vakuum) dhe konstantën relative dielektrike. Duke pasur parasysh, edhe të relacionet tjera për fushën elektrike edhe për potencialin elektrik, ku të formula paraqitet konstanta dielektrike në vakuum ϵ_0 , të mjedisit dielektrik formulat ndryshojnë ashtu që në vend ϵ_0 duhet të zëvendësohet me konstanten:

$$\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r \quad (6)$$

që tregohet në të njëjtat njësi si edhe ϵ_0 C/(Nm²) dhe ndonjëherë quhet konstanta absolute dielektrike.

Tabela me vlerat e konstantes relative dielektrike të disa substancave

substancia	ϵ_r
ajri	1,00059
uji, 20° C	80
amoniaku, NH ₃ , lëngu, -34° C	22
vaj transformatori, 20° C	2,24
sulfur	4,0
porcelan	6,0-8,0

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si është shpërndarë mbushja e trupave pozitiv të elektrizuar prej figurës 8?

(Vizatoni më shumë pika gjaku ku mendoni se mbushja është me dendësi sipërfaqësore më të madhe).

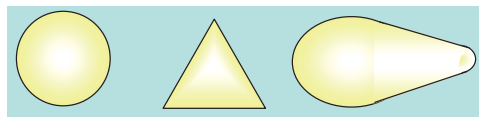


Fig. 9.

2. Te fotografia e figurës 9 është dhënë automobili nën të cilin bie xixa grandioze. Si do ta interpretojmë faktin se personi në automobil krejtësisht është siguruar.



Fig. 10

3. Dy elektroskopa të barabartë (u dallohen vetëm kokat, shiko figurën 11) janë elektrizuar me mbushje të barabartë. Coili prej tyre më shpejt dpo të rielektrizohet dhe pse?

4. Sa është forca ndërmjet dy topave me mbushje prej nga 6 μ S të cilët gjenden të dielektriku me konstante relative dielektrike $\epsilon_r = 6$ në largësi prej 1 m. (Përgj. 0,054 N)

5. Te fusha homogjene të krijuar prej dy rrafshëve fuqia e fushës është 5 V/m. Si dhe sa do të ndryshon fusha nëse rrafshet zhyten në ujin e pastër të destiluar? (Përgj: Fusha do të zvogëlohet 810 herë)

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore

- kusht për baras peshë të mbushjeve të përçuesi
- mbrojtja elektrostatike
- kafezi i Faradeit
- rrëfepitësi
- polarizimi i indukuar
- polarizimi orientues
- konstanta relative dielektrike
- konstanta absolute dielektrike

14.7. KAPACITETI ELEKTRIK KONDENZATORËT

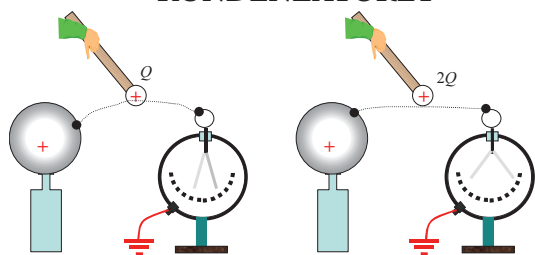


Fig. 1

Nëse të një elektrometër rregullisht sjellim me provuesen sasi të barabartë të elektricitetit (fig. 1), do të vërejmë se tensioni elektrik, në lidhje me Tokën është aq më e madhe sa që është më e madhe mbushja e kokës së elektrometrit. Si mundet matematikisht ta shkruajmë këtë fakt eksperimental?

Të përpiqemi: $Q \sim \varphi$,
përkatesisht

$$Q = C\varphi \quad (1)$$

Koeficienti i proporcionalitetit C është konstanta për përçuesin e dhënë, këtu elektrometri, Nëse ndryshon dimensionin ose formën e elektrometrit, do të ndryshojnë edhe kjo konstante.

Barazimin (1) ta shkruajmë në formën

$$C = \frac{Q}{\varphi} \quad (2)$$

Madhësia fizike C , që flet për atë sa sasi elektricitet është e nevojshme të sjell ose zbrret prej përçuesit që të ndryshojnë potencialin e tij për njësi, quhet kapaciteti elektrik i përçuesit.

Nëse për mbushjen merret njësi prej një kuloni (1 C) kurse për potencialin (tensionin) në lidhje me Tokën një volt (1V), fitohet njësi në SI e cila quhet farad (F):

$$C = \frac{Q}{\varphi} \Rightarrow C = \frac{1C}{1V} = 1F$$

Trupi të cilin duhet të silltet mbushje prej një kuloni që të zmadhohet potenciali i tij për një volt, ka kapacitet elektrik një farad.

Njësia farad është njësi shumë e madhe, pasi në praktikë shfrytëzohet:

mkrofarad
nanofarad
pikofarad

Do të përcaktojmë sa kapacitet ka përçuesi i izoluar me formë të topit.

Është e njohur se sipërfaqja e përçuesit sferik me rreze r , të elektizuar me mbushje Q , ka potencial nëse është venduar te mjedisi dielektrik

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q}{r} \quad (3)$$

me konstante relative dielektrike ϵ_r . Nëse relacionin (2) e zgjidhim sipas potencialit φ dhe e krahasojmë me (3), për kapacitetin e sferës fitohet:

$$\varphi = \frac{Q}{C} \Rightarrow C = 4\pi\epsilon_0\epsilon_r r \quad (4)$$

Shihet se kapaciteti i përçuesit sferik është në proporcion të drejtë me rrezën.

Çfarë rreze do të ketë përçuesi sferik me kapacitet prej 1F të vendosur në vakuum? Përgjigjedni e gjejnë me ndihmën e barazimit (4):

$$r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot 1 = k \cdot 1 = 9 \cdot 10^9 \text{ m} = 9 \cdot 10^6 \text{ km}.$$

Ai është top i madh. Rrezja e tij është më shumë se 23 herë më e madhe se largësia ndërmjet Tokës dhe Hënës.

$$\epsilon_0 = \frac{C}{4\pi\epsilon_r r} \quad (5)$$

Prej relacionit (4), nëse ai zgjidhet sipas ϵ_0 : dhe duke pasur parasysh se madhësia pa dimension, është e qartë se në SI, konstanta ϵ_0 shprehet në njësinë F/m, që ishte thënë qysh më hedrët.

Çka është kondenzatori elektrik?

Mbushjet, sikurse e dim, shpërndahen vetëm nëpër sipërfaqen e jashtme të përçuesit, pra prej këtyre shkaqeve, kapaciteti elektrik i ndonjë trupi nuk varet prej masës përçuesit, as prej materialit prej të cilit është bërë. Kapaciteti elektrik varet

vetë prej dimensioneve të përçuesit (sipërfaqja e tij) si edhe prej formës së tij prej formës së tij. Është treguar se kapaciteti elektrik fuqishëm varet edhe prej asaj si dhe sa janë përçuesit që gjenden në afërsi të tyre. Do ta kontrollojmë këtë eksperimentalisht. Merret një elektrometër dhe te koka e tij vendoset te koka e tij pllakë metalike (fig.2). Nëse deri te elektrometri i këtitë i elektizuar afrohet pllaka metalike, mënjanimi i elektrometrit do të zvogëllohet. Ky zvogëlim veçanërisht është e madhe nëse pllaka e dytë metalike është tokëzuar.

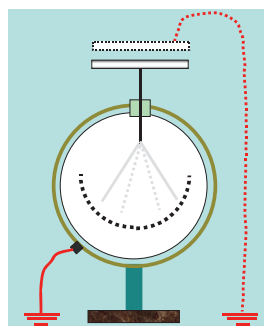


Fig. 2

Përpiquni vet ta sqaroni pse kjo është kështu.

Përkujtohuni se ndodh influenca elektrostatike e pllakës së dytë.

Pyetemi tani çka ka ndodhur me kapacitetin e elektrometrit? Mbushjen që e ka ai një është ndryshuar (na me asgjë nuk e kemi prekur), por elektrometri tregon se është zvogëluar potenciali. Duke pasur parasysh relacionin (1) kapaciteti i elektrometrit zmadhohet, Kështu, me afrimin e pllakës tjetër, kapaciteti i trupit të parë zmadhohet. Patëm sukses të fitojmë kapacitet më të madh të elektrometrit, pa i zmadhuar dimensionet e tyre.

Tensioni i elektrometrit zmadhohet kur sipërfaqja reciproke e pllakave zvogëlohet (fig.3a), domethënë $U \sim 1/S$, por zmadhohet me zmadhimin e largësisë ndërmjet pllakave (fig. 3b), Gjithashtu, kur në vend të ajrit ndërmjet pllakave do të vendoset dielektriku. mënjanimi i elektrometrit janë zvogëluar (fig. 3c)) ($U \sim 1/\epsilon_r$). Mund të përfundohet

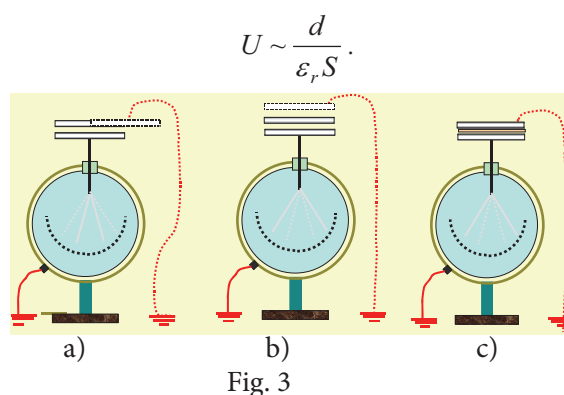


Fig. 3

Të gjitha ato prova tregojnë se kapaciteti i këtij sistemi prej dy trupave varet prej shumë faktorëve mundemi ta zmadholjmë me ndryshimin përkatës të faktorëve më sipër të përmendur.

Në këtë princip funksionojnë instrumentet te të cilët mund të grumbullohen mbushjet elektrike, por me të edhe energjia elektrike, por të cilët quhen **kondenzatorë**.

Ato përbëhen prej dy mbështjellësve (dy përçuesëve) ndërmjet të cilëve krijohet fushë elektrike, dhe kapaciteti i tyre nuk varet prej kushteve të jashtëme. Që të plotësohet ai kusht, mbështjellëset vendosen në largësi të vogël ndërmjet tyre, por ndërmjet tyre vëndohet dielektrik. Mbështjellëset elektrizohen në lloje të ndryshme, ashtu që tërheqja reciproke e mbushjeve të tyre do të mundëson grumbullim të mbushjeve.

Dielektriku ndërmjet mbështjellësve luan rol të dyfishtë. Së pari, ai e ka zmadhuar kapacitetin elektrik dhe, së dyti ai nuk u lejon mbushjeve prej mbështjellësve të neutralizohen.

Kapaciteti i kondenzatorit

Sasia në të dy mbështjellëset e kondenzatorit quhet mbushje të kondenzatorit. Kur mbështjellëset do të lidhen, vjen deri te neutralizimi i tyre. Këtë proces e quajmë zbrazje të kondenzatorit. Gjatë atij procesi mbushja (Q) e njëjës mbështjellëse neutralizohet me të njëjtën madhësi, por i kundërt sipas shenjës, mbushje e mbështjellësit të dytë. Kjo mbushje është proporcional me tensionin U ndërmjet mbështjellësve

të kondenzatorit. Kështu, për kapacitetin e kondenzatorit vlen relacioni:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (6)$$

Që të elektrizohet kondenzatori i dhënë duhet mbështjellëset e tij të lidhen me dy burime të mbushjeve të ndryshme, për shembull, për poleve të baterisë. Çdo kondenzator poashtu ka tension kufitar të caktuar të mund të silllet te mbështjellësit e tij. Ai tension quhet tension i depërtimit. Nëse tensioni i sjellur është më i madh se depërtuesi, vjen deri te depërtimi i dielektrikut të tij dhe kondenzatori i këtillë është tani më i papërdorur.

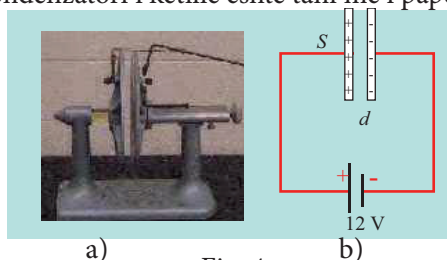


Fig. 4

Kondenzatorët kanë ndërtim të ndryshueshëm. Sipas formës së mbështjellësve kondenzatorët janë: pllakëzor, sferik ose cilindrik.

Provat të skicuar në fig. 3 tregojnë se për këtë shkak që mbushja është konstante, kurse tensioni $U \sim d/\epsilon_r S$, kapaciteti i kondenzatorit pllakëzor (fig. 4), duhet të jetë në proporcion të drejtë me syprinën S dhe konstanta dielektrike ϵ_r kurse në proporcion të zhdrejtë me largësitë ndërmjet pllakave d . Tregohet se ai është përcaktuar me relacionin :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (7)$$

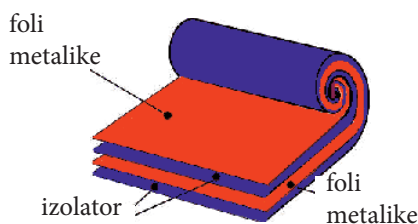


Fig. 5

Që të fitohet kapacitet më i madh, duhet të ketë

sipërfaqe më të madhe te mbështjellëset largësi të vogël ndërmjet mbështjellësve dhe konstante të madhe të dielektrikut te izolatori ndërmjet mbështjellësve. Kjo arrihet me dredhjen e folive të holla metalike ndërmjet të cilëve vendosen shtresa dielektriku (plastikë ose letër e veçant izotore)(fig. 5).

Lloje tjera të kondenzatorëve

Kondenzatori i parë ka qenë i konstruktuar qysh në shekullin XVIII në qytetin e holandës Lajden dhe për këtë shkak quhet boca e lajdenit (fig. 6). Mbështjellësja e tij e jashtme është foli metalike me të cilën është mbështjellur gota e qelqit (dhe paraqet izolator), kurse mbështjellësi i brendshëm, që është gjithashtu metalike, zakonisht lidhet me top dalës. Forma e kondenzatorit që sot mund të hasen te instrumentet elektronike është shumë e llojllojshme (fig. 7).



Fig. 6

Te çdonjëri prej tre është përmendur kapaciteti dhe tensioni depërtues. Njëra prej mënyrave të fitohet kapacitet i lartë i kondenzatorit arrihet me krijimin kimik të izolatorit shumë të hollë mbë



Fig. 7

metalin. Kjo bëhet te i ashtuquajturit kondenzator elektrolit. Te ky lloj i kondenzatorëve, të cilët në veçanti janë shënuar te (fig. 8), i rëndësishëm është polariteti i lidhjes. Nëse ndodh lidhje e gabueshme vjen deri te dëmtimi i përhershëm i kondenzatorit ai bëhet i pa përdorshëm.

Ekzistojnë edhe kondenzator me kapacitet të ndryshueshëm, Te ato kapaciteti më së shpeshti ndryshon me ndryshimin e syprinave të sipërfaqeve te mbështjellësit (fig. 8).

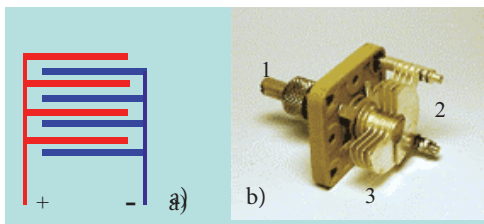


Fig. 8 Kondenzator me kapacitet të ndryshueshëm: a) prerja e sipërfaqeve të mbështjellësve b) fotografia e kondenzatorit të ndryshueshëm ajror : me ndihmën e çepit (1) rrotullohen rreth gjysmëdisqeve (3) të cilët paraqesin një mbështjellës, në lidhje me gjysmëdis-kun e palëvizshëm-mbështjellësi i dytë (2)

Kondenzatorët kanë zbatim shumë të madh në elektrinë dhe në shumë instrumente tjera. Kondenzator te qarqet integrale të shtypura në fig 9.

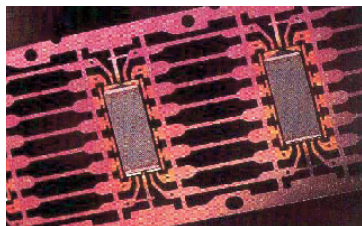


Fig. 9

4.8. LIDHJA E KONDENZATORËVE

Lidhja e kondenzatorëve mund të jetë paralel dhe në seri.

Gjatë lidhjes paralele (fig. 1) të gjithë kondenzatorët janë me tension të barabartë:

$$Q_1 = C_1U ; Q_2 = C_2U ; Q_3 = C_3U$$

mbushja e përgjithshme Q është

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

pra për kapacitetin fitohet:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1)$$

Me lidhjen paralele arrihet zmadhim të kapacitetit.

Gjatë lidhjes paralele të shumë kondenzatorëve

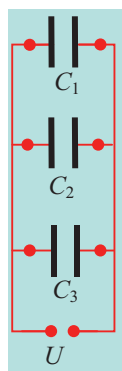


Fig. 1

torëve të veçant kapaciteti ekuivalent është i barabartë me shumën e kapacitetiteve të çdonjërit prej tyre.

Gjatë lidhjes në seri (fig. 2) mundësohet zvogëlimi i kapacitetit.

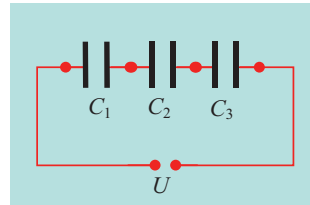


Fig. 2

Nëse mbështjellësi i majtë i kondenzatorit C_1 është i elektrizuar me mbushje $+Q$, atëherë pllaka e tij e djathtë elektrizohet me influencë me mbushje $-Q$, por kaq për shkak, të mbushjes pozitive ka mbështjellësi i majtë i kondenzatorit C_2 . Kështu, domethënë te të gjithë mbështjellësit e kondenzatorëve kemi mbushje të barabartë. Duke pasur parasysh, do të jetë:

$$Q = C_1U_1 \quad ; \quad Q = C_2U_2 \quad ; \quad Q = C_3U_3$$

por pasi $U = U_1 + U_2 + U_3 \Rightarrow \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$

fitohet:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (2)$$

Gjatë lidhjes në seri të kondenzatorëve, vlera reciproke e kapacitetit ekuivalent është i barabartë me shumën e vlerave reciproke të kapaciteteve të kondenzatorëve të veçantë.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. A kapacitet elektrik të trupit të pa elektrizuar?
2. Nëse pranë elektroskopit të elektrizuar e afroni dorën tuaj, mënjanimi do të zvogëlohet. Sqaroni pse?
3. Në dy sfera të izoluara me rreze të barabarta është sjellur mbushje e barabartë. Nëse njëra prej sferave është e zbrazët, kurse tjetra e plotë, si do të jetë tensioni i tyre në lidhje me Tokën?
4. Njehso kapacitetin elektrik të Tokës.

$R_T=6370 \text{ km}$. (Përgjigje. $C = 0,71 \text{ mF}$)

5. Si është raporti ndërmjet kapaciteteve të kondenzatorëve pllakor me mbështjellësa rrethor nëse rrezet e tyre qëndrojnë si 2:1?

Shembuj detyra

6. Njehso kapacitetin e kondenzatorit pllakor me pllaka $(20 \times 30) \text{ cm}^2$ të ndarë në largësi prej 1 mm në ajër. Sa është mbushja e çdonjërës prej pllakave nëse kondenzatori kyçet në tension prej 12 V ?

Zgjidhje

Kapaciteti i kondenzatorit është:

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{0,20 \cdot 0,30}{0,001} = 5,31 \text{ pF}$$

Mbushja e çdonjërës prej pllakave është:

$$Q = CU = 5,31 \cdot 10^{-12} \cdot 12 = 63,7 \cdot 10^{-12} \text{ C}$$

7. Cakto kapacitetin e kondenzatorit kapaciteti i të cilit do të jetë ekuivalent me lidhjen të dhënë në fig. 3, nëse kapaciteti i çdonjërit prej tyre është 2 pF .

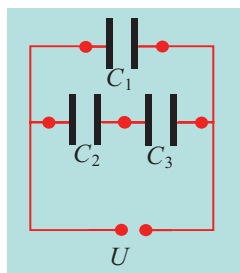


Fig. 3

Zgjidhje:

Kapacitetin e lidhjes do ta fitojmë kur së pari do ta caktojmë ekuivalentin e kapacitetit të lidhjes në seri ndërmjet kondenzatorit të dytë dhe të tretë (C_{23}), pra pastaj atë kapacitet do ta mbledhim me kapacitetin e kondenzatorit të parë)

$$C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \mu\text{F} ,$$

Por kapaciteti i përgjithshëm C do të jetë;

$$C = C_{23} + C_1 = 1 + 2 = 3 \mu\text{F}$$

8. Hapësira ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorit pllakëzoz janë mbushur me vaj me konstante dielektrik ϵ_r . Sa është kapaciteti

i kondenzatorit të këtyllë nëse vaji e plotëson hapësirën ndërmjet pllakave me 44 prej vëllimit dhe atë paralelisht me pllakat sikurse në fig. 4a, ose normale në ato (fig. 4b).

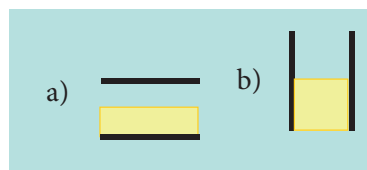


Fig. 4

Zgjidhje:

Ta shënojmë kapacitetin e kondenzatorit në ajër me C .

Në rastin a) Kondenzatori duhet të trajtohet si dy kondenzator në seri, njëri me kapacitet $C_1=2C$, pasi largësia është ndërmjet pllakave dy herë më e vogël, dhe tjetri $C_2=\epsilon_r 2C$ ose

$$C_{ekv} = \frac{2C \cdot 2\epsilon_r C}{2C + 2\epsilon_r C} = \frac{2\epsilon_r}{(1 + \epsilon_r)} C$$

Në rastin b) bëhet fjalë për lidhje paralele me mbështjellësa syprina e të cilëve është $S/2$. Prandaj, tani

$$C_{ekv} = \epsilon_0 \frac{S}{2d} + \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{2d} = \frac{C(1 + \epsilon_r)}{2}$$

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelor. Atje ku është e nevojshme përmend shembuj

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| -kapaciteti elektrik | -tensioni i depërtimit |
| -farad | -kondenzator pllakor |
| -kondenzator elektrik | -boca e lajdenit |
| -mbushja e kondenzatorit | -kondenzatori elektrolit |
| -zbrazja e kondenzatorit | -lidhja paralele e kondenzatorit |
| -lidhja në seri e kondenzatorëve | |

14.9. GRUMBULLIMI I ENERGJISË NË KONDENZATOR. ENERGJIA E FUSHËS ELEKTRIKE

Kur kondenzatorin e mbushim, i lidhim edhe pllakat e tij me burimin e mbushjeve të ndryshme (për shembull me makinën e influencës) në kryejmë punë, për llogari të cilave në kondenzator akumulohet energjia. Të supozojmë se në fillim kondenzatori nuk është elektrizuar. Kur makina elektrostatike fillon të punon, ajo të pllakat sjell mbushje, të cilat janë proporcionalisht me tensionin që krijohet, sipas tani më barazimit të njohur

$$Q = CU \Rightarrow U = \frac{1}{C}Q \quad (1)$$

Domethënë edhe tensioni U i vendosur prej zeros, në fillim, rritet proporcionalisht me mbushjen e sjellur. Nëse varësia ndërmjet mbushjes dhe tensionit e paraqesim grafikisht, fitohet figura 2.

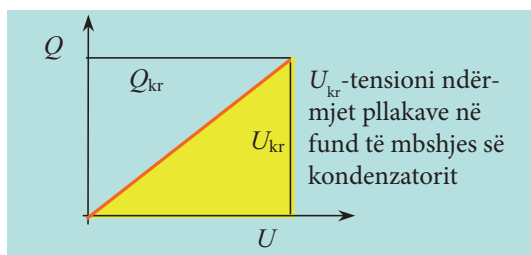


Fig.2. Puna që kryhet gjatë elektrizimit të pllakave prej mbushjes zero deri te madhësia e mbushjes së fundit Q_{kr} është përcaktuar me syprinat (të shënuar me ngjyrë të verdhë në figurë).

Puna e kryer është e barabartë me prodhimin e mbushjes dhe tensionit. Pasi tensioni ndryshon prej 0 deri U_{kr} , këtu për tensionin duhet të merret vlera e tij mesatare pra do të jetë.

$$A = Q_{kr} U_{sr} \quad (2)$$

pasi

$$U_{sr} = \frac{0 + U_{kr}}{2} = \frac{U_{kr}}{2} \quad (3)$$

për punën e shpenzuar gjatë elektrizimit të kondenzatorit deri te mbushja Q_{kr} , përkatësisht deri te tensioni U_{kr} fitohet:

$$A = \frac{Q_{kr} U_{kr}}{2} = W_p \quad (4)$$

Puna e shpenzuar është e barabartë me energjinë potenciale të kondenzatorit W_p . Duke pasur parasysh relacionin $Q_{kr} = CU_{kr}$, për energjinë potenciale fitohet formula:

$$W_p = \frac{CU_{kr}^2}{2} \quad (5)$$

ku vlerat për tensionin e shënojmë me U_{kr} , në vend të shënimit të zakonshëm U .

Barazimin (5) donta shkruajmë me simbolin e zakonshëm për energjinë, tensionin dhe mbushja e mbështjellësve:

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \quad \text{ose} \quad W = \frac{1}{2}QU \quad (6)$$

Sikurse shihet, *energjinë e akumuluar të kondenzatorit është proporcional me kapacitetin e tij, por edhe me katrorin e tensionit deri ku është elektrizuar kondenzatori.*

Barazimi (6) vlen për çfarëdo kondenzator.

Provat tregojnë se kjo energji mund të tajtohet edhe si energji e fushës elektrostatike që paraqitet ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorit.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do të ndryshon energjinë e fushës elektrostatike e kondenzatorit të dhënë pllakëzore nëse pllakat e tij afrohen në largësi prej njëres një gjysme prej fillimit?

Shembull detyre

2. Sa është energjinë e kondenzatorit me kapacitet prej 40 pF nëse është kyçur në bateri prej 12 V?

Zgjidhje

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{40 \cdot 10^{-6} 12^2}{2} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore.

Atje ku është e nevojshme përmend shembuj.

- energjinë e kondenzatorit
- energjinë e fushës elektrostatike

15.1. RRYMA ELEKTRIKE

Jeta bashkohore në vendbanimet nuk mund të mendohe pa rrymë elektrike. Ashtu, kur do të kyçim ndonjë aparat të amvisërisë, rryma që ka qenë e prodhuar në elektrocentrale fillon të rrjedh nëpër kabel, ku televizori, kompjuteri, ngrohësja etj. fillojnë të punojnë. Rryma tje televizori do të prodhon fotografi dhe ton, te kompjuteri do ta ngrit sistemin operativ, te ngrohësja do të jep nxehtësi. Kaq jemi adaptuar me rrymën, që vetëm kur nuk do të jetë dhe kur krejtësisht do të zbehet jeta normale atëherë vërejmë se e kemi pasur.

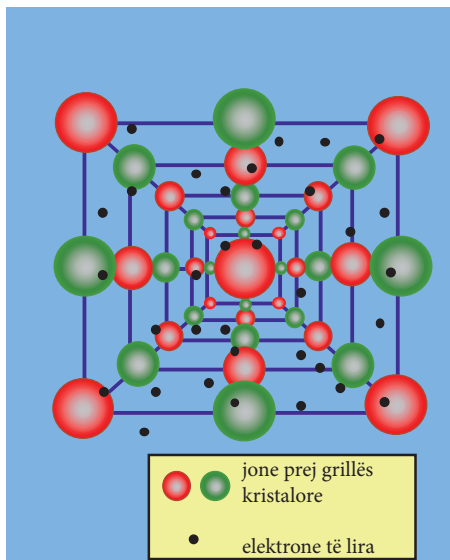


Fig. 1. Skica e atomit (jone pozitive) të grillës kristalore dhe gazi elektronik

Fizika bashkohore e shekullit njëzetë sqaron në çfarë mënyre përçuesit e ngurtë, sikurse janë metalet, e përcjellin rrymën elektrike. Atomët te metalet janë shpërndarë drejt dhe radhitja e atillë quhet grillë kristalore. Kështu, çdonjëri prej këtyre atomeve prej grillës është i aftë të lëshon nga një ose më shumë

elektron prej shtresës së fundit prej mbështjellësit elektronik të cilët quhen elektrone të lira. Poashtu, çdonjëri prej atomeve prej grillës bëhet pozitive nyja (joni) e elektrizuar.

Elektronet e lira prej grillës kristalore lëvizin ngashëm sikurse lëvizin grimcat e ndonjë fluidi (gaz) prandaj quhet gaz elektronik.

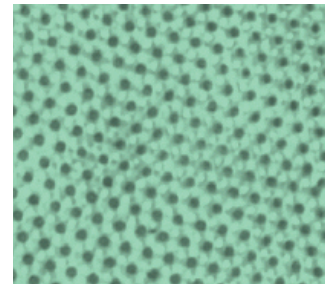


Fig. 2. Grilla kristalore e metalit e inçizuar me mikroskop elektronik kur është „i qetë“, d.m.th., gjatë shumë temperaturave të ulëta

Struktura e një metali, e vërejtur në dimensionet e atomeve shihet kështu: jonet pozitive drejt janë radhitur ashtu që formojnë grillë kristalore. Lëvizja e tyre me dridhje varet prej temperaturës të metalit dhe sillen në lëkundjen rreth gjendjes së baraspeshës. Te ndërmjet hapësirës të grillës gjendet „gazi“ prej elektroneve të lira që është i aftë të lëviz në brendësinë e metalit. E kemi të njohur se metali përbëhet prej prej atomeve të cilët në përgjigjësi janë neutral. Për këtë shkak edhe sasia elektrike negative e tyre që rrjedh prej elektroneve të lira do të jetë e barabartë me sasinë e përgjithshme prej joneve pozitive.

Elektronet e lira në brendësi të grillës kristalore lëvizin në mënyr haotike, ngashëm sikurse lëvizin grimcat e një gazi ose fluidi, në përgjithësi.

Nëse metali lidhet me polet e një burimi të tensi-
onit, atëherë elektronet e lira do të lëvizin nga poli
po zitiv te bateria. Në këtë rast, përveç lëvizjes ha-
otike shtohet edhe lëvizja e orientuar (fig. 3).

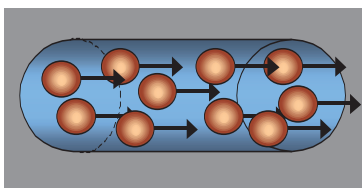


Fig.3. Lëvizja e orientuar e mbushjes elektrike
është rryma elektrike.

Lëvizja e orientuar dhe mbushja elektrike,
ose shkurtimisht rrymë.

Te metalet të orientuar mund të
lëvizin vetëm elektronet e lira, pra rryma
është vetëm elektrike.

Fuqia e rrymës elektrike

Nëse nëpër një përçues kalon sasi elektrike
më e madhe për kohë të shkurtër, themi se
rryma nëpër atë atë është më e fortë.

Fuqia e rrymës (I) është sasia e elektricitetit
(Q) që kalon nëpër përçuesin në njësi kohe (t),

Shembulli 1. Sa është sasia e elektricitetit dhe
sa elektron do të kalojnë nëpër tel për atë ko-
hë? Shembulli 1. Rryma me fuqi prej ?
 $Q = I \cdot t = 1A \cdot 240 s = 240 C$
 $Q = n \cdot e$ pra prej këtu $n=Q/e$
 $n = 240 : 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,5 \cdot 10^{21}$ elektronë.

Njësia për matjen e rrymës është një amper (A)
dhe atë do ta përkufizojmë më vonë. Por, prej përkufizimit
për fuqinë e rrymës mund të përkufizohet
njësia për sasinë e elektricitetit një kulon

**Një kulon është sasi e elektricitetit që kalon për
kohën prej një sekonde nëpër përçuesin, nëpër
të cilin rrjedh rrymë me fuqi prej një amperi.**

Pasi në elektronikë punohet me rrymë shumë më
të vogla se një amper, janë futur edhe njësi më të
vogla. Përveç njësive më të vogla, shfrytëzohen
edhe më të mëdhaja. Gjatë prodhimit të rrymës
në centralet elektrike fuqia e rrymës është disa
mija amper, prandaj shfrytëzohet njësia kiloam-
per (kA),

shenja	domethënia
1 mA (miliamper)	1 mA = 10^{-3} A
1 μ A (mikroamper)	1 μ A = 10^{-6} A
1 nA (nanoamper)	1 nA = 10^{-9} A
1 pA (pikoamper)	1 pA = 10^{-12} A

Fuqia e rrymës matet me instrument të quaj-
tur ampermetër që, përsëri mund të jetë analog
(elektroddinamik dhe me shigjetë) dhe digjital
(me displej).



Në jetën e përditshme ballafaqohemi me rryma të madhësisë së ndryshme. Te tabela më poshtë janë dhënë fuqitë e rrymës në instrumente të ndryshme dhe situata.

Ku?	Sa
komponentet prej qarkut integral të kompjuterit	disa pA
Ora digjitale	disa μ A
ndritëse xhepi	disa pA
shporet elektrik	10 A
Vetëtima	dhjetsha kA

Kahja e rrymës elektrike

Vet përkufizimi për rrymën (...lëvizje e orientuar...) tregon se rryma elektrike është krejtësisht e caktuar jo vetëm nëse është dhënë fuqia e saj por edhe kahja e saj.

Fizikanët janë marrë vesht për kahen e rrjedhjes së rrymës ta marrin kahen e fushës elektrike të përçuesi. Sipas kësaj marrëveshje, për kahen e rrjedhjes së rrymës elektrik është marrë kahja nëpër të cilën lëvizin elektronet e lira në metal. Kështu, kur të përçuesi metalik rrjedh rryma, atëherë elektronet lëvizin prej poli negativ nga poli pozitiv të burimit. Marrëveshja e këtille për kahen e rrymës ka prapashetë historike. Pikërisht, për kahen pozitive të fushës elektrike është marrë ai pol me orientim prej pozitives nga poli negativ, poashtu duke u udhëhequr me kahe sipas të cilës lëviz një grimcë e elektrizuar.

Por, gjatë realizimit nëpër lëngje dhe gazëra, mbajtësit mund të përbëhen prej grimcave pozitive dhe negative (jone). Kështu, për shembull, rrymat e trupi i njeriut përbëhen prej rrymave të joneve pozitive dhe negative prej qelizave dhe ndërmjet qelizave elektrolitë. Për kahen pozitivë rryma llogaritet ajo që puthitet me kahen e

lëvizjes të joneve pozitive (për shembull Na^+ jonet). Te figura 5 është treguar kahja e rrymës së grimcave pozitive dhe negative nëpër mjedisin përçues.

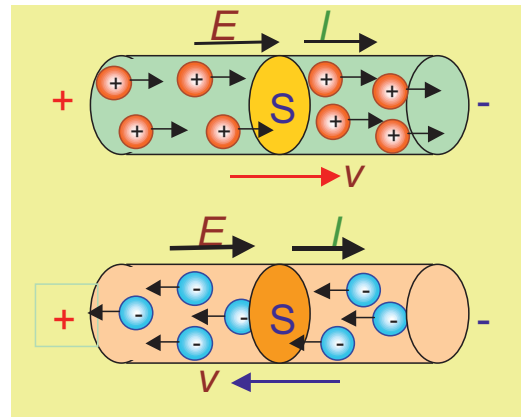


Fig. 5. Rryma prej grimcave pozitive dhe rryma prej grimcave negative

Prej figurës 5 shihet se vektorët e shpejtësisë të joneve të kundërta janë orientuar në mënyrë të kundërt, ndërsa, kahja e rrymës është e njëjtë edhe për të dy llojet e joneve.

Fuqia e rrymës mund të ndryshon me kohën, por mund të jetë e pandryshueshme, prandaj ekziston e eymë e përhershme dhe e ndryshueshme. Rryma e ndryshueshme, pra, mund të ndryshon vetëm sipas madhësisë, poashtu pa e ndryshuar kahen, por mund ta ndryshon edhe kahen. Prandaj, ekziston rrymë e ndryshueshme që e ndryshon kahen, pra rrjedh kohëpaskohe në një kahe por njëkohësisht edhe në kahe tjetër. Përfaqësues më tipik të rrymës që e ndryshon kahen është alternative. Për atë do të bëhet fjalë diçka më vonë.

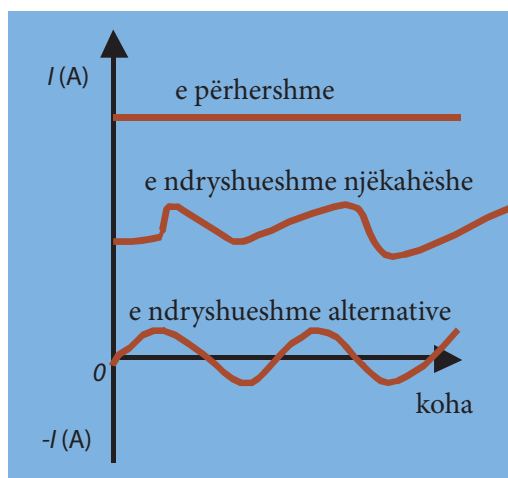


Fig. 6. Rryma e përhershme dhe e ndryshueshme

Pyetje dhe detyra

1. Sa është dendësia e rrymës të teli përçues me diametër 1 mm nëse nëpër të ka kaluar sasi elektricitet prej 0,003 C për kohën prej 5 s.
2. Cakto shpejtësinë e orientuar mesatare të elektroneve të lira të teli metalik me prerje tërthore prej 1mm^2 nëse koncentrimi i elektroneve të metali prej të cilit është bërë teli është $n = 6 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve fizike:

- rryma
- amper
- kulon
- fuqia e rrymës
- rryma e përhershme dhe e ndryshueshme
- kahja e rrymës

15. 2. BURIMET E RRYMËS NJËKAHËSHE

Që të rrjedh një lum duhet rregullisht të mbushet me ujë prej burimit. Që të mundet të rrjedh rryma nëpër një përçues, është e nevojshme mbushjet elektrike të plotësohen. Instrumentet të cilët të skajet e përçuesëve sigurojnë ndryshim potencial të përhershëm quhet **burim i rrymës**. Në këtë mënyrë të polet e një burimi mbahet tension i përhershëm. Ekzistojnë lloje të ndryshme të burimeve të rrymës, por na tani për tani do të njihemi vetëm me disa burime të rrymës njëkahëshe. Ideja për burimin më të thjeshtë të rrymës njëkahëshe rrjedh prej njohurive të shkencëtarit Luixhi Galvani nga fundi i shekullit XVIII.

Burime kimike të rrymës, sipas emrit të tij, janë quajtur elementet galvanike. Te ato mbushjet janë krijuar dhe fillojnë të lëvizin në llogari të energjisë kimike.

Bashkëkohasi i Galvanit, Alesandro Volta, e ka bërë burimin e parë më të thjeshtë të tensionit dhe e ka sqaruar principin e përfitimit të rrymës sipas mënyrë kimike. Ai element është quajtur elementi i Voltës dhe është paraqitur në figurën 1. Përbëhet prej pllakave të cinkut dhe bakrit të ndara me letër të zhytur të thartira sulfurit të holluar (mundet edhe me ujë të kripur). Ndërmjet pllakave të cinkut dhe bakrit dhe tretjes vjen deri te reaksionet kimike. Poashtu, pllaka e cinkut elektrizohet në negative prej pllakës së bakrit. Skajet e burimit quhen pole të burimit. Elementi i Voltit më shumë nuk ka zbatim praktik pasi tensioni bie shpejt.

Është treguar se burimi i tensionit mund të fitohet kurdo që të jetë dy metale të ndryshme do të zhyten në ndonjë thartirë, bazë ose kripë (**elektrolit**).

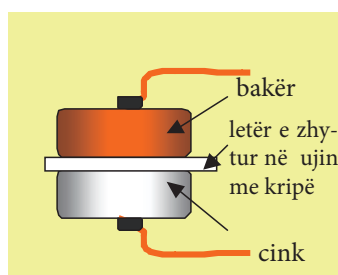


Fig. 1. Elementi i Voltës

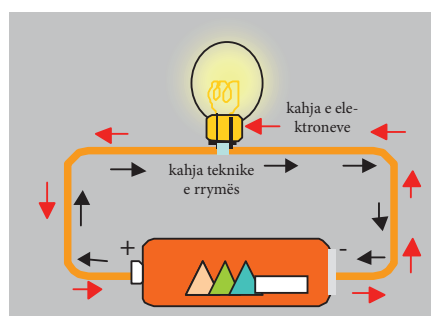


Fig. 2. Kahja e rrymës

Bateria e xhepit paraqet element të galvanit, vetëm që te ai dhe elektroliti, është në gjendje të ngurtë agregate dhe prandaj quhet elementi i thatë i galvanit (fig. 2). Kur do të lidhet një bateri nëpërmjet dy telave të bakrit me llambë, ajo do të ndriçoj. Kur do tu ndryshoj përbërja e substancave prej elementit të galvanit, atëherë në njërin prej elektrolitëve më shumë nuk do të grumbullohen tepriçë të elektroneve, pra ai do të llogaritet se „është djegur“ dhe duhet të zëvendësohet me të re.

Tensioni te elementi i galvanit do të jetë i përhershëm, kurse rryma do të rrjedh në një kahe, prandaj quhet rrymë e përhershme njëkahëshe, edhe në teknikë shënohet me DC (Direct Current). Ekzistojnë burime të cilat japin rrymë e cila është e ndryshueshme sipas madhësisë dhe sipas kahës. Ajo rrymë quhet alternative dhe shënohet me AC (Alternative Current) dhe për atë do të bëhet fjalë në kapitujt e ardhshëm. Përndryshe rryma që e fitojmë në shtëpitë tona është alternative, por e ndryshon kahen 50 herë në një sekondë.

Te figura 2 mund të vërehen shigjeta me dy ngjyra. Shigjetat e kuqe e tregojnë **kahen e vërtetë** të lëvizjes së elektroneve, ndërsa, pra, shigjetat e zeza e tregojnë **kahen e rrymës** që është marrë me marrëveshje për përdorim në fabrikë dhe teknikë. Prej burimeve kimike të energjisë elektrike shpesh hasen **bateri akumulatorësh**, të quajtur në popull **akumulatorë**.

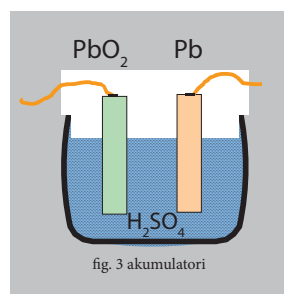


fig. 3 akumulatori

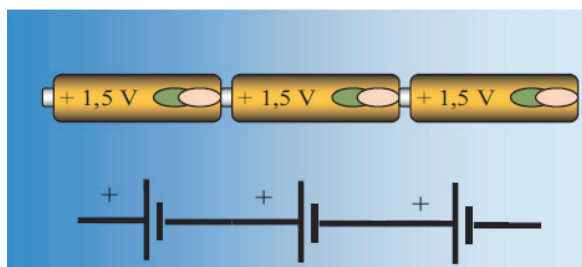


Fig. 3. Qelia e akumulatorit dhe akumulatori

Akumulatoret gjenden në çdo automobil dhe autobus, traktor dhe e japin rrymën e domosdoshme që të mund të lëshohet në punë motori. Qelia themelore te akumulatori i plumbit është paraqitur në figurën 3. Ai përbëhet prej dy pllakave të plumbit të zhytura në 20% tretje të thartirës së sulëfurit. Para se të fillon të shfrytëzohet akumulatori duhet të mbushet duke e kyçur në tjetër burim në rrymë njëkahëshe. Gjatë kohës të mbushjes krijohet reaksion kimik i oksidimit të pllakës së plumbit të kyçur në tensionin pozitiv. Poashtu, plumbi shndërrohet në oksid të plumbit, d.m.th. energjia elektrike shndërrohet në kimike. Në këtë mënyrë fitohen dy përbërje të ndryshme sipas përbërjes së elektrodave të zhytura në elektrolit. Kur do të largohet burimi për mbushje, tensioni te njëra qeli e akumulatorit është 2V. Në praktikë nuk shfrytëzohet vetëm një qeli e akumulatorit, më së shpeshti nga 6 qeli, të lidhura në seri, atëherë që tërë tensioni do të jetë 12 V. Kur do të mbushet

akumulatori, atëherë ai mund të shfrytëzohet për mbushjen e instrumenteve elektrike të automobili (ndeze elektrike, dritat, sirena, fshesat etj).

Me lidhjen e shumë elementeve galvanike fitohet, fitohet bateria.



Ekzistojnë edhe elemente galvanike bashkohore, si për shembull, të bëra prej nikel-kadmium me elektrolit prej ntrium hidroksid. Ato si edhe akumulatorët mund të plotësohen dhe zbrazët (rechargeable). Bateritë prej këtyre elementeve janë shumë të përshtatshme për mbushjen të instrumenteve elektronik sikurse janë janë fotoaparartet, laptop kompjuterët, videokamerat, aparatet për dëgjuar, MP3 pleeret etj.

Ekzistojnë burime të ndryshme të rrymës njëkahëshe, ndërmjet të cilëve më bashkohore janë qelitë solare fotovoltike, për çka do të bëhet fjalë më vonë

Kapaciteti i një burimi kimik është masa për aftësi të siguronë rrjedhje të rrymës së përhershme për periode kohore, por matet në amper orë (Ah). Për shembull, bateria ka kapacitet prej 10 Ah nëse mund të siguron rrjedhje të rrymës prej 1 A për kohën prej 10 orë.

Jepni rëndësi të këtyre koncepteve fizike:

- element galvanik -Elementi i voltit
- akumulator -bateri
- forca elektromotore

15. 3. REZISTENCA ELEKTRIKE

Kur doni të vraponi te ndonjë korridor te i cili ka shumë shtylla, atëherë ajo nuk do tu shkon aq lehtë, për dallim prej asaj kur korridori do të ishte krejtësisht i zbrazët. Domethënë, korridori sikur po ju bën rezistencë. Numër i madh i nxënësve kanë rezistencë nga të studiuarit e fizikës. (Përndryshe kjo rezistencë është krejtësisht e pa arsyeshme pasi pengesat në të studiuarit e fizikës interesante lehtë përvetësohen!). Sipas analogjisë së njëjtë edhe elektronet e kalimit nëpër materjen goditen me atomet prej grilës kristalore, dhe te ato materijali u jep rezistencë.

Modelimi i rezistencës

Në fizikë shpesh ekziston nevoja të paraqitet ndonjë dukuri që ndodh në mikrobotën me ndihmë të njohurës makrodukuria, për të ciklën mundet të tregohet se vlen varësia e njëjtë.. Kjo quhet modelim. Modelet shpesh bazohen në disa dukuri të thjeshta nga mekanika ose fizika molekulare. Kështu, te mësimi 3.1. tani më e përdorëm modelin e gazit elektronike, d.m.th., elektronet e lira prej grilës kristalore, i identifikojmë me fluidin i cili „rrjedh“ nëpër metal, që ta sqarojmë rrymën elektrike.

Shumë e përshtatshme u tregua analogjia e rezistencës elektrike me goditje me pengesa të topit që lëviz nëpër rrafshin e mënjanuar me pengesa (fig. 1). kështu, komponenta e forcës së gravitacionit që e lëviz topin poshtë nëpër rrafshin e mënjanuar përkujton në forcën e fushës elektrike që i detyron elektronet të lëvizin të orientuar nga potenciali pozitiv (fig. 2). Pengesat (gozhdat drej të radhitura) përkujtojnë në jonet pozitive prej grilës kristalore me të cilat goditen elektronet e lira në rrugën të lëvizjes së tyre. Nëse merren parasysh të gjitha forcat bashkëvepruese, të gjitha eliminimet (dukuri dhe madhësi që pak ndikojnë, të gjitha konstantet fizike që e pasqyrojnë problemin e gjeometrisë), edhe nëse zgjedhet „mtematikë“ e përshtatshme, atëherë mundet të

të përpunohet simulim kompjuterik dhe dukuria prej mikrobotës të vërehet kompjuteri. Në këtë mënyrë muind të realizohen eksperimente provuese pa hyrë në laboratorin e fizikës. Megjithatë se saktësia e modeleve do të [duhej të kontrollohen me ndihmën e eksperimenteve provuese. Në botën e shkencës, modelat janë vetëm mjet ndihmës, por jo edhe zëvendësim për eksperimentin.

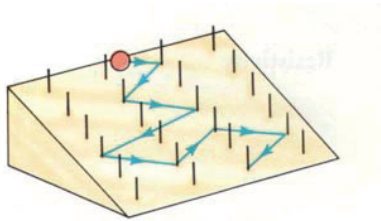


Fig. 1. Rezistenca e topit që rrokulliset nëpër rrafshin e mënjanuar me pengesa

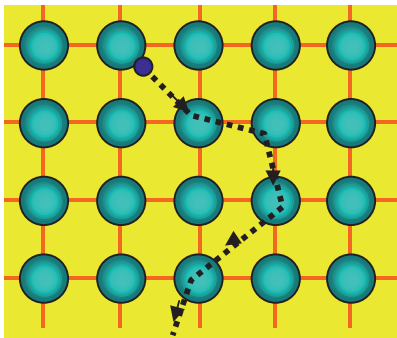


Fig. 2. Rezistenca e elektronit nëpër grilën e kristalore

Matja e rezistencë

Rezistenca mund të matet nëse trupi kyçet në një qark të thjeshtë të rrymës të përbërë prej sikurse në figurën 3, prej burimi, një ampermetër në seri, një voltmetër paralele te trupi dhe një ndërprerës. Duke kyçur një, pra në seri dy ose më shumë bateri na e ndryshojmë forcën elektromotore të burimit. Atëherë ndryshon edhe tensioni.

(V) në skajet e trupit që e mat voltmetrin, edhe fuqinë e rrymës që e tregon ampermetri (I). Poashtu vërehen vlerat e tyre.

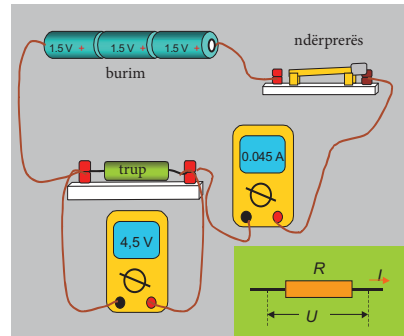


Fig. 3. Matja e varësisë së tensionit dhe rrymës së tensionit dhe tensioni i rrymës të qarkut elektrik (V-A karakteristika)

Shembulli 1. Eksperimenti prej figurës 1 tregon se ndryshimi i tensionit ka qenë i realizuar me lidhjen e 3 baterive prej nga 1,5 V. Pra kështu tensioni i voltmetrit ka mundur t'i ketë vetëm vlerat të paraqitura te tabela më poshtë, te e cila janë dhënë edhe rrymat që poashtu janë lexuar te ampermetri. Është dhënë edhe raporti tension/rrymë për çdo çifë të matur prej vlerave të tensionit dhe rrymës.

Tabela 1

Matje	Tensioni (U) në V	rryma (I) në A	rezistenca $R=$ U/I në Ω
1	1,5	0,015	100
2	3,0	0,030	100
3	4,5	0,045	100

Prej tabelës mund të shihet se raporti tension/rrymë që është në realitet, rezistenca, rezistenca e trupit, është konstante e barabartë me 100 V/A, Nëse çiftet prej brendësisë për tensionin dhe rrymën prej ztabelës 1 barten te sistemi koordinativ, atëherë do të fitohet vijë e drejtë me koeficientin e drejtimit e, në realitet, vlera reciproke e rezistencës ($1/R$).

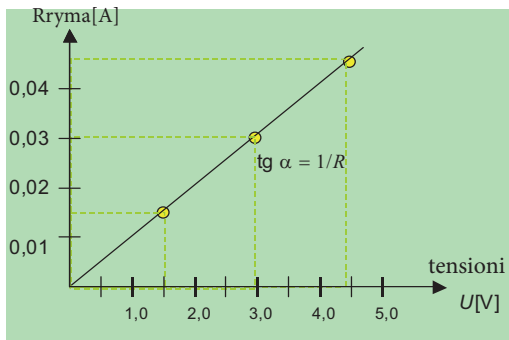


Fig. 5. Paraqitja grafike e varësisë së rrymës prej rezistencës të metalit

Paraqitja grafike e varësisë së rrymës prej tensionit quhet karakteristika e volt-ampetit (VA-karakteristika). Te metalet ajo është vijë e drejtë, kurse te gjysmëpërçuesit, pra varësia nuk është drejtëz e drejtë.

Domethënë, rezistencën mundemi ta njehsojmë vetëm me matje e njëfish të tensionit dhe rrymës. Por, duke matur për shumë vlera të ndryshme të tensionit na vërtetohet se rezistenca nuk varet prej madhësisë së tensionit.

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve fizike:

- modedle të rezistencës
- matje e karakteristikës V-A
- përcaktimi i rezistencës prej V-A

Pyetje dhe detyra

1. kryeni matjen e varësisë së rrymës prej tensionit (V-A karakteristika) dhe caktoni rezistencën të ndonjë përçuesi ose rezistencë.

2. Mendoni ndonjë modl të ri të rezistencës.

15. 4. LIDHJA NDËRMJET FUQISË SË RRYMËS DHE TENSIONIT

Te mësimi i kaluar përfshim qark të thjeshtë të rrymës sikurse në figurën 1, të përbërë prej burimit (ϵ), rezistori (shpenzues ose trup prej metali) (R), një ampermetër (A) në seri dhe një voltmetër (V), paralelisht me shpenzuesin. Duke përfshirë dy ose më shumë bateri na e ndryshojmë forcën elektromotore të burimit. Atëherë na e ndryshojmë tensionin (U) të skajeve (M dhe N), e masim me voltmetrin. Njëkohësisht ndërfryshon fuqinë e rrymës e masim me ampermetër (I).

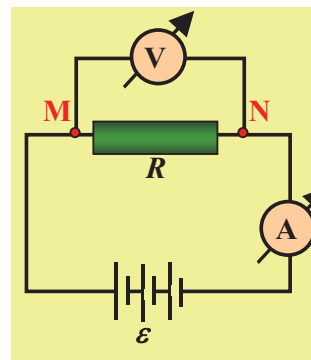


Fig. 1. Regjistrimi i raportit të tensionit dhe rrymës të qarku elektrik

Prej eksperimentit mundeshe të shikojsh se gjatë çdo ndryshimi të tensionit, raporti tension-rrymë gjithmohet konstant dhe është i barabartë me rezistencën e trupit prej metali (R),

$$\frac{U}{I} = \text{konstanta} = R$$

Rezistenca matet me njësin om (Ω).

Rezistenca prej një om ka shpenzuesi (trupi) nëpër të cilën rrjedh rrymën prej 1 A nëse në skajet e tij silllet tension prej 1 V.

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

LIGJI I OMIT

Rezultatet nga eksperimenti paraprak tregojnë se raporti i tensionit dhe rrymës të përçuesi metalik kanë vlerë të përhershme pavarësisht prej madhësisë së tensionit. Atë e jep ligji i Omit që në këtë formë vlen vetëm për përçuesit metalik.

Ligji i Omit për pjesën e qarkut të rrymës ka shumë forma të mundshme të të shprehurit, por më së shpeshti shprehet në këtë formë:

$$I = \frac{1}{R} U$$

Fuqia e rrymës I nëpër përçuesin metalik është në proporcion të drejtë me tensionin U, ku koeficienti i proporcionalitetit ka vlerë konstante, të barabartë me vlerën reciproke 1/R.

Paraqitja grafike e varësisë së rrymës I prej ndryshimit të tensionit V quhet IV ose karakteristika voltamperike. Kjo varësi e I prej V te metalet është vijë e drejtë (çl.2).

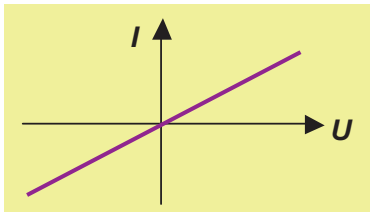


Fig. 2. Varësia e I prej V të përçuesit metalik

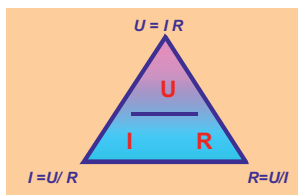


Fig. 3. Trekëndëshi i Omit

I njohur është i ashtuquajturit trekëndësh i Omit (fig. 3) i cili mundëson lehtë të mbahet mend dhe përfitimi i tij në çfarëdo formë që është e nevojshme për tu përcaktuar madhësia e panjohur.. Ligji i Omit jo vetëm që vlen për pjesë të qarkut të rrymës në skajet e përçuesit metalik dhe rryma nëpër të, por edhe për tërë qarkun e rrymës. Nëse marrim qark të thjeshtë që përmban burim të forcës së elektromotorit (ϵ), shfrytëzues, ampermetër dhe voltmetër (fig. 4), tëherë patjetër të llogarisim se burimi i forcës së elektromotorit përmban komponente (elektrolit, elektroda, kontakte etj.) të cilat i kundërshtojnë rrjedhjes së rrymës, pra mund të paraqiten si rezistencë të tij të brendshme (r). Atë rezistencë do ta paraqesim sikur të jetë i lidhur në seri me burimin e forcës së elektromotorit. Nëse nëpër qarkun e rrymës me fuqi I, atëherë në skajet e rezistencës së brendshme do të paraqitet rënie të tensionit të barabartë me rI .

Prej ligjit për ruajtjen e energjisë vijon se puna që e kryejnë forcat e jashtme (forca e elektromotrit) dhet të jetë e barabartë me shumën e punëve që i ka krye rryma te pjesa e brendshme dhe e jashtme e qarkut të rrymës.

Prej këtu vijon ligji i Omit për tërë qarkun e rrymës

$$\epsilon = I \cdot r + I \cdot R = I(r + R) \quad \text{ose}$$

$$I = \frac{\epsilon}{r + R},$$

d.m.th.,

fuqia e rrymës në tërë qarkun e rrymës është në proporcion të drejtë me forcën e elektromotorit të burimit, kurse në proporcion të zhdrejtë prej shumës së rezistencës së brendshme dhe të jashtme të qarkut.

Prej këtij ligji del se rryma jo vetëm që rrjedh te qarku i jashtëm i rrymës, ajo rrjedh edhe në brendësinë e burimit.

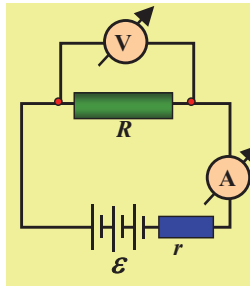


Fig. 4. Ligji i Omit për tërë qarkun e rrymës

Ndarja e materijaleve sipas përçueshmërisë

Disa materijale, si për shembull, metalet kanë veti të bartin mbushje elektrike dhe quhen përçues të rendit I. Elektrolitët quhen përçues të rendit II. Disa të tjerë, sikurse plastika, nuk përçojnë dhe quhen izolator. Trupi i njeriut gjithashtu është përçues i mirë i mbushjeve elektrike, në çka mund të bindemi nëpërmjet ç'elektrizimit e elektroskopit me prekje me dorë.

Përveç të gjithë përçuesëve dhe izolatorëve, ekzistojnë edhe materijale tjera të cilët përçarja e elektricitetit shumë varet prej kushteve të jashtëme, para së gjithash temperatura, ndiçimi etj. Ato quhen gjysmëpërçues. Te tabela II janë dhënë shembuj prej të gjitha llojeve të materijaleve nga jeta e përditshme dhe rendi i madhësisë të rezistencës specifike elektrike.

Përçues $\rho \sim 10^{-8}$ Ωm	Izolator $\rho \sim 10^{10} - 10^{14}$ Ωm	Gjysmëpërçues $\rho \sim 1-1000$ Ωm
bakër argjent ar	plastikë qelq gomë	silicium germanium selen

Varësia e rezistencës prej tensionit

Te metalët vërejtëm se rezistenca nuk varet prej tensionit, d.m.th., gjatë tensioneve të ndryshme raporti tension-rrymë gjithmonë është konstant (IV-diagrami nga figura 2). Po te disa materijale

tjera ekziston varësi drejtvizore të rrymës prej tensionit, pra rezistenca varet prej madhësisë së tensionit të sjellur. Materijalet e atilla janë gjysmëpërçues, pra te ato diagrami IV karakteristik i varësisë së rrymës prej tensionit nuk është vijë e drejtë sikurse te metalet. Për këtë shkak edhe raporti i tensionit dhe rrymës te pikat e ndryshme do të jetë e ndryshme. Prandaj, rezistenca e këtyre materijaleve do të ndryshon varësisht prej tensionit.

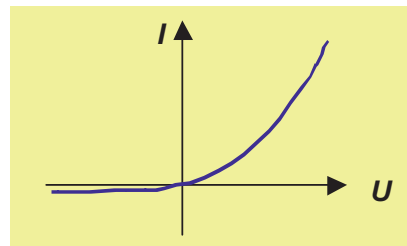
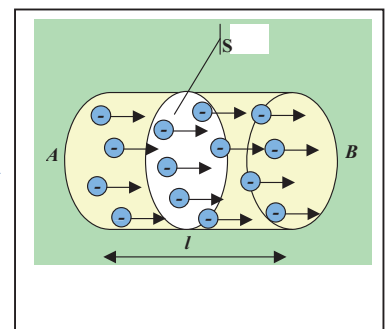


Fig 5. Varësia jolineare e rrymës prej tensionit

Materijalet e këtilla nuk i nënshtrohen ligjit të Omit.

Varësia e rezistencës prej përçuesit metalik

Për këtë shembull më të thjeshtë do të mendojmë një copë tel metalik, sikurse te figura 6, nëpër të cilin duhet të lëvizin elektrone prej vendit A deri te vendi B. Nëse teli është me gjatësi (l) dhe prerje tërthore (S), atëherë prej çka varet rezistenca e një përçuesi?



Është tre-guar se rezistenca është në proporcion të drejtë prej gjatësisë së përçuesi (l), në proporcion të zhd me prerjen tërthore (S)

Konstanta e proporcionalitetit është rezistenca specifike (ρ) që është numër konstant për materijalin e dhënë të kushtet e dhëna.

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Te tabela I janë dhënë vlerat për rezistencën specifike për disa metale dhe legura

Tabela I

Substanca	ρ -rezistenca specifike ($\Omega \cdot m$)
bakër	$0,017 \cdot 10^{-6}$
argjent	$0,016 \cdot 10^{-6}$
hekur	$0,130 \cdot 10^{-6}$
nikel	$0,420 \cdot 10^{-6}$
konstantan	$0,500 \cdot 10^{-6}$
cekas	$1,100 \cdot 10^{-6}$

Shembull 1. Sa është rezistenca elektrike e telit të bakrit me prerje tërthore prej 1 mm^2 , dhe gjatësi prej 500 m ? (Rezistencën specifike të bakrit gjeni në tabelën I.

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,017 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m \cdot \frac{500}{1 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{m}{m^2} = 8,5 \Omega$$

Varësia e temperaturës së rezistencës

Rezistenca specifike e një përcuesi varet prej shumë faktorëve. Njëri prej më të rëndësishmëve është temperatura. Rezistenca të pothuajse, të gjithë metalet rritet në proporcion të drejtë (fig. 7) me rritjen e temperaturës sipas ligjshmërisë,

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta t),$$

ku ρ rezistenca specifike elektrike në ndonjë temperaturë t , ρ_0 është rezistenca specifike gjatë ndonjë temperature t_0 , kurse $\Delta t = t - t_0$.

α është koeficienti i temperaturës së rezistencës, dhe është i barabartë me ndryshimin relativ të rezistencës të substancës së dhënë gjatë ndryshimit të temperaturës për $1K$.

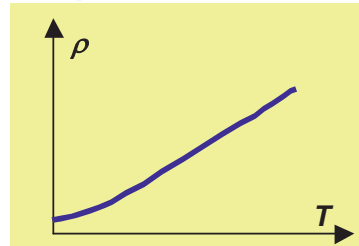


Fig. 7. Varësia e rezistencës specifike prej temperaturës të metalet

Ky relacion është shfrytëzuar te termometrat e rezistencës për matjen e temperaturës.

Shembull 2. Termometri rezistues i platinës është bërë prej telit të platinës me rezistencë $100,0 \Omega$ në temperaturë prej $20^\circ C$. Kur termometri ka qenë i zhytur në enë ku shkrihet indiumi, rezistenca e tij personale e $153,6 \Omega$. Cakto pikën e shkrirjes së indiumit nëse është dhënë $\alpha = 3,92 \times 10^{-3} (^\circ C)^{-1}$

Ndihmë: rezistenca e një mediumi varet në proporcion të drejtë prej rezistencës specifike, d.m.th., $R = \rho l / S$. Prej këtu mund të shkruhet se $\rho = RS / l$ dhe $\rho_0 = R_0 S / l$. Atëherë me zëvendësim të barazimi

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$R \frac{S}{l} = R_0 \frac{S}{l} (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

pas thjeshtimit fitohet:

$$R = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

Zgjidhje:

$$\Delta t = \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0} = \frac{153,6 - 100,0}{3,92 \cdot 10^{-3} \cdot 100,0} = 137^\circ C$$

Pasi $\Delta t = t - t_0$ vijon se

$$t = \Delta t + t_0 = 157^\circ C$$

Superpërçuesit

Qysh në fillim të këtij shekulli ka qenë në dijeni se me ftohjen e përçuesit prej metali rezistenca e tij bie, ashtu që në zeron absolute ($T = 0\text{K}$) ai bëhet 0. Ai në realitet, bëhet 0 edhe në temperaturë më të lartë se zero absolute. Te plumbi, për shembull, rezistenca bëhet $0\ \Omega$ në temperaturë prej $7,18\ \text{K}$. Saktë në temperaturë të caktuar shumë të ulët, të auajtur temperaturë kritike T_c (në afërsi të zeros absolute), rezistenca e metalit menjëherë zvogëlohet, pra mund të arrijn edhe vlerën $0\ \Omega$. Gjendja e atillë është quajtur superpërçues. Shumica e metaleve të pastra e posedojnë vetinë e superpërçuesëve me temperaturë të ulët. Te tabela II janë dhënë disa temperatura të tryre të ulëta kritike T_c .

Tabela III

Metal	T_c [K]
Pb	7,18
Sn	3,72
Zn	0.88

Por ekziston, edhe klasa e materijaleve të qeramikës rezistenca e të cilit përafërsisht bëhet zero nën ndonjë temperaturë të caktuar kritike

T_c që nuk është ekstreme e ulët si- kurse te materialet paraprake. Këto quhen superpërçues me temperaturë të lartë pasi në temperatura që janë larg prej zeros absolute (për shembull përafërsisht $100\ \text{K}$) shumë mirë përçojnë rrymën elektrike. Rezistencën që e arrijn temperatura kritike është shumë më e lartë se rezistenca e superpërçuesve më të mirë. Kështu, substanca e përbërë prej bakrit (Cu), itriumit (Y), bariumit (Ba) dhe oksigjenit (O), në temperaturën kritike T (shiko figurën 8) rezistenca bie afërsisht $10^{-25}\ \Omega\text{m}$, d.m.th., afërsisht 10^{17} herë më e vogël se rezistenca e bakrit. Zbatimi më i rëndësishëm e superpërçueshmërisë është bërja e superpërçueshmëria e magneleve (fig.9) te të cilët veprimi i forcave të magnetit është përafërsisht 10 herë më e fuqishme se te elektromagnetët më të mirë me dimensionet e njëjta.

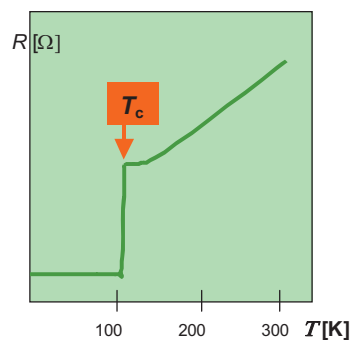


Fig. 8. Varësia e temperaturës së rezistencës të superpërçuesit në temperatura të larta. Temperatura kritike T_c është afërsisht $100\ \text{K}$.

Supermagnetet e këtillë do të shfrytëzoheshin për ruajtjen e energjisë.



Fig. 9. Unaza metalike qëndron pezul në fushën magnetike të superpërçueshmërisë (forca magnetike e kompenzon forcën e gravitacionit)



Fig. 10. MAGLEV është treni që punon në principin e levitacionit magnetik (qëndron pezul mbi binarët)

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve themelore:

- rezistenca elektrike
- rezistenca e brendshme
- koeficienti i temperaturës së rezistencës
- ligji i Omit
- rezistenca elektrike
- superpërçueshmëria
- superpërçueshmëria me temperaturë të lartë
- temperatura kritike.

15. 5. REZISTORËT

Rezistorët janë pjesë përbërës të rretheve elektrike dhe elektronike. I ka çdo televizor, kasetofon, CD- pleer etj. Te kompjuterët ato janë vendosur në brendësinë e qarqeve të integruara dhe kanë dimensione mikroskopike.

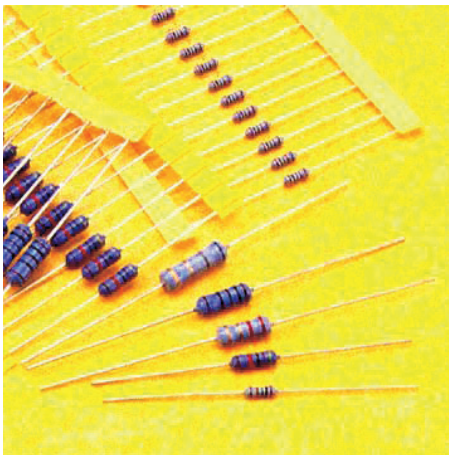


Fig. 1 Rezistor qeramkike

Në praktik më së shpeshti përdoren rezistor të qeramikes (fig.1) dhe rezistor prej telit rezistues. Rezistorët shërbejnë për rregullimin e vlerave të rrymave dhe tensioneve të qarqet elektrike. Më së shpeshti shënohen me ndihmën e katër shiritave në ngjyrë. Dy shiritat e parë i japin shifrën e parë dhe të dytë të vlerës së rezistorit. E treta e jep shkallën e shumëzuesit, por i katërti e cakton klasën e tolerancës (fig. 2). Për dekodimin e rezistorëve mund të shërbehemi me tabelën. Një shembull për dekodim të vlerave të një rezistori është dhënë te titulli i figurës 2.

Në laboratorin e fizikës shpesh përdoren edhe rezistorët e ndryshueshëm me rrëshqitës (fig. 3). Rezistori i këtillë përbëhet prej telit të spirales e mbështjellur rreth cilindrit izolator

Skajet e telit janë kontaktet 1 dhe 2. Gjendet edhe rrëshqitës me të cilin mund të vendoset kontakt me çdo mbështjellje. Këto rezistor mund të bashkohen në dy mënyra të ndryshme dhe të shërbejnë për rregullimin e rrymës ose rregullimi i tensionit në qark. Poashtu edhe lidhja realizohet në mënyrë që është treguar në figurën 4.

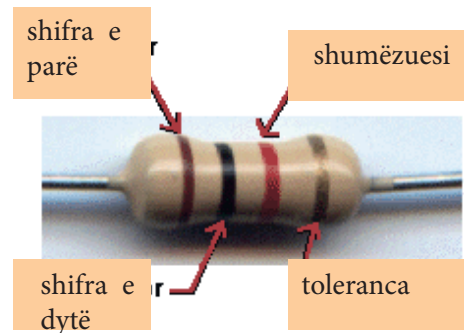


Fig. 2. Rezistor qeramike me shiritat të ngjyrosur. Sipas tabelës I, rezistenca e këtij rezistori është изнесува: $10 \times 10^2 \Omega \pm 5\% = (1 \pm 0,05) \text{ k}\Omega$

Tabela I

Ngjyra	Numri	Shumëzuesë	Toleranca
e zezë	0	10^0	
e kafe	1	10^1	
e kuqe	2	10^2	
oranzhëe	3	10^3	
verdhë	4	10^4	
e gjelbër	5	10^5	
e kaltër	6	10^6	
vjollcë	7	10^7	
e murme	8	10^8	
e bardhë	9	10^9	
e arit		10^{-1}	5%
e argjent		10^{-2}	10%
pa ngjyrë			20%

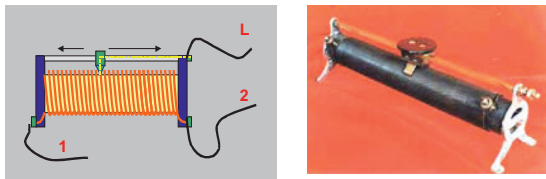


Fig. 3. rezistor i ndryshueshëm me rrëshqitës

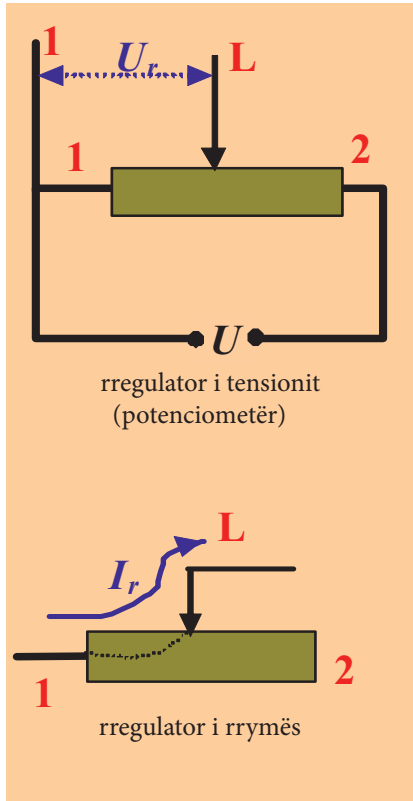


Fig. 4. Rezistor me rrëshqitës, rregulator i tensionit dhe rregulator i rrymës

Te figura 4 është dhënë paraqitja skematike e mënyrave të lidhjes së rezistorit me rrëshqitës. Pikat q1 dhe 2 janë pikat e skajshme prej telave të mbështjellur. Kontakti L mund të rrëshqas nëpër telin e mbështjellur.

Rezistori me rrëshqitës mund të përdoret si rregulator i tensionit. Nëse tensioni që është në disponim prej ndonjë burimi është më i madh se tensioni që duhet të sillët që të mbu-

shet ndonjë komponentë tjetër elektronike, atëherë atë e kyçim ndërmjet pikave 1 dhe 2. Atëherë tërë tensioni (U) bie ndërmjet atyre dy skajeve. Varësisht prej pozitës së rrëshqitësit, mundet ndërmjet pikave 1 dhe L të fitohet tensioni i rregulluar që e dëshirojmë (U_r), pasi vetëm pjesë e tensionit të përgjithshëm bie në atë pjesë, kurse mbetja deri U bie në pjesën ndërmjet 2 dhe L, por ai nuk shfrytëzohet. Instrumenti i këtillë quhet **potenciometër** dhe ka zbatim shumë të madh: me të rregullohet, për shembull, fuqia e zërit të televizorët, përforcuesit etj.

Rezistori me rrëshqitës mund të përdoret edhe te skemat për **rregullimin e rrymës**. Në këtë rast lidhet vetëm njëri skaj (për shembull 1) dhe rrëshqitësi (L). Kështu, rryma do të jetë më e dobët nëse rrëshqitësi vendoset në vendin e skajit tjetër (2) pasi atëherë rezistori te qarku është më i madh, pra rryma sipas ligjit të Ohmit ($I=U/R$) do të jetë më e vogël. Duke rrëshqitur rrëshqitësin nga kontakti (1) rryma rregullohet (zmadhohet), pasi rezistori i telit të mbështjellur zvogëlohet për shkak të zvogëlimit të gjatësisë.

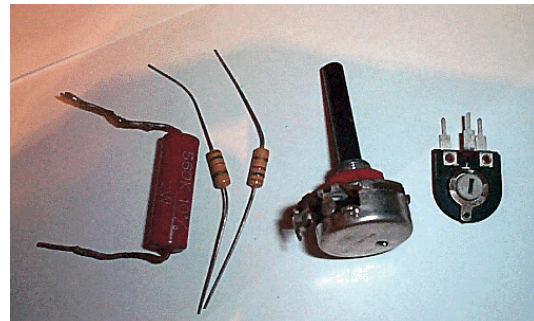


Fig. 5. Rezistor dhe potenciometër

Jepni rëndësi këtyre koncepteve:

- dekodimi i ngjyrave
- rregulatori i tensionit (potenciometër)
- rregulator i rrymës

15. 6.LIGJET E KIRKOFIT ZGJIDHJA E QARQEVE

Madhësitë e panjohura të qarqet elektrike mund të caktohen të duke zgjidhur barazimet që parashtrihen në bazë të disa ligjshmerive. Në zgjidhjen e qareve elektrike, para së gjithash shfrytëzohet ligji i Omit, të cilin e kemi mësuar më herët. Ligji e jep lidhjen ndërmjet tensionit (U) dhe rrymës (I) nëpër një përçues me rezistor (R).

$$U = I \cdot R$$

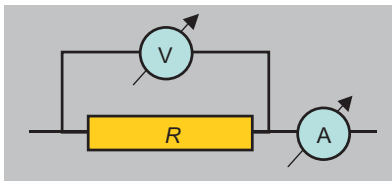


Fig. 1. Ligji i Omit për pjesë të qarkut të rrymës

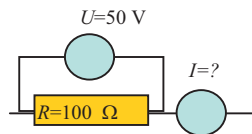
Shembulli 1.

Në skajet e një rezistori prej 100Ω është matur tensioni prej 50 V . Sa është rryma që rrejdhet nëpër atë rezistor?

Zgjidhje:

Prej ligjit të Omit kemi

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ A}$$



Për zgjidhjen e qarqeve elektrike të degëzuar më të ndërlikuara e domosdoshme është zbatimi i ligjeve të Kirkoftit.

Ligji i parë i Kirkoftit thotë se shuma e fuqive të rrymave që hyjnë në një pikë, është e barabartë me shumën e rrymave që dalin në atë pikë. Ose, ligji i parë i Kirkoftit thotë:

shuma algjebrike e rrymave që hyjnë në një nyje është e barabartë me zero.

Megjithatë, rrymat që hyjnë te nyja merren me marrëveshje si pozitive, kurse rrymat që dalin prej tij llogariten si negative.

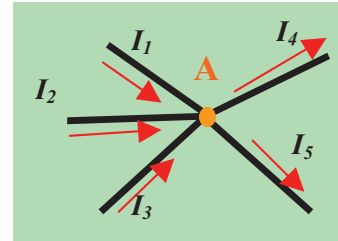


Fig. 2. Pika e nyjes me degë të rrymës

Për pikën e nyjes A prej fig. 2 mund të shkruhet

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \quad \text{ose}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + (-I_4) + (-I_5) = 0$$

Në rasin e përgjithshëm, ligji i parë i Kirkoftit mund të shkruhet si:

$$\sum I = 0,$$

Ligji i parë i Kirkoftit mundet lehtë të tregohet me një qark të rrymës së thjeshtë që degëzohet sikurse është dhënë në fig. 3. Me matjen e rrymave me ampermetrat mund të tregohet se fuqia e rrymës para degëzimit në pikën B është e barabartë me shumën e rrymave prej te degët e veçanta.

$$I = I_1 + I_2$$

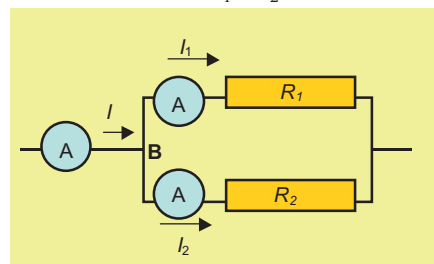


Fig. 3. Ligji i parë i Kirkoftit (ligji për rrymën)

Shembulli 2. Njehso fuqinë e rrymës nëpër rezistorin R_1 nëse dihet fuqia e rrymës nëpër $R_2 = 0,5$ A, dhe fuqia e rrymës para degëzimit $I = 1,5$ A. **Zgjidhje:**

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I - I_2 = 1,5 - 0,5 = 1 \text{ A}$$

Rëndësia e ligjit të dytë të Kirkoftit mund të tregohet në qark të thjeshtë me një burim, të lidhur me radhë me dy rezistor (fig. 4). Matjet mund të tregojnë se forca elektromotore e burimit do të jetë e barfabartë me shumën e rënieve të tensioneve në skajet e atyre dy rezistorëve.

Ligji i dytë i Kirkoftit thotë se një qark i mbyllur që është pjesë e ndonjë qarku të përbër të rrymës, shuma e të gjitha rënieve të tensionit është e barabartë me shumën e forcave elektromotore të burimeve që janë kyçur në qarkun (fig. 5).

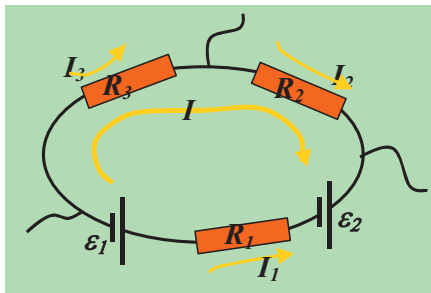


Fig. 5. Qarku i rrymës me më shumë rezistor dhe burime tëforcës së elektromotorit

Për qarkun që është dhënë në figurën 5, mund të shkruhet:

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3,$$

ku I_1 , I_2 dhe I_3 janë rrymat që rrjedhin nëpër çdonjërin prej rezistorëve R_1 , R_2 u R_3

Në rastin e përgjithshëm, ligji i dytë i Kirkoftit mund të shkruhet kështu:

$$\sum \varepsilon = \sum I \cdot R$$

$$\varepsilon = U = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2).$$

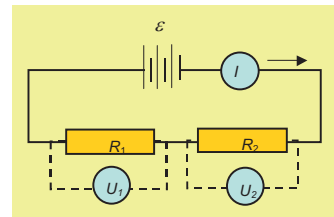


Fig.4. Ligji i dytë i Kirkoftit (ligji për tensionin)

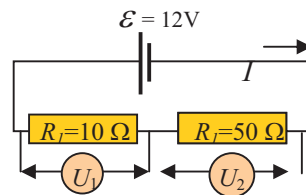
Shembulli 3. Caktoni rëniet e tensioneve në skajet e rezistorëve $R_1 = 10 \Omega$ dhe $R_2 = 50 \Omega$, nëse është dhënë forca elektromotore e burimit $\varepsilon = 12$ V.

$$\mathcal{E} = U_1 + U_2 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 = I \cdot (R_1 + R_2)$$

$$I = \frac{\varepsilon}{(R_1 + R_2)} = \frac{12 \text{ V}}{(10 + 50) \text{ V/A}} = \frac{12}{60} \text{ A} = 0,2 \text{ A}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ V}$$



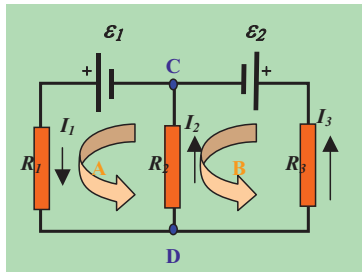
Gjatë zgjidhjes të qarqeve elektrike më të ndërlikuara së pari me grupimin e rezistorëve, pra pastaj në hapa të zgjidhet. Poashtu, duhet pasur kujdes në disa punë.

- Duhet pasur kujdes të kaheve të forcës elektromotore (vet merremi vesht të cilën do ta marrim për pozitive por cilën për negative dhe i përmbahemi rregllës deri në fund). Për shembull, forcës elektromotore poli pozitiv i të cilit është në anën

e majtë i japim parashenjë pozitive, kurse te ajo me pol pozitiv nga e djathta i japim shenjë negative.

- Gjithashtu, vendosim rregullë për atë cila kahe të rrymës do ta marrim për pozitive por cilën për negative. Më në fund është rrymat që puthiten me drejtimin e lëvizjes së shigjetave të orës të merren për pozitive.

Shembulli 4. Të caktohen rrymat I_1 , I_2 dhe I_3 që rrjedhin nëpër rezistorët $R_1=2\Omega$, R_2 dhe R_3 ($R_2 = R_3 = 1 \Omega$), te skema më poshtë, nëse llogariten për të njohura forcat elektromotore te skema ($\varepsilon_1=11 \text{ V}$ dhe $\varepsilon_2=2 \text{ V}$).



Me zbatimin e ligjit të parë të irkofit tge pika e degëzimit D fitohet

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

Me zbatimin e rregullës së dytë të Kirkoftit të rrethit A fitohet

$$\varepsilon_1 = I_1 R_1 + I_2 R_2,$$

por të rrethit B

$$-\varepsilon_2 = -I_2 R_2 + I_3 R_3$$

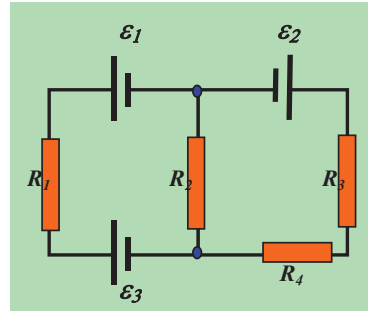
Me zëvendësim përkatës zëvendëso barazimet njëri në tjetrin dhe me operacionet matematike mund të caktohen rrymat. (Zgjidhje: $I_1=4 \text{ A}$, $I_2=3 \text{ A}$ dhe $I_3=1 \text{ A}$.)

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve:

- pika e nyjes
- ligji i parë i Kirkoftit
- ligji i dytë i Kirkoftit

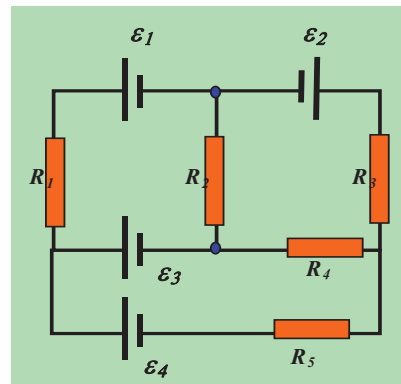
Pyetje dhe detyra

1. Të caktohen rrymat që rrjedhin nëpër rezistorët $R_1=2\Omega$, $R_2 = R_3=R_4=1 \Omega$, te skema më poshtë, nëse llogariten për të njohura forcat elektromotore te skema ($\varepsilon_1=\varepsilon_3=11 \text{ V}$ dhe $\varepsilon_2=2 \text{ V}$).



2. Një degë e rrymës dedgëzohet në degë. Nëse rezistorët e degëve të reja qëndrojnë si 1:2:3:4, atëherë si do të qëndrojnë rrymat?

3.Cakto rrymat që rrjedhin nëpër rezistorët te qarku i dhënë më poshtë, nëse është dhënë se të gjithë rezistorët janë prej nga 5Ω , kurse të gjithë burimet e forcës elektromotore janë prej nga $1,5 \text{ V}$.



15. 7. LIDHJA E REZISTORËVE



Sigurisht, keni vërejtur se te lusterët me shumë llamba, kur do të digjet njëra prej llambave, të tjerat vazhdojnë të ndriçojnë. Si janë lidhur? Llambat janë lidhur paralel

lisht, në të cilën do të bindeni vet.

Çdo shfrytëzues në amvisëri mund të trajtohet sikur të jetë rezistor, pasi, në realitet komponentet prej të cilave janë bërë një lloj shumë e rezistorëve. Kështu edhe llambat elektrike në amvisëri janë bërë prej teli të volframit, pra llambat mund të llogariten si rezistor. Bojleri është bërë prej telave ngrohëse, pra edhe ai llogaritet për rezistor. Hekuri gjithashtu është, etj.

Në elektronikë paraqitet nevoja për lidhje të rezistorëve dhe shfrytëzuesëve në të njëjtën lloj burim të rrymës. Gjithashtu, shpesh është e nevojshme të caktohet vlera për rezistor në ndonjë qark të rrymës, por rezistor me vlerë të atillë mundet edhe të mos prodhohet. Prandaj me ndihmën e lidhjes në seri, paralel ose lidhje të kombinuar mund të fiton vlera e kërkuar.

Lidhja në seri e rezistorëve

Le të lidhim disa rezistor në një radhë (varg), sikurse te fig. 1.

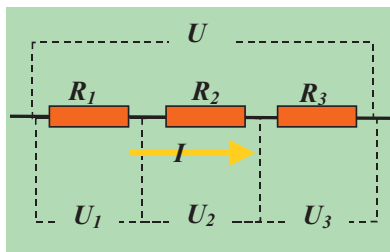


Fig. Lidhja në seri të rezistorëve

Prej ligjit të dytë të Kirkoftit vijon se rënia e tensionit në skajet e lidhjes në seri të rezistorëve në skajet e rezistorëve R_1 , R_2 dhe R_3 ,

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Nëse tensionin U e shprehim si prodhim prej rrymës dhe rezistencës së përgjithshme që do ta paraqitet lidhjen në seri të dy rezistorëve ($U=IR$), dhe e zëvendësojmë te lifhi i dytë i Kirkoftit, fitohet relacioni:

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

Rezistenca e përbashkët, R , që fitohet si rezultat i lidhjes në seri të dy ose më shumë rezistorëve thjesht është shumë e atyre rezistorëve

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Prej këtui, për rezistencën e përbashkët (R) në rastin e përgjithshëm në lidhjen në seri të rezistorëve ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) mund të shkruhet:

$$R = \sum R_n.$$

Rezistenca e përbashkët për lidhje në seri është e barabartë me shumën e rezistencave të veçanta.

Lidhja paralele e rezistorëve

Le të lidhim disa rezistorë në mënyrë paralele sikurse te figura 2.

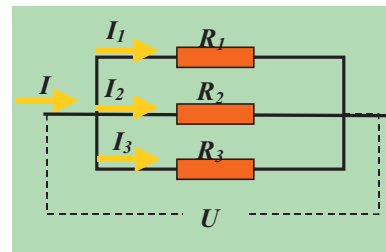


Fig. 2. Lidhja paralele e rezistorëve

Rezistenca e re që do të fitohet si rezultat i lidhjes paralele të rezistorëve do të mund të njehsohet në këtë mënyrë: prej ligjit të parë të Kirkoftit vijon se rryma para degëzimit është e barabartë me shumën e rrymave pas degëzimit

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Me ndihmën e ligjit të Omit mundemi t'i shprehim rrymat në veçanti:

$$I = \frac{U}{R} ; I_1 = \frac{U}{R_1} ; I_2 = \frac{U}{R_2} ; I_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Kur do të zëvendësohen rrymat te ligji i parë i Kirkoftit, do të fitohet:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ose, pasi të thjeshtohet tensioni U , fitohet:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

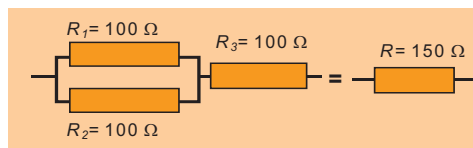
Në rastin e përgjithshëm të lidhjes në seri të rezistorëve $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, rezistori i përgjithshëm (R) do të fitohet prej relacioni

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_n}$$

Te lidhjet paralele të rezistorëve, vlera reciproke e rezistencës së përbashkët është e barabartë me shumën e vlerave të përbashkëta të rezistorëve të veçantë.

Është e rëndësishme të kuptohet se rezistenca e përbashkët (R) për lidhjen paralele të rezistorëve gjithmonë është më e vogël se çdonjëri prej rezistorëve të veçantë (R_1, R_2, \dots, R_n).

Shembulli 1. Të caktohet rezistenca e përbashkët për lidhjen prej figurës sëposhtëme.

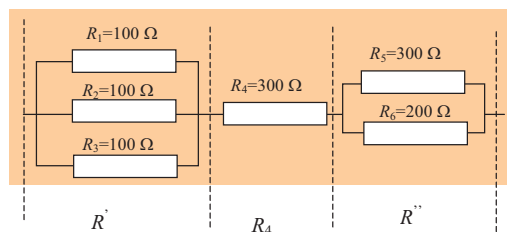


Prej $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ vijon se

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 50 \Omega.$$

$$R = R' + R_3 = 50 + 100 = 150 \Omega.$$

Shembulli 2. Të caktohet rezistenca e përbashkët e 6 rezistorëve me rezistencë të dhënë të cilët janë të lidhur me si te figura :



Këtë lidhje të ndërlidhur të rezistorëve pjesëtojmë në tre pjesë. Për çdo pjesë mundet në veçanti të njehsohen nënrezistorët e përbashkët R' , R_4 dhe R'' , të cilët ndërmjet veti janë të lidhur në seri. Ta caktojmë nënrezistencën R .

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{3}{100}$$

për R' fitohet

$$R' = 33,3 \Omega$$

tani ta caktojmë nënrezistencën R'' :

$$R'' = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = \frac{300 \cdot 200}{300 + 200} = \frac{60000}{500} = 120 \Omega$$

Në fund, për rezistencën e përgjithshme të lidhjes në seri të nënrezistencës:

$$R = R' + R_4 + R'' = 33,3 + 300 + 120 = 453,3 \Omega .$$

Shembulli 3 prej botës së gjallë.

Ngjala elektrike (fig. 3) që jeton në lumenjtë jugoamerikan ka aftësi ta mashtron gjahun dhe ta vret me rrymë elektrike të shkurtër me fuqi përafërsisht prej 1 A. Poashtu ngjala e shfrytëzon tensionin prej disa qindra voltë që ajo e krijon ndërmjet kokës së saj dhe bishtit. Si mundet një peshk të prodhon aq tension? Si mundet të mos dëmton vet me rrymën të atillë.



Fig. 3. Ngjala elektrike

Biologët kanë gjetur se te trupi i ngjalës ka qindra mija qeliza biologjike të cilat mund të krijojnë tension prej 0,15 V. „bateritë“ e këtilla elektrike të lidhura në 140 vargje paralele sipas gjatësisë së trupit të ngjalës (fig. 4). Çdonjëri prej vargjeve ka nga 5000 qeliza të atilla, pra tensioni i përgjithshëm i një vargu është:

$$U = 5000 \cdot 0,15 \text{ V} = 750 \text{ V}$$

Çdonjëra prej qelizave-bateri ka edhe rezistencë të saj të brendshme, të paraqitur në skemë me lidhje në seri të rezistencave $r = 0,25 \Omega$, pra prej këtu edhe rezistenca elektrike e përgjithshme e çdo vargu është shuma e këtyre rezistencave:

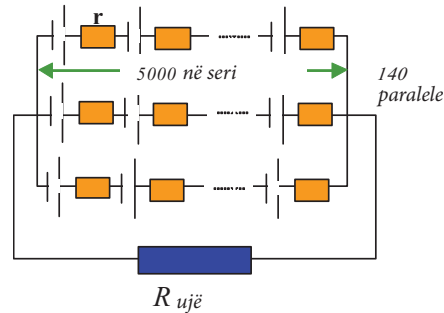


Fig. 4. Model elektrik të ngjalës elektrike

$$R = 5000 \cdot 0,25 \Omega = 1250 \Omega$$

140 vargjet e këtilla janë lidhur paralelisht, pra rezistenca e përgjithshme (R_v) e tërë rrjetës do të jetë:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{1250 \Omega} + \dots + \frac{1}{1250 \Omega} = 140 \cdot \frac{1}{1250 \Omega}$$

$$R_v = 8,93 \Omega$$

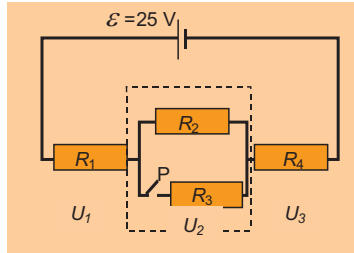
Nëse merret se vlera e rezistencës së ujit është përafërsisht 800Ω , atëherë fuqia e rrymës që rrjedh nëpër ujë në hapësirë ndërmjet kokës dhe bishtit do të jetë:

$$I = \frac{750 \text{ V}}{800 \Omega + 8,93 \Omega} = 0,93 \text{ A}$$

Por për shkak të 140 vargjeve të lidhura (seri) 0,93 A degëzohet në 140 degë paralele, pra kështu vargu nëpër të cilin çdo qelizë e ngjalës nuk përcjellë rrymë më të madhe se:

$$I_s = \frac{I}{140} = \frac{0,93 \text{ A}}{140} = 0,0066 \text{ A} = 6,6 \text{ mA}$$

Shembulli 4. Caktoni fuqinë e rrymës që rrjedh nëpër qarkun nëse dihen të gjitha madhësitë të dhëna në mënyrë skematike gjatë: a) ndërprerësit të mbyllur dhe b) ndërprerësit të hapur P.



a) Gjatë ndërprerësit të mbyllur do të jetë

$$R' = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = 50 \Omega$$

$$R = R_1 + R_4 + R' = 100 + 100 + 50 = 250 \Omega$$

Rryma para degëzimit do të jetë:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{25 \text{ V}}{250 \text{ V/A}} = 0,1 \text{ A}$$

b) Rezistenca e përbashkët gjatë ndërprerësit të hapur do të jetë:

$$R = R_1 + R_3 + R_4 = 100 + 100 + 100 = 300 \Omega$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{25 \text{ V}}{300 \text{ V/A}} = 0,083 \text{ A}$$

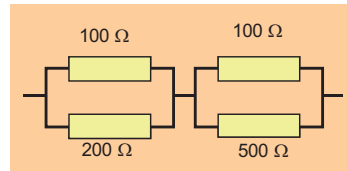
Jepni rëndësi këtyre koncepteve:

- lidhja në seri prej rezstorëve
- lidhja pralele prej rezstorëve
- ngjala elektrike

Pyetje dhe detrya

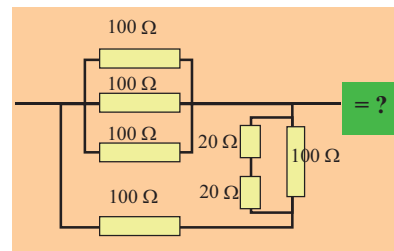
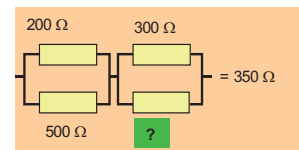
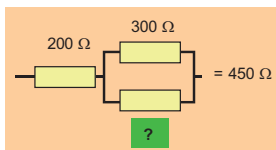
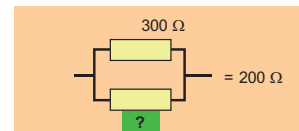
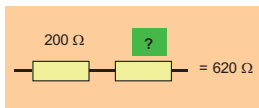
1. Sa do të jetë rezistenca e përgjithshme nëse lidhim në seri dy rezistor prej nga 100 Ω, një prej 200 Ω dhe tre prej nga 300 Ω?

2. Çfarë rezistori mund t'i zëvendëson katër rezistorët të lidhur si në figurë?



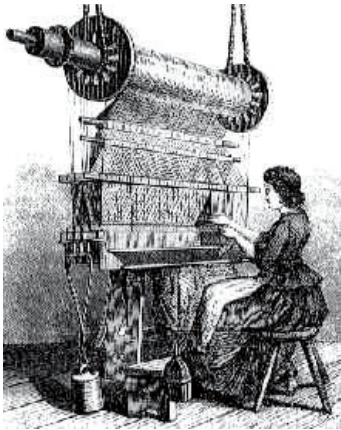
3. Lidhni katër rezistor prej nga 1 Ω në të gjitha mënyrat e mundshme dhe njehso rezistencën e përbashkët për çdo skemë.

4. Caktoni rezistencat e panjohura nëse dihet rezistenca e përgjithshme?



15. 8. PUNA DHE FUQIA E RRYMËS ELEKTRIKE

Me vet atë që gjatë rrjedhjes së rrymës mbushjet elektrike lëvizin, kryhet punë. Rryma mund të shkakton lëvizje mekanike ose çfarëdo tjetër punë. Zëvendësimi i dorës së njeriut me makina të lëvizura me motor elektrik kontribuon për shumë përparim të shpejtë të njerëzimit.



Qysh më herët vërejtëm se tensioni elektrik është i barabartë me punën e kryer për bartjen e sasisë së elektricitetit prej njëre pikë në tjetrën prej fushës elektrike. Sipas analogjisë së njëjtë, puna që do të kryhet gjatë bartje së sasisë së elektricitetit Q ndërmjet dy pikave të përçuesi, ndërmjet të cilëve ndryshimi potencial është U , do të jepet me:

$$A = UQ,$$

Domethënë, rryma kryen punë. Nga ana tjetër, pra, fuqia e rrymës elektrike ishte dhënë me sasinë e elektricitetit (Q) që kalon nëpër vargun e dhënë të përçuesit në njësi kohe (t),

$$I = \frac{Q}{t}.$$

Atëherë me zëvendësim $Q = I \cdot t$ për punën A , fitohet:

$$A = U \cdot I \cdot t.$$

Punën që e kryen rryma elektrike është e barabartë me prodhimin e tensionit, rrymës dhe kohës së rrjedhjes.

Me fjalë tjera, kjo do të thotë se gjatë kalimit të rrymës elektrike nëpër rezistor ai kryen punë: poashtu energjia elektrike zvogëlohet për sasinë $A = UI t$. Ajo energji shndërrohet në energji të brendshme të grillës kristalore.

Njësia për punën elektrike, njëjtë sikurse edhe për punën mekanike edhe për enegjinë, është një **xhul** (1 J).

Shembulli 1.

Një elektromotor është kyçur te burimi me tension $U = 220$ V. Fuqia e rrymës që rrjedh nëpër atë është $I = 2$ A. Sa punë do të kryen ky motor nëse punon 6 minuta?

$$A = UI t = 220 \cdot 2 \cdot 360 = 158\,400 \text{ J}$$

$$A = 158,4 \text{ kJ}$$

Energjia e rrymës elektrike tregohet për çdo ditë nëpër mjet aftësisë të lëviz makina (ta rrotullon lavatriçen), ta ngroh grillën, të ndriçon hapësirë, të punon televizori, kompjuteri dhe shumë instrumente tjera elektrike. Aftësia e rrymës elektrike të kryen punë quhet energji elektrike.

Fuqia elektrike është e barabartë me punën që mund ta kryen rryma elektrike në njësi kohe

$$P = \frac{A}{t}.$$

Nëse në këtë formulë e zëvendësojmë këtë formulë rrelacionin që e fitojmë për punën që e kryen.

fuisha elektrike ($A=UQ$), kur sasia e elektricitetit Q do të barftet prej një pike në tjetrën, ndërmjet të cilave tedsioni është i barabartë me U , atëherë për fuqinë fitojmë

$$P = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot Q}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$$

Pas thjeshtimit me kohën t , fitohet:

$$P = U \cdot I$$

Fuqia elektrike është e barabartë me prodhimin e tensionit dhe fuqisë së rrymës nëpër shfrytëzuesin.

Njësia për fuqinë elektrike është e njëjtë sikurse edhe fuqia mekanike, d.m.th., një vat (1 W). Sipas përkufizimit për fuqinë elektrike vijon se

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V } 1 \text{ A} .$$

Fuqi prej një vati (1W) ka ai shpenzues i cili nëse është kyçur te tensioni i prej një volt (1V) nëpër të rrjedh rrymë prej një amper (1A).

Në përdorim janë edhe këto njësi më të mëdhaja:

emri dhe shenja	lidhja me bazën
1 kW (kilovat)	1 kW = 1 000 W
1MW (megavat)	1 MW = 1 000 000 W
1 GW (gigavat)	1 GW = 1 000 000 000 W

Në praktikë njësia 1 W është shumë e vogël, prandaj më së shpeshti shfrytëzohen më të mëdhajat. Njësia për energjinë elektrike është e njëjtë sikurse edhe për punën, d.m.th., një xhul (1J). Kjo njësi mund të quhet edhe vatsekondë (Ws).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W } 1 \text{ s} = 1 \text{ vatsekondë (1Ws)}.$$

Nëse fuqia shprehet në kilovat (kW) kurse koha në orë (h), atëherë fitohet energjia elektrike në njësi të përshatshme për përdorim, kilavt orë (kWh),

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ} .$$

Instrumenti për matjen e energjisë elektrike në amvisëri edhe në industri quhen

orë elektrike. Në të ka numëratore për të lexuar energjinë elektrike të shpenzuar.

Te çdo instrument të amvisërisë është shkruar fuqia e tij që paraqet sa energji elektrike konsumon për një sekondë punë.

Përveç veprimit të nxehtësisë së rrymës është e donishme te instrumentët ngrohës, ajo mund të jetë dukuri e dëmshme te instrumenti elektrik.



Fig. 1. Ora elektrike (në gjuhën e popullit rrymëmatësi i cili tregon se janë shpenzuar 2943,1 kilovat orë.

Rryma i ngroh mbështjellëset prej telit përçues dhe me të vjen deri te humbja e energjisë së dobishme. Për shkak të veprimit të nxehtësisë mund të vjen deri te ringrohje, dëmtim dhe djegëje e instrmenteve elektronike

Nëse rryma elektrike kalon nëpër përçues, atëherë sipas ligjit të Omit $U=IR$, prfa njëra prej dy madhësive (U ose I) mund të shprehet dhe zëvendësohet relacioni për fuqi. Në etë ënyrë mund të fitohet tre forma të ndryshme të relacioinit për fuqi.

$P = U \cdot I$	$P = \frac{U^2}{R}$	$P = R \cdot I^2$
-----------------	---------------------	-------------------

15. Rryma elektrike nëpër mjedise të ndryshme

Rryma elektrike arrin deri te shtëpitë tona nëpërmjet rrjetit të qytetit. Na sipas nevojës kyçim aparate dhe instrumente të cilat mundet rrymën ta shndërrojnë në energji të dobishme. Kështu, mikseri e shndërron energjinë elektrike në mekanike, llamba në dritë, MP3 pleeri në energji të zërit.

Shembulli 2. Sa është fuqia e një ventilatori të kuzhinës që punon në tensionin e qytetit ($U=220\text{ V}$) nëse nëpër të rrjedh rrymë me fuqi prej $0,5\text{ A}$. Sa është energjia që di ta shpenzon nëse punon 5 orë?

$$P = U \cdot I = 0,5\text{ A} \cdot 220\text{ V}$$

$$P = 110\text{ W}$$


$$A = P \cdot t = 110 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 60 = 198\text{ kJ}$$

Jepni rëndësinë e këtyre koncepteve:

- puna e rrymës elektrike
- energja elektrike
- xhuli
- fuqia
- ora elektrike e rrymës
- vati
- kilovatorë

Pyetje dhe detyra

1. Një ditë një familje i ka shfrytëzuar instrumentet e poshtëpërmendura për amvisëri. Fuqia dhe koha e shfrytëzimit të çdo instrumenti në orë janë dhënë te tabela (e verdhë). Njehso sa do t'i kushton kësaj familje energjielektrike e shpenzuar atë ditë, nës për shembull, një kilovat orë kushton $1,4$ denarë?

llamba 	televizori 	turjela 
60 W (5 h)	120 W (3 h)	600 W (0.25 h)
0,3 kWh	0,36 kWh	0,15 kWh
termoja 	hekuri 	
4000 W (2 h)	1200 W (2 h)	
8 kWh	2,4 kWh	

Energji e përgjithshme e shpenzuar është shuma prej energjive të veçanta për çdo shpenzues (tabela e kaltër) dhe për atë ditë është: $11,21\text{ kWh}$ Sasia në denarë fitohet nëse shumëzohet energjia e përgjithshme e shpenzuar kWh me çmimin për një kWh, d.m.th., $1,4$ denarë

$$11,21\text{ kWh} - 1,4\text{ den/kWh} = 15,6\text{ denarë}$$

2. Te akumulitorit prej 12 V është kyçur shpenzues me rezistencë prej $2\ \Omega$. Sa energji elektrike do të shpenzohet prej akumulitorit për kohën prej 10 minuta.

$$A = Pt = \frac{U^2}{R} t = \frac{12^2\text{ V}^2}{2\ \Omega} 600\text{ s} = 43\ 200\text{ J} = 43,2\text{ kJ}$$

15. 9. SHNDËRRIMI I ENERGISË ELEKTRIKE NË NXEHTËSI

Kur lëshohet rryma elektrike të rrjedh nëpër përçues me rezistencë më të madhe, pas një kohe të shkurtër ai do të nxehet. Nëse rryma ka qenë mjaft e fortë, përçuesi mund të lakohet por edhe të shkrihet. Është e qartë se deri te shndërrimi i energjisë elektrike në energji të brendshme të përçuesit nëpërmjet sjelljes së nxehtësisë.

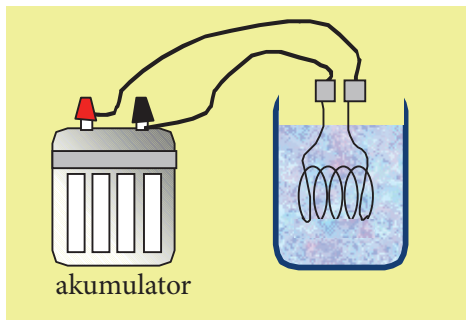


Fig.1. Principi i bojleri elektrik

Nëse një tel me rezistencë më të madhe zhytet në ujë, dhe nëpër të lëshohet të rrjedh rryma, atëherë nxehtësia që do të lirohet në të do të sjellet prej ujit (fig.1). Kështu ajo gradualisht do të nxehet. Në këtë mënyrë, tërë energjia elektrike (A) që kalon nëpër përçuesin shndërrohet në nxehtësi (W). Ky princip i punës së energjisë elektrike të bojlerëve.

$$A=W=I^2R \cdot t .$$

Shprehja e sipërme, e paraqet ligjin e Xhulit aqoma të njohur edhe si ligji i Jul-Lenc, sipas të cilit sasia e nxehtësisë që lirohet prej çdo përçuesi, kur nëpër të kalon rrymë, është proporcionalisht me katrorin e fuqisë së rrymës, rezistencës së përçuesit dhe kohës të rrjedhjes së rrymës nëpër të.

Nëse mnisemi prej relacionit për punë $A = P \cdot t$, dhe fuqinë (P) zëvendësohet njësia prej njërës variant të mundshme

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

për nxehtësinë e liruuar prej përçuesit fitohen këto variantat të lgjit të Xhulit.

$W = P \cdot t$	$W = U \cdot I \cdot t$	$W = \frac{U^2}{R} \cdot t$	$W = I^2 R \cdot t$
-----------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------

Përveç te instrumentet ngrohëse, ligji i Xhulit ka gjetë zbatim edhe te siguruesit të cilët janë dedikuar që të sigurojnë qark elektrik me shpenzues prej lidhjeve të shkurtëra (kur do të lidhen shkurt polet prej një burimi) ose prej goditjeve të rrymës (kohë zgjatje të rrjedhje së shkurtër të rrymës së fortë). Siguruesit janë bërë prej një teli të hollë me rezistencë të madhe e cila lidhet në seri me qarkun e rrymës. Të dy skajet e telit të lidhura me kapak metalit për shtëpizë qelqi, fig 2.

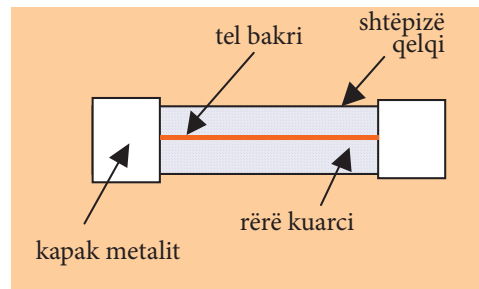


Fig. 2. dërtimi i siguresës

Brendësia mund të jetë e plotësuar edhe me rërë kuarci i cili e dërgon nxehtësinë që lirohet kur do të rrjedh rrymë e fortë nëpër tel. Principi i punës është kështu:në rastin e rrjedhjes së rrymës më të fortë, nëpër tel do të lirohet sasi e madhe e nxehtësisë që do ta nxeh telin deri në shkrije. Pasi që teli do t shkrihet, do të ndodh ndërroerja e qarkut të rrymës.



Fig. 3. Siguresat e nxehtë

Siguresat punohen për fuqi të ndryshme të rrymës, varësisht prej trashësisë së telit të bakrit.. Siguresat duhet të jenë përkatëse për shpenzuesit (aparartet) që janë kyçur në të njëjtin qark elektrik. Për këtë shkak gjithmonë duhet pasur llogari për zëvendësimin e drejtë të siguresës. Shumë është e rrezikshme të ndërmerren zgjidhje të përkohësishme për zgjidhje me lidhje të telit të djegur me tel të trashësisë jopërkatëse. Në këtë mënyrë, në rastin e rrjedhjes së rrymës së fortë nëpër siguresë, ai mundet të digjet, pra rryma të rrjedh nëpër instrumentin elektronik dhe të digjet

Shembulli 1.

Fuqia e një aparati televiziv është 120 W. Cila siguresë është e përshtatshme për tu përdor nëse në disponim kemi siguresa prej 0,5 A, 1 A, dhe prej 3 A.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{120}{220} = 0,55 \text{ A}$$

Më i përshtatshëm është siguresa prej 1 A. Përveç siguresave për instalime elektrike (fig. 3) te objektet, ekzistojnë siguresa edhe në vet instrumentet elektrike. Se si të bëhet zgjedhja e siguresës përkatëse??

Së pari njehsohet fuqia e rrymës që rrjedh nëpër instrumentin nëse në të është shkruar (prodhuesi) fuqia e tij. Tensioni në rast të aparateve të amvisërisë llogaritet si e njohur, d.m.th., i barabartë me me 220 V. ($I=P/U$).

Siguresa zgjidhet ashtu që vlera e saj nominale për rrymën (ajo e shënuar në shtëpizën e tij) është afër më e madhe prej rrymës së rezhimit të tij normal të punës.

Përndryshe tani më ekzistojnë siguresa që nuk digje, por automatikisht ç'kyçen gjatë lidhjes së shkurtër. Pas largimit të shkaqeve për lidhjen e shkurtër, ato kypen si ndërprerës të zakonshëm.

Shembulli 2.

Blerta ka shfrytëzuar ngrohëse speciale elektrike që mundet të ngroh ujë në enë prej 0,2 ltra që të përgatitë çaj. Uji është në temperaturë të dhomës (200C) dhe duhet të ngrohet deri në pikën e avullimit (1000C), menjëherë të ç'kyçet ngrohësi dhe të vendohet qesja e çajit. Sa do të kushton energjia elektrike që Blerfta e ka shpenzuar për një vit vetë për përgatitjen e çajit, me supozim se pin dy herë çaj në ditë? Kapaciteti specifik i nxehtësisë së ujit është 4200 J/kg K, kurse çmimi për një kilovat orë është 1,4 denarë. Vëllimi vjetor i çajit:

$$365 \cdot 2 \cdot 0,2 = 146 \text{ litra}$$

Masa e çajit afërsisht është 146 kg. Që të ngrohen 146 kg ujë prej 200C në 1000C (për 800C), do të jetë e nevojshme nxehtësia

$$W = 4200 \text{ J/kg-K} \cdot 146 \text{ kg} \cdot 80 \text{ K} = 49\,056\,000 \text{ J} = 49,056 \text{ MJ}$$

Çmimi për një kilvat orë energji elektrike është 1,4 denarë.

Nëse marrim se:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

dhe kushton 1,4 denarë, atëherë çmimi për 1MJ energji elektrike do të jetë 0,39 denarë/MJ.

Përfundimisht, shpenzimet 4,032 MJ për një vjet zierja e çajit do të kushtojnë:

$$49,056 \text{ MJ} \cdot 0,39 \text{ ден/MJ} = 19 \text{ denarë}$$

Jepni dom etghënien e këtyre koncepteve:
-ligji Xhul-Lenc
-siguresë

15.10. EMETIMI TERMOELEKTRONIK DHE ZBATIMI

Shkencëtari amerikan Tomas Edison ka vërejtur se fija e hollë e qymyrit e nxehur prej llambës së ndezur lëviz kur në afërsi do t'i sjellet thupër e elektrizuar. Më vonë është treguar se fija e djegur prej llambës emeton elektrone të lira.

Dukuria gjatë së cilës vjen deri te lirimi (emetimi) i elektroneve nën ndikimin e nxehtësisë (termo) prej sipërfaqes metalike njihet si **emetim termodinamikë**. Ajo ka zbatim të madh në jetën e përditshme.

Ekzistojnë shumë mënyra që të lirohen elektrone prej metalit. Nëse ajo arrihet me ndihmën e ndriçimit të sipërfaqes së metalit, dukuria quhet **emetim fotoelektronik**. Nëse ajo bëhet me ndihmën e përplasjes me elektrone tjera të shpejtuara, të cilat energjinë e tyre do t'ua japin elektroneve të metalit, atëherë dukuria quhet emetimi sekondar i elektroneve. Thelbi i emetimit të elektroneve prej sipërfaqes së metalit përbëhet prej asaj tu jepet energji e mjaftueshme që të lirohen prej lidhjes me metalin dhe ta lëshojnë. Na tani për tani do të ndalemi vetëm te emetimi termoelektronik, meqë në të bazohen numër i madh i instrumenteve elektronike që i hasim në jetën e përditshme. Të shqyrtojmë pllakë metalike me syprinë A (**kjo quhet katodë**) që ngrohet me ndihmën e telit

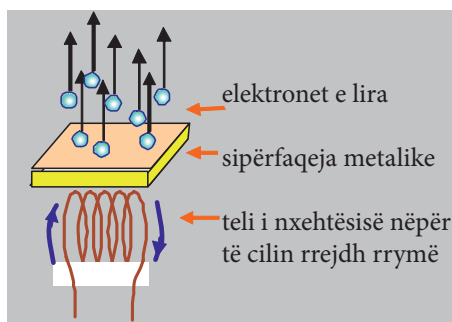


Fig. 1. Emisioni i elektroneve prej sipërfaqes metalike

të nxehtë nëpër të cilin rrjedh rrymë I (fig. 1). Po ashtu vjen deri te bartja e nxehtësisë të elektroneve të lira te metalin. Sasia e energjisë së nxehtësisë që i sjellet elektronit duhet të jetë shumë e mjaftueshme që të mund ta fiton lidhjen me metalin (kjo quhet **puna dalëse e elektronit**) që ta lëshon. Ato elektrone, nëse gjenden në fushën elektrike, mund të lëvizin të kahëzuara. Përndryshe, puna dalëse e elektroniz është konstante karakteristike për çdo metal.

Shumë është e rëndësishme të gjendet prej çka varet numri i elektroneve që lirohen që të mundet rryma prej këtyre termoelektroneve të udhëhiqet. Para së gjithash, ajo më së shumti varet prej temperaturës të cilës është nxehtë sipërfaqja metalike (për shkak të lidhjes së T me energjinë e lëvizjes së nxehtësisë), prandaj emetimi do të varet edhe prej syprinës së sipërfaqes së metalit S dhe prej madhësisë së punës dalëse të materialit.

Shumë instrumente elektronike me të cilat ballafaqohemi përmbajnë pjesë që punojnë në principin e emetimit termoelektronik. Ato përbëhen prej elektrodave metalike (katoda, anoda etjera elektroda ndihmëse) të cilat janë të vendosura në baloni e qelqit prej të cilit është nxjerrë ajri. Katoda zakonisht është prej materiali që shkrihet në temperaturë të lartë (kuptohet, që të shkrihet gjatë punës) dhe që ka vlerë të ulët të punës dalëse të elektroneve. Ajo nxehtë me lëshimin e rrymës nëpër atë, që të ndodh emetimi termoelektronik. Katoda së bashku me me elektrodën cilindrike që gjendet para saj quhet pushka elektronike. Tensioni pozitiv anodë (+) i detyron elektronet të lëvizin nga anoda. Vakumi elektroneve u mundëson rrugën nga anoda ta kalojnë me pak përplasjemeatomet dhe molekula të ajrit. Shembull për gypin e vakumit është gypi i katodës që para një kohe e kishte çdo televizor, dhe monitorët e vjetër për kompjuter dhe osciloskopët të cilët shërbejnë si instrumente matëse. Ekzistojnë edhe gypa tjera të vakumit, por ato nuk janë aq në përdorim në jetën e përditshme. Të atillë janë dioda e vakumit, trioda, pentoda, magnetronët, klistronët etj. Këto akoma gjenden në zbatim te termokomunikimet. Ato janë

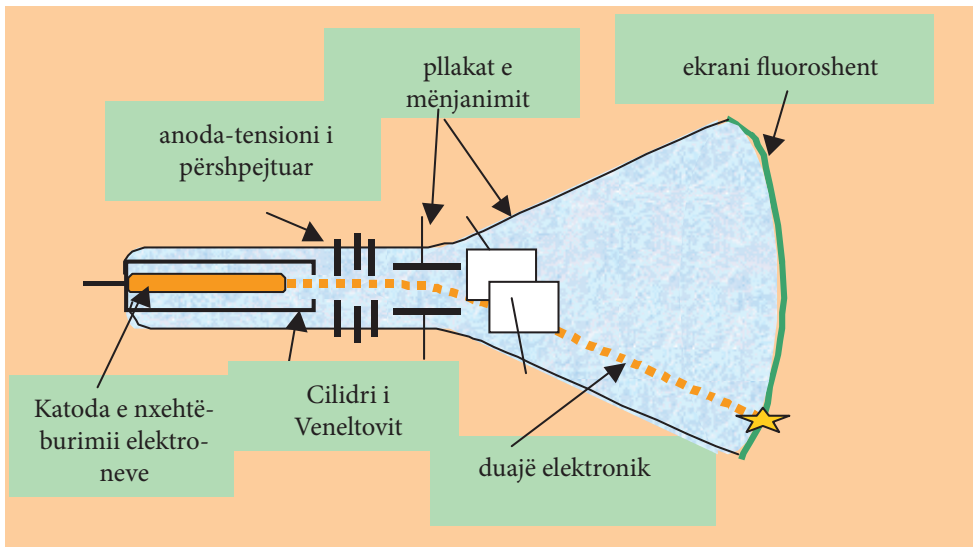


Fig.2. Prerja e gypit katodik te osciloskopi

Gypi katodik

Shembull për gypin e vakuumit është gypi katodik që e ka secili televizor, pjesa më e madhe e monitorëve për kompjuterë dhe osciloskopët të cilët shërbejnë si aparate matëse. Ekzistojnë edhe gype tjera të vakuumit, por ato nuk janë aq në përdorim në jetën e përditshme. Të atilla janë dioda e vakuumit, trioda, pentoda, magnetotronet, klisonet etj. Këto akoma gjejnë përdorim në telekomunikacionet. Këto janë pjesë të përditshmërisë tonë, por si pjesë e sateliteve komunikatave.

Oaciloskopi

Skema parimore në prerjen e një gypit të katodës te osciloskopi është dhënë në fot. 2. Prodohen elektrone nga katoda e ngrohur, mblihdhen në reaktiv me ndihmën e tensionit që sjellët në cilindrin e Veneltovit (W) orientohen dhe përshpejtohen me fushë të fuqishme elektrike midis katodës (K) dhe anodës (A). Ekran i është ndërtuar ashtu që mundet të ndriçojë kur në të do të bien rrezet e elektroneve. Ekran i atillë quhet Fluoreshent.

Gjatë ramjes së tufës së elektroneve mbi ekran, ndriçon pika. Në rrugën deri te ekran, tufa e elektroneve kalon nëpër hapësirën ndërmjet pllakave mënjauese të cilat janë vendosur paralelisht. Ka dy çifte të pllakave mënjauese, dhe atë horizontale dhe vertikale. Kur do të silltet tension i përshpeshëm ndërmjet pllakave horizontale, atëherë tufa elektronike i vepron fushës elektrike prej fushës ndërmjet pllakave. Kështu tufa elektronike

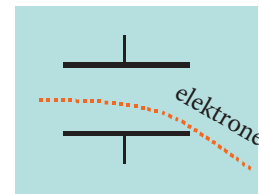


Fig. 2a. Pllakat hiorizontale mënjauese për mënjanimin lartë-poshtë (vertikale)

mënjanohet vertikalisht teposhtë, d.m.th., nga pllakat pozitive (fig. 2a).

Nëse silltet tension edhe pllakave vertikale, atëherë tufa elektronike do të mundtë zhvendoset edhe në kahen horizontale. Te këto pllaka mund të sjellët e ashtu quajtur tension i mprehtë që me kohën ndryshon si te figura 2 b.

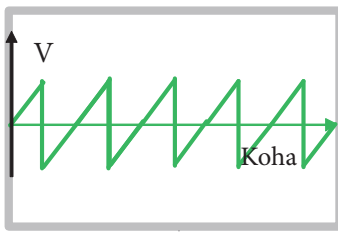


Fig. 2 b. Tensioni i mprehët pë pllakat mënjanuese

Principi i punës të gypit katodik te televizorët e vjetër ose monitorët e kompjuterëve (fig. 4) lështë i ngjashëm sikurse te oscilskopi. Dallimi është në atë sistemi i mënjanimit përbëhet prej dy çifteve të mbështjellësve të cilët janë të lidhur me tension. Rryma që rrjedh nëpër mbështjellësin krijon fushë magnetike që mundet të mënjanon tufën e elektroneve (për këtë do të bëhet fjalë më vonë).

Tensioni i atillë do ta detyron tufën të lëviz prej të majtës nga e djathta dhe anasjelltas. Kur te pllakat horizontale do të sjellet tension që dëshironi ta shqyrtoni, kurse te pllakat vertikale njëkohësisht të sjellet tension i mprehtë, atëherë tufa elektronike në ekran do të vizaton lakore e cila e paraqet ndryshimin e kohës të tensionit të shqyrtuar.

Te figura 3b (majtas) është dhënë fotografia që fitohet prej shqyrtimit të ndryshimit të kohës të ndonjë tensioni të përhershëm. Fotografia tregon vijë horizontale, pasi tensioni i shqyrtuar me kohën është i pandryshueshëm. Nëse silllet tension i ndryshueshëm kohor te pllakat horizontale mënjanuese, atëherë në ekran do të fitohet informatë për ndryshimin kohor të tij. Te figura 3b (në mes dhe majtas) janë dhënë edhe skica e ndryshimit kohor i tensionit të mprehtë alternativ që do të fitohet në ekranin e oscilografit. Te fig. 3b është dhënë fotografia e një oscilskopi

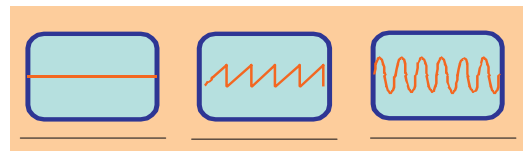


Fig. 3 b. Ndryshimi kohor i tensionit të drejtë të mprehtë dhe sinusoid, të sjellura në oscilskop



Fig. 3b. Oscilskop



Fig. 4. Gyp katodik te TV aparati dhe në kompjuterin personal

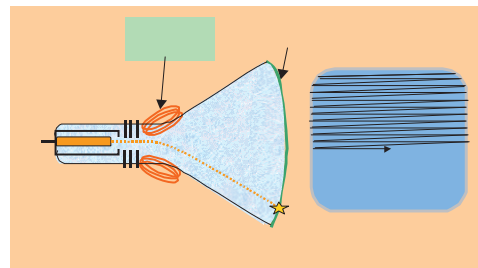


Fig. 4a. Mbështjellëset magnetike mënjanuese te gyp katodik

Kështu, me dy çifte të mbështjellësve mënjanues (fig. 4a) është mundësua lëvizja e tufës lartë-poshtë dhe majtas-djathtas. Me tensione të ndryshueshme të qëlluara mund të bëhet tufa të kalon nëpër gjithë ekranin me shpejtësi të atillë që syr i njeriut nuk do ta vëren ndryshimet në fotografi. Fotografia formohet me ndryshimin e dendësisë së tufës së elektroneve nëpërmjet tensionit të ndryshueshëm te cilindri i Veneltovit.

Dioda e vakuumit

Dioda e vakuumit përbëhet prej balonit të qelqit prej të cilit është evakuuar ajri, te i cili janë vendosur dy elektroda, anoda dhe katoda (fig. 7). Katoda nxehet dhe liron elektrone. Në anoda sillen tension pozitiv në lidhje me katodë, pra kështu elektronet do të lëvizin nga anoda. Kur do të bien te ajo, atëherë te arku do të rrjedh rrymë. Nëse ndërmerjet katodës dhe anodës

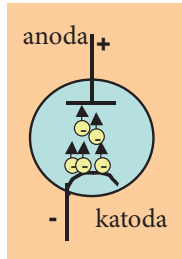


Fig. 6. Dioda

lidhet tension alternativ, icili në mënyrë kohore ndryshon si te fig. 7a, atëherë rryma do të rrjedh vetëm për kohën kur anoda është pozitive në lidhje me katodën, d.m.th., në gjysmën e periodes (fig. 7b).

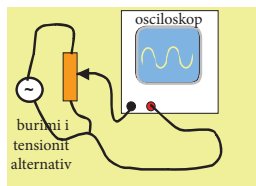


Fig. 7 a. Kështu duket ndryshimi i kohës të tensionit alternativ i shikuar në osciloskop

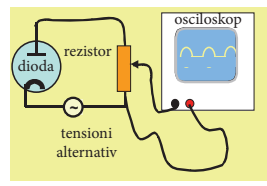


Fig. 7 b. Kështu duket tensioni i drejtë i njëkohësh me diodë vakumi i shikuar në osciloskop

Gjatë kohës së gjysmëperiodes anoda do të jetë pozitive, pra elektronet e emetuara prejkatodës do të arrijnë deri te ajo. Në këtë gjysmëperiodes do të rrjedh rrymë. Gjatë kohës së gjysmëperiodes kur anoda është negative, elektronet nuk do të lëvizin nga ajo, pra rryma nuk do të rrjedh. Për shkak të kësaj vetie dioda me vakum ka gjetur zbatim te drejtuesët, tensionin alternativ e shndërron në tension mekahe të njëjtë.

Gypi i Röntgenit

Gypi i Röntgenit është gyp vakuumi që shfrytëzohet në mjekësi për vendosjen e diagnozave dhe është i ngjashëm me diodën e vakuumit.

Me ndihmën e triodës janë bërë përforcues, oscilator dhe qare elektrike tjera

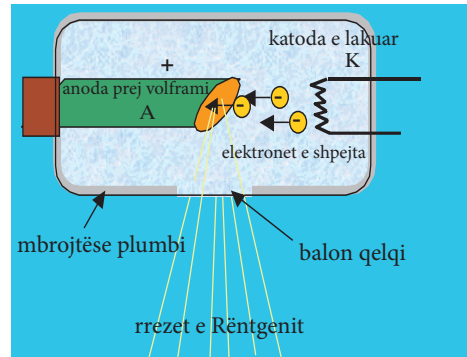


Fig. 8. Gypi i Rntgenit

Te ajo tensioni i anodës është shumë i madh, më shumë se dhjetë volt, prandaj elektronet të emetuara prej katodës së nxehtë, godisin te anoda me shpejtësi të madhe (fig. 8). Gjatë goditjes te anoda ato menjëherë frenohen, duke liruuar energji në formë të rrezeve të Röntgenit të cilat janë depërtuese nëpër trupin e njeriut. Shfrytëzohen në mjekësi për diagnostifikimin e sëmundjeve të brendshme (fig. 9).



Fig. 9. Zbatimi i gypit të Röntgenit në mjekësi: inçizimi i mushërive të bardha dhe inçizimi i Röntgenit të karcinomit te dunapirësit.

Jeoni domethënien e këtyre koncepteve fizike

- emetimi termoelektronik
- puna dalëse e elektronit
- osciloskopi
- plakat e mënjanimit dhe tensioni
- gypi katodik për TV dhe kompjuter
- dioda e vakuumit
- gypi i Röntgenit

15. 11. RRYMA NËPËR LËNGJE - ELEKTROLITËT

Të gjitha proceset fiziologjike të organizmi ynë realizohen pandërprerë me ndërmjetësimin e lëngjeve trupore të cilat i përcjellin impulset elektrike, d.m.th., urdhërat prej sistemit nervor. Dhe, në përgjithësi, e tërë bota biologjike bazohet në aftësinë e lëngjeve të bartin rrymën elektrike. Lëngjet e pastërta janë përçues të këqinj të rrymës elektrike.

Por, prandaj tretjet e thartirave, bazave dhe krips në ujë dhe në ndonjë tjtër tretëshmë mirë përçohet rryma elektrike. Përçuesit e atillë quhen elektrolit.

Gjykimi i këtitillë mund të ndihmohet me këtë eksperiment të thjeshtë: në një enë vëndohet ujë i destiluar. Në ujë zhyten dy elektroda (skajet e dy telave) të clat lidhen me burim të tensionit dhe një ampermetër në seri.

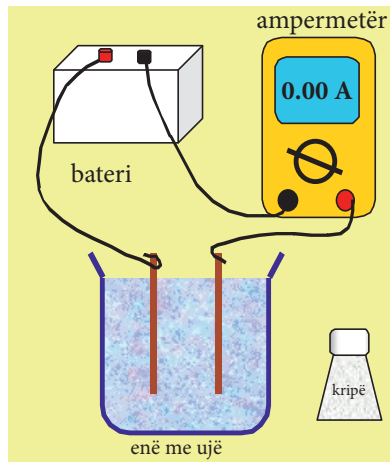


Fig. 1. Uji i pastër nuk e përçon rrymën

Kaçet burimi, kurse të ampermetri vërehet se vlera e rrymës është e barabartë me zero, që do të thotë se uji i pastër nuk e përçon rrymën. Por nëse ujit i shtohet pak thartirë, atëherë nëpër ampermetrin do të rrjedh rrymë. Kjo do të përsëritet edhe nëse i shtohet kripë ose ujit të pa

përçueshëm dhe do të vërehet se atë дека тие paretretje ed përçojnë rrymën elektrike.

Bartës të rrymës të elektrolitët janë atomet pozitivisht dhe negativisht të elektrizuar të njohur si jone.

Të përkujtohem në atë se të metlet lëvizëse janë vetëm elektronet, ndërsa jonet pozitive prej grilës janë „të palëvizshme“.

Për dallim prej metaleve, ku përçueshmëria e rrymës sjell deri të ndryshimet kimike të substancës, të elektrolitët, pra rrjedhja e rrymës është përcjellë me ndryshime kimike dhe transportimi i masës ndërmjet elektrodave në elektrolit.

Përmendim se të gjitha tretjet nuk janë përçues, për shembull, sheqri i tretur në ujë nuk e përçon.

Disocimi elektrolit

Shkaku për të cilën këto lëngje e përçojnë rrymën qëndron në aftësimin e disa molekulave të ndahe në jone, d.m.th., të dukuria e disocimit elektrolit. Poashtu, rol të rëndësishëm luajnë molekulat e tretësit. Ato zakonisht, kanë karakter dipol, d.m.th., kanë skaj pozitiv dhe negativ, edhe pse në tërësi neutralë. Molekulat e vogla polare në ujë luajnë rol të rëndësishëm në ndarjen (disocimin) e molekulave prej elektrolitit të joneve të veçanta.

Ta marrim, për shembull, molekulën e kripës së kuzhinës (NaCl) që vet paraqesin një dipol. Rreth tij mbliidhen molekula polare në ujë në këtë mënyrë që rrotullohen me skajet negativ nga pjesa pozitive e molekulës (Na⁺), por me pozitivet nga pjesa negative (Cl⁻), sikurse është skicuar në figurën 2. Molekulat e orientuara të ujit ndihmojnë të zvogëlohen forcat tërheqëse elektrostetike që i mbajnë në lidhje jonike atomet e Na dhe Cl, pra mund të vjen edhe deri të ndarja e bashkëdyzimit NaCl në pjesët e tij përbërëse, jonet e Na⁺ dhe Cl⁻.

Te figura 2 shihet dy shigjeta, me kahje të kundërta. Kjo do të thotë se procesi realizohet në dy kahe, d.m.th., se molekula e disocuar e joneve të

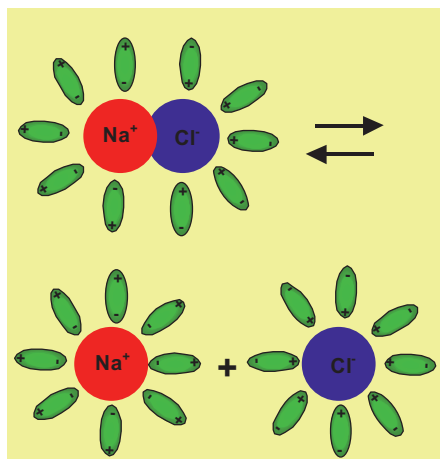


Fig. 2. Disocimi i NaCl nën ndikimin e molekulave dipole të ujit

veçanta rekombinimi realizohet rregullisht në një tretje të njëjtë. Që disa shembuj të reaksioneve të disocimit për disa thartira karakteristike, baza dhe pripëra.

Acidi sulfurik:



Acidi klorhidrik:



Natrium hidroksidi:



kripa:



Karakteristike të acidet është ajo që gjatë disocimit gjithmonë fitohen jone pozitive të hidrogjenit, kurse të baza fitohen jone negative OH.

Elektroliza

Nëse në një elektrolit vendosen dy elektroda metalike ose të karbonit dhe kyçen në burim të rrymës, atëherë tretja do të vendoset fusha elektrike dhe joneve që janë krijuar gjatë disocimit do të fillojnë të lëvizin, dhe atë jonet pozitive (katjonet), kurse jonet negative (anjonet) nga elektroda pozitive (anoda), sikurse është dhënë në fig.3.

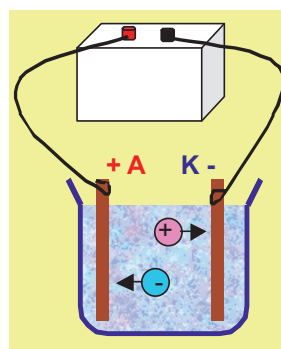


Fig. 3. Lëvizja e joneve nga elektronet përkatëse

Nëse joni njëvalent pozitiv sigjnal dedri të katoda, ai prej saj merr një eëelektron dhe neutralizohet. Kjo do të thotë se edhe pjesa e jashtëme. e qarkut të rrymës rrjedh rryma për këtë shkak të katodës paraqitet mungesë, kurse të anoda tepërcë të elektroneve.

Për shkak të transportit të joneve dhe reaksionet kimike shoqëruese, vjen deri të ndryfishimet kimike jo vetëm në përbërjen e elektrolitit por edhe të elektrodave.

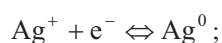
Kjo dukuri ka shumë zbatim të gjerë në industri për metalizimin. Me ndihmën e elektrolizës mund të kryhet: lysterje me argjent, me bakër, me nikel, me ar me shumë shtresa të holla metalike. Kjo mënyrë shfrytëzohet për fitimin e shumë metaleve, sikurse janë: bakri, cinku, alumini etj., me shumë metale të pastra.

Shembulli 1. Lyerja e me argjent

Përgatitet tretje uji prej AgNO_3 . Për elektrodën pozitive (anoda) lidhet pllakë argjenti ose tel. Poli negativ i baterisë lidhet për katodën d.m. t.h., për sendin që duam ta lyejmë me argjent (sikurse në fig. 4). Poashtu realizohen këto reaksione elektrolit: molekula e argjent nitratit disocion:



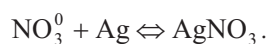
te elektroda negative vijnë deri te jonet pozitive prej argjentit dhe neutralizohen. Ato ngelin te elektroda, pra nën lugën formojnë shtresë të hollë prej argjenti:



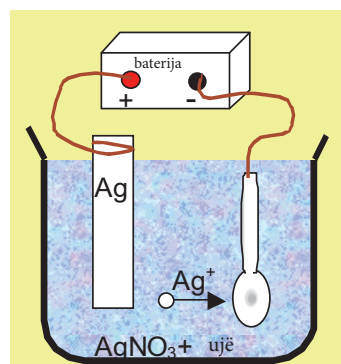
te elektroda pozitive vijnë jonet NO_3^- dhe ato neutralizohen duke lëshuar një elektron, NO_3^- edhe ato neutralizohen duke lëshuar një elektron



por kjo grup neutrale shpejt reagon me atomet e argjentit prej anodës dhe krijon molekula të reja të AgNO_3 te tretja;



AgNO_3 e re e formuar te tretja, dhe përsëri mund të disocohet dhe ta zazhdon ciklusin e lyerjes me argjen elektrolit deri sa nuk shpenzohet anoda e argjent.

**Ligjet e Faradeit**

Me intzeres të madh është të mësohet prej çka varet masa që ka mbetur prej njëres elektrodë në llogari të tjetrës.

Të nisemi prej mbushjes (Q_j) që e sjellin jonet: ai është i barabartë me prodhimin prej e valencës (z) të jonit dhe mbushjes elektrike elementare (e), pasi jonet kanë pranuar ose kanë dhënë elektrone.

$$Q_j = ze$$

Nujmri i joneve që neutralëzohet dhe është shtresuar te elektroda fitohet prej mbushjes së përgjithshme që ka kaluar nëpër elektrolitin, të pjesëtuar me mbushjen të një joni.

$$N = \frac{Q}{Q_j} = \frac{Q}{e \cdot z}$$

Duke llogaritur se masa e jonit është e barabartë me masën e atomit (masa e atomit A e pjesëtuar me numrin Avogadrit NA), d.m.th., masa e një moli substance e pjesëtuar me numrin e atomeve në një mol:

* Nëse joni ekziston prej grupit të atomeve, atëherë në vend të atomit A te formula duhet të qëndron masa molekulare M).

$$m_0 = \frac{A}{N_A}$$

Masa e shtresuar e elektrodës fitohet prej prodhimit të numrit e atomeve të shtresuara të shumëzuar me masën e tyre:

$$m = m_0 N = \frac{A}{N_A} \cdot \frac{Q}{ze}$$

Q mund të përcaktohet prej fuqisë së rrymës dhe prej kohës së rrjedhjes së saj ($Q=It$), pra

$$m = m_0 N = \frac{A}{N_A} \cdot \frac{I \cdot t}{ze}$$

Ky relacion përmban në vete dy ligje të cilët i ka formuluar Majkl Faradej në vitin 1832, pra nder të tij quhen ligjet e Faradejit për elektrolizën.

Ligji i parë i Faradejit thotë:

masa e shtresuar te elektroda gjatë elektrolizës është proporcionale me sasinë elektrike që kalon nëpër elektrolit:

$$m = kQ = ItQ,$$

ku k është ekuivalenti elektrokimik i një substance, që tregon sa është masa që ndahet prej substancës së dhënë gjatë rrjedhjes së rrymës me fuqi prej 1A për kohën prej 1 sekonde.

Ligji i dytë i Faradejit thot:

ekuivalenti elektrokimik (k) është proporcional me ekuivalentin kimik (A/z), d.m.th.,

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{z}$$

ku konstanta e proporcionalitetit është numri

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C/mol},$$

quhet konstanta e Faradejit.

Ky numër tregon sa sasi elektrike duhet të kalon që të ndahet një mol prej substancës njëvalente.

Zbatimi

Galvanostegia. Tani më treguam e mënyrës së shtresimit të argjentit të sendeve (fig. 5) ose në përgjithësi, metalizimi elektrolit (kromimi, nikeli et.) Dizajnerët më të dëgjuar që përpunojnë stoli i kanë krye kreacionet e tyre me mënyrën shtypjet metalike elektrolite prej modeleve të reljefit. Së pari përpunohen modele prej dylli ose parafini dhe dhe me pluhur grafiti që të shtresohet me ar.



Galvanoplastika. Elektroliza shfrytëzohet për përpunimin e shenjave metalike prej modeleve të reljefit. Së pari përpunohen modele prej dylli ose parafini me pluhur të grafitit që të bëhet përçues. Gjatë polarizimit të përshtat-

shëm vjen deri te shtresimi i metalit mbi modelin. Kështu mund të shpresohet krejtësisht të trashë fitohet reproduktimi i origjinalit

Jepni domethënien e këtyre koncepteve:

- përçueshmëria jonike
- elektroliza
- ligjet e Faradejit
- galvanostegija
- galvanoplastika
- disocimi
- metalizimi
- Konstanta e Faradejit

15. 12. RRYMA NËPËR GAZËRA

Gjatë kushteve normale ajri dhe gazërat tjerë nuk e përçojnë rrymën. Dhe në përgjithësi, gjatë kushteve normale gazërat sillen si izolator.

Zbrazja e paqëndrueshme dhe e qëndrueshme

Nëse elektrizojmë balon duke fërkuar dhe pastaj e ngjisim në mur, ai do të ngel kështu gjatë kohë (ndonjëherë edhe ditë). Shkaku qëndron në atë që ajri është përçues i keq, pra mbushjet nuk shkojnë nëpër atë. Por, nëse dita ka qenë me shi, atëherë baloni nuk do të ngel asnjë ditë. Kjo do të thotë se mbushja rekombinohet, d.m.th., është zbrazur.

Që të mundësohen kushte, ajri (ose gazi në përgjithësi) të bëhet përçues (nëpër trup të rrjedh rrymë), është e nevojshme ai të jonizohet, d. m.th., të krijohen jone dhe elektrone të cilët janë mbajtës të elektricitetit të gazërat. Që të vjen deri te zbrazja nëpërmjet rrjedhjes së rrymës, duhet (ajri) të bëhet tretje përçuese prej atomeve të gazërave, elektroneve dhe atomeve neutrale, të cilat quhen plazma.

Është themelore, të jonizohet ajri, kurse për atë ekzistojnë më shumë mënyra. Burimi i joneve në ajër mund të jetë për shembull, një qiri i ndezur. Ai deri sa digjet u jep energji molekulave të ajrit të nevojshme që të jonizohen. Kështu, për shembull, është vërejtur se në afërsi të flakës, elektroskopi më shpejt do të ç'elektrizohet.

Jonizimi i gazit mund të kryhet edhe nën ndikimin e rrezatimit të fuqishëm ultravjollcë dhe radioaktiv. Gjithashtu, jonizimi mund të kryhet edhe në shumë fushë elektrike të fuqishme. Në kushte të fushës elektrike të dobët në hapësirë të gazërave kështu të jonizuar, elektronet e veçanta lëvizin nga elektrodën e kundërta dhe atje neutralizohen, ku rrjedh rrymë e dobët. Zbrazja e këtillë quhet **zbrazje e paqëndrueshme**.

Gjatë ekzistimit të fshës elektrike shumë të fuqishme, mekanizmi i zbranzjes së gazit realizohet me ndihmën e mbajtësve. Pikërisht nëse te fusha elektrike gjendet, për shembull, një grimcë e elektrizuar prej ajrit (atom ose molekul) ajo përshpejton në drejtim të vijave të forcës së fushës. Në rrugën e saj grimca goditet me grimcën neutrale, dhe poashtu nëse është [mjaft e shpejt (varet prej tensionit ndërmjet elektrodave), mund të dorzon mjaft energji atomeve neutrale që të jonizohen.. Kështu, prej një grimce të elektrizuar mund të krijohen dy ose më shumë çifte të jon-elektron, pra edhe këto ta bëjnë të njëjtën. Procesi i këtillë quhet **jonizimi goditës**. Në këtë mënyrë krijohet ortek i tërë prej mbajtësve të rinj. Përçueshmëria e mjedisit, poashtu rritet, pra në një moment kriitk mund të rrjedh rrymë e fortë, d.m.th., të krijohet **zbrazje e pavarur e gazërave**.

Shembuj më tipik të zbranzjes së qëndrueshme janë vetëtima, harku elektrik, xixa etj.).

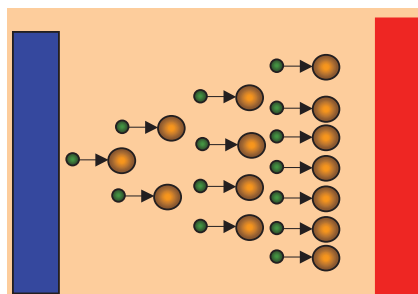


Fig. 1. Shumimi i llojit të ortiqeve të mbajtësve me jonizimin goditës

Zbrazja atmosferike-vetëtima

Asnjë laborator në botë nuk mund të prodhon aq demonstrim të fuqishëm dhe të bukur të rrjedhjes së rrymës elektrike nëpër gazëra sikurse që e bën natyra nëpërmjet dukurisë natyrore-vetëtima, qysh më herët interesimet të shumë fizikanëve ishin kthyer nga prejardhja e vetëtimitës. Sot dukuria e saj sqarohet shumë thjeshtë.

Hulumtimet kanë treguar se Toka ka tepriçë të elektroneve, pra për këtë shkak përreth krijohet fushë elektrike. Nga ana tjetër, mollekulat e ajrit jonizohen te shtresat e larta të atmosferës (të quajtura josphera) prej rrezatimeve kozmike dhe ultravjollcë, pra formohet shtgresa pozitive e elketrizuar. Ky është shkaku për formimin e fushës së atillë elektrike ndërmjet Tokës dhe jonisferës e clado ta ndihmon jonizimin e atomeve dhe molekuleve në ajër dhe do ta zmadhon përçueshmërinë e tij.

Retë lëvizin nëpër atmosferë me shpejtësi relative të shpejtë dhe poashtu fërkohen me shtresat e ajrit. Kështu, një re lehtë mund të elektrizohet (fig. 2). Ajo me ndihmën e influencës elektrostatike (induksioni) elektrizon me polaritet të kundërt objektet që gjenden pranë tij. Te figura është paraqitur një re negativisht e elektrizuar e cila me influencë ka elektrizuar një re tjetër pozitivisht, shtëpi, dru, shtyllë etj. Në këtë mënyrë mund të arrihen ndryshime te potencialet edhe deri qindra milion volt. Gjatë kushteve të caktuara mund të vjen deri te zbrazja elektrike, të cilën na e përjetojmë si emetim të dritës së fuqishmevetëtima dhe si zë i fuqishëm zë-rrëfe. Kur kryhet zbrazja atmosferike ndërmjet një reje dhe Tokës, atëherë dukuria quhet rrëfe (fig. 3).

Rrëfeja, përndryshe, mund të shkakton edhe shumë dëme dhe humbje të mëdhaja. Njuk është dukuri e rrallë dukuria e rrëfesë të bie edhe në njerëz që gjenden në natyrë dhe t'i vret, edhe pse ato nuk kanë qenë objekti më i lartë në rrethinë. Për këtë shkak është



Fig. 2. Zbrazja ndërmjet dy reve dhe objektit të Tokës (rrëfepřitës).

e nevojshme, kur jashtë bie rrëfeja, njeriu të strehohet dhe të qëndron larg zjarrit ose ndonjë burimi tjetër të jonizimit.



Fig. 3. Zbrazja atmosferike (vetëtima)

Përndryshe, është e nevojshme të gjitha objektet të kenë tokëzim të mirë rrëfepřitës. Te rrëfepřitësit është shfrytëzuar efekti i majës së mprehtë. Pasi rreth majës së mprehtë krijohet fushë e madhe elektrike, pra zbrazja me të drejt do të shkon deri te rrëfepřitësi, edhe në tokë nëpërmjet shiritit metalik që është thellë e futur..

Zbatimi

Dukuria zbrazje nëpër gazëra nën shtypjen e zvogëluar është shfrytëzuar te oqeanet drita fluoroeshente te reklamat neonmit, heliumit, dritat halogjene, edhe te laserët helium-neon. Te ato atomet gjatë rrjedhjes së rrymës nëpër gaz shqetësohen dhe në kthim te gjendja themelore emetojnë dritë. Ngjyra e dritës varet prej gazit me gypin e mbushur ose prej materijalit me të cilin është lyer gypi prej brenda. Te figura 4 janë dhënë krahasim të dritës së zakonshme dhe fluoroshente. E fundit është edhe deri herë më e efikase se të zakonshmet.



5% efikasitet



20% efikasitet

Fig. 4. Dritë e rëndomtë të fijos së volframovit në krahasim me fluoroeshenten me zbrazje të gaztë

Zbrazja harkore

Zbrazja harkore krijohet pasi që nën veprimin e tensionit të dy përçuesëve të afërt në formë të mprehtë, atmolsfera në afërsi të tyre që do të jonizohen pra prej izolatores do të shndërrohet në mjedis përçues. Poashtu do të rrjedh rrymë e fuqishme në formë të harkut elektrik (fig. 5). Rryma aq e ngroh gazin që atomet e tij kalojnë në gjendje të shqetësuar (plazma) Për këtë shkak, zbrazja harkore është e përcjellur me emetimin dhe UV drita për shkak se patjetër të bartet mbrojtja Uv përkatëse. Zbrzja harkore ka gjetur zbatim në procesin e ngjitjes paraqet

lidhje të dy metaleve të veçantë. AQë të mos vjen deri te njihta në atmosferë sillet deri te gazi inert ose azoti.



Fig..5. Harku ndërmjet dy gozhdave.



Fig. 6. Ngjitja. Shfrytëzohet për ngjitjen e pjesëve të gërryera prej skulpturave metalike

Jepni domethënien e këtyre koncepteve:

- jonizimi goditës
- zbrazje
- zbrazje e qëndrueshme
- zbrazje e paqën
- vetëtima drueshme
- rrëfeja dhe rrëfepritësi
- drita neoni
- harku elektrik

16. 1. MATERIJALET GJYSMËPËRÇUES



Gjysmëpërçuesit kanë veti të cilët varen prej shumë faktorëve të jashtëm (tensioni i jashtëm, dritet, temperaturë, shtypje). Prej këtu prej zbatimit të tyre të madhe. Shkenca për gjysmëpërçuesit e mundësojnë këtë përparim të shpejt të njerëzimit. Produktet e fotografive më lartë nuk ekzistojnë në khën e rinisë të gjysheve dhe gjyshërëve tonë. Zbatimi i gjysmëpërçuesit ka mundësuar zëvendësim të shpejt të gypi i vakuumi me instrumentet e gjysmëpërçuesit.

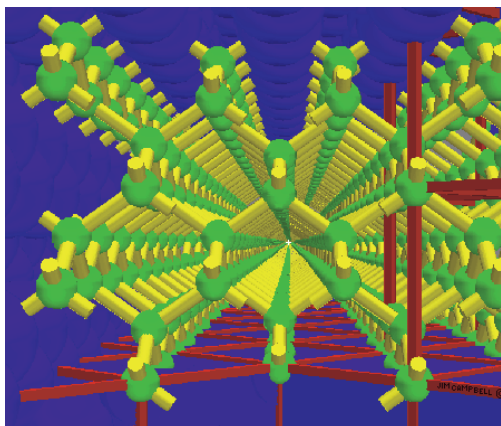


Fig. 1. Grilla kristallore tredimensionale e siliciumit të pastër. Atomet e siliciumit janë topave të gjelbër. Shkopinjët e gjelbër janë lidhjet valente.

Qysh te elektrostatika përmendëm se ekzistojnë materiale të cilat e përçojnë rrymën elektrike më mirë se sa izolatorët, kurse më dobët se përçuesët, dhe quhen *gjysmërçues*.

Tani treguam se grupat e ngurtë kanë strukturë kristallore që nënkupton atome të radhitur të hapësira (fig 2).

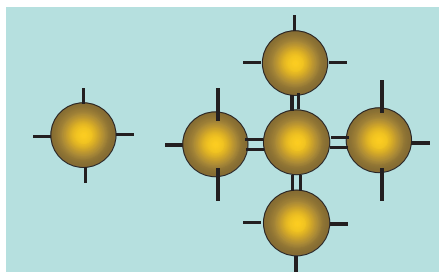


Fig. 2. Grilla dydimensionale e siliciumit të pastër. Prej çdo atomi dalin nga 4 lidhje të këtitilla.

Ndërsa te metalet numri i elektroneve të lira është përafshisht të barabartë me numrin e atomeve që janë të lidhura me metalin, të shumëzuar me valencëne tyre, te gjysmëpërçuesët ai numër është shumë i rëndësishëm më i vogël dhe ndryshon varësisht prej kushteve. Kështu, gjysmëpërçuesët nështe të caktuara në mund të sillen si përçues të mirë, kurse të tjerët, si izolator.

Gjysmëpërçues që më së shumti zbatohet në elektronikë dhe elemnti kimik siliciumi, dhe atë në formë me shtesa nga elementet tjera, të quajtur dopizë. Do të flasim vetëm për siliciumin pasi ai është për tani është teknologjia e gjysmëpërçuesëve më i përfaqësuar.

Siliciumi është element katërvalent që formon trup të ngurt me lidhje me 4 atome fqinje të siliciumit. Gjysmëpërçuesi i pëastër i padopinguar i siliciumit, quhet gjysmëpërçues me përçueshmëri personale ose tip personal i siliciumit.

Përçueshmëria personale

Të provojmë ta kuptojmë shpërndarjen zonale të elektroneve te gjysmëpërçuesit me ndihmën e figurës 3). Elektronet e gjysmëpërçuesit të pastër tërësisht e mbushin zonën e përçueshmërisë. Këto dy zona janë ndarë me zonën e ndaluar Eg. Nëse UM i shtohet energji prej jashta, elektronet prej zonës valente mund ta kapërcejnë zonën e ndaluar dhe të shpërndahen te pçërçueshmëria. Atje ato bëhe elektrone përçuese.

Vendi i zbrazur te zona valente (topa të bardhë të diagrami 3b) është si mbushje pozitive dhe quhet zgavër (zbrazëtirë). Domethënë, te gjysmëpërçuesit e pastër përçueshmëria i dedikohet krijimit të çifteve të zgavër elektroneve. Në këtë mënyrë elektroni do të lëviz në një kahe kurse zgavra (vendi i zbrazët) se si të ëviz në kahen e kundërt.

Në këtë mënyrë elektroni të lëviz në një kahe kurse zgavra (vendi i zbrazët) sikurse të lëviz në kahe të kundërt.

Domethënë, si bartës të rrymës te gjysmëpërçuesit paraqiten edhe elektronet edhe zgavrat.

Domethënë, si bartës e rrymës te gjysmëpërçuesit paraqitet edhe elektronet edhe zgavrat

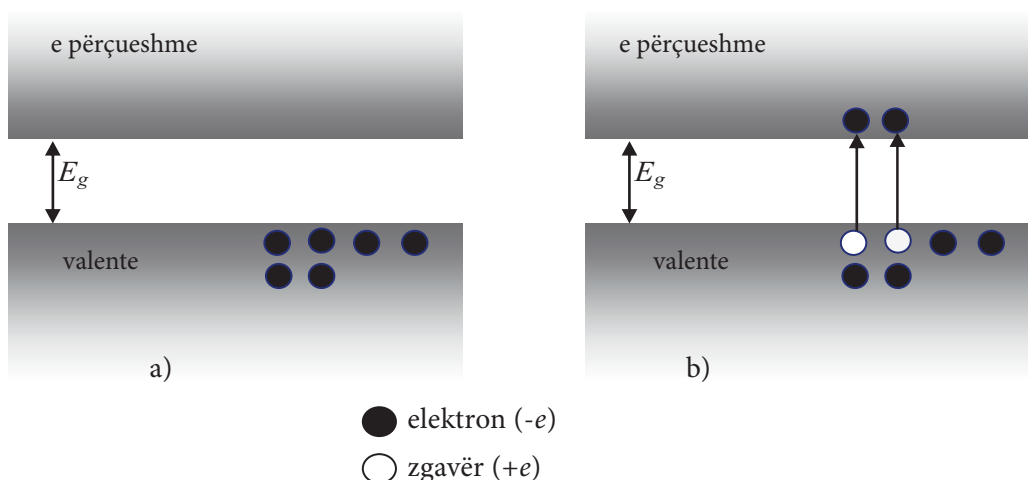


Fig. 3. (a) Paraqytimi për zonat energjetike (diagrame zonale) për gjysmëpërçuesit. (b) Elektronet (topat e zi) gjatë kushteve të dhëna mund të kapërcejnë prej valentes

Që ta kuptojmë mekanizmin e përçueshmërisë do të mendojmë atome të radhitura prej grilës së kristalit në fushën elektrike. Nëse gjatë kushteve të caktuara një elektron është liruar prej njërit prej atomeve, ai pas veti ka lënë vend të zgavrës që sillet si të jetë mbushje elektrike pozitive, i lidhur për grilën (fig. 3). Ky vend ka tendencë të lidh elektron, prandaj quhet **zgavër**. Zgavra mund të mbushet me elektron prej atomit fqinjë, ashtu që tani atje do të ndodh zgavër, e më tutje me radhë.

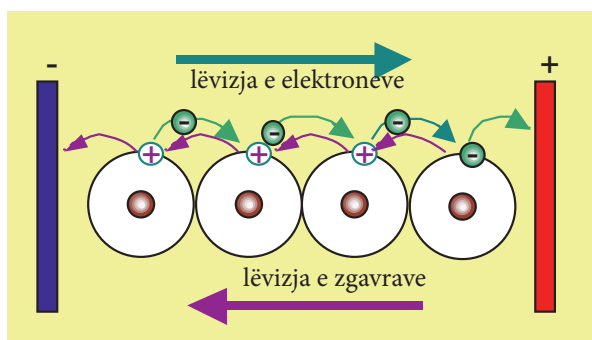


Fig.4 rryma elektronikee dhe zgavrave te gjysmëpërçuesit nëntension

Sistemi periodik i elementeve

1	IA	H	IIA	3	4																	2	0
2		Li	Be	11	12																	10	Ne
3		Na	Mg	III B	IV B	V B	VIB	VII B	— VII —								IB	II B	15	16	17	18	
4		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
5		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
6		Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7		Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt	110	111	112	113									

* Lanthanide Series	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
+ Actinide Series	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Fig. 5. Gjysmëpërçuesit tipik në formën elementare të sistemi periodik i elementeve janë prej grupit IV, Si, Ge dhe Sn (korniza e verdhë). Me dopingun e Si me atome trevalente (elemente të grupit të tretë), fitohet tipi P, Si (korniza e kaltër). Me doping me atome pesëvalent prej grupit të pestë, fitohet tipi N, Si (kolrniza e kuqe).

Gjysmëpërçuesit mund të jenë në formë elementare, por mund të jenë dy ose më shumë bashkëdyzime atomike. Prej gjysmëpërçuesëve elementar më tipik janë ato prej grupit të katërtë të sistemit periodik të elementeve (fig. 5) dhe atë Si (siliciumi), Ge (germaniumi) dhe Sn (kallaj i kaltër).

Përçueshmëria primese

Përçueshmëria e siliciumit të pastër është shumë e vogël, pra mund të zmadhohet duke shtuar atomeve-primesa të ndonjë elementi tjetër. Përçueshmëria e kështu quhet përçueshmëria me primese. Varësisht prej llojit dhe valencës së elementit kimik që shfrytëzohet si doping (shtesë), gjysmëpërçuesët mund të jenë **P-lloj** (lloj pozitiv) ose **N-lloj** (lloj negativ).

N-lloj (lloj negativ) silicium fitohet gjatë dopingimit me atome me valencë më të lartë prej siliciumit sikurse, për shembull, fosfori pesëvalent (fig. 6)

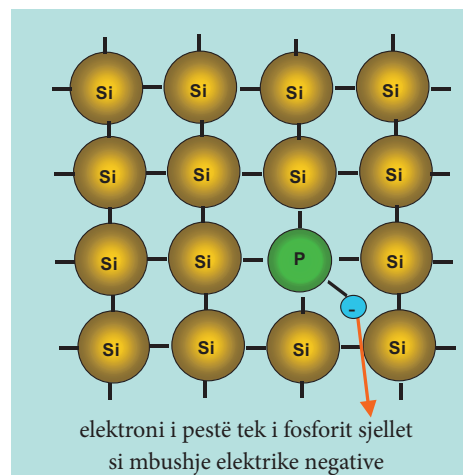


Fig. 6. Elektroni i lirë te tipi N i siliciumit

Kështu gjatë formimit të kristalit prej siliciumi mund të ndodh në vend të një atomi të siliciumi të jetë zëvendësuar me atom të fosforit. Vendi i atillë lehtë mund të lirohet elektroni i prej valencs së pestë të fosforit. Kështu te gjysmëpërçuesi ekziston koncentrim të elektroneve të lirë se sa te lloj i vet, prandaj quhet edhe negativ (N)-lloj i gjysmëpërçuesit.

P-lloj (lloj pozitiv) siliciumi fitohet gjatë dopingut me atome me valencë më të ulët (për shembull, trevalent).

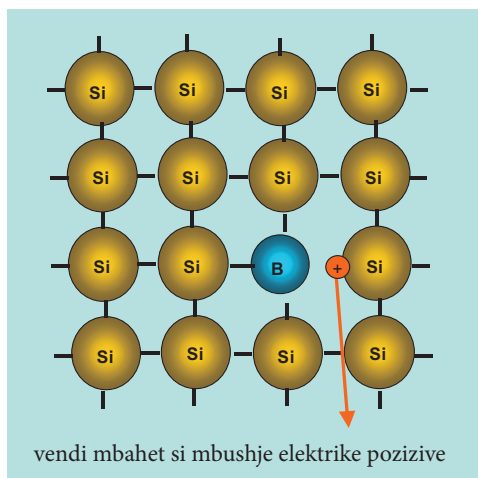


Fig. 7. Zgavër të P-lloj i siliciumit

Kështu gjatë formimit të kristalit prej siliciumit mund të ndodh një vend prej siliciumi të merret me jon trevalent (fig. 5). Në atë vend ekziston një elektron prej atomi fqinjë të siliciumit që nuk ka marrë „dorë“ nga fqiu pasi ai ka vetë 3 duar. Vendi i këtillë është se si mbushja pozitive që ka tendencë të robëron elektron. Gjysmëpërçuesët e këtillë kanë më shumë zgavra se sa lloj i vet, prandaj quhet P-lloj gjysmëpërçues.

Dopingu i siliciumit të pastër, që të fitohen P dhe N silicium, arrihet në shumë mënyra të ndryshme. Për disa qëllime ajo bëhet qysh dri sa siliciumi është shkrirë, pra atëherë shtohet substanca për doping. Kur do të nguroset siliciumi, atëherë atomet e dopingut inkorporohen te grila dhe bëjnë P ose N lloj të siliciumit.

Mënyrë tjetër shumë e shpeshtë të inkorporimit të dopingut te substanca themelore (siliciumi) është më së shumti i përfaqësuar në industrinë mikroelektronike me ndihmën e bombardimit të substancave themelore me atome të përshpejtuara prej dopingut. Kështu, nëse janë mjaft të shpejta, doping-grimcat shpërthejnë nëpërmjet sipërfaqes hyjnë në brendësinë

e materialit. Atje ato inkorporohen në të dhe krijojnë elektrone të lira të reja ose zgavra.

Gjysmëpërçuesët zbatohen në elektronikë dhe mikroelektronikë (instrumente elektronike me dimenzione mikrometrike) për bërjen e diodave, tranzistorë, çipa etj. Në fig. 8 është dhënë e ashtuquajtura vafla (disk rrethor i hollë i prerë) prej siliciumit të pastër që më tutje shfrytëzohet për të bërë çipa.



Fig. 8 Gjysmëpërçues prej siliciumi. Prej tij bëhen çipa për kompjuter.

Jepni domethënie për këto koncepte themelore:

- gjysmëpërçues
- formimi i zgavrave
- lloj i përçuesit personal
- përçueshmëria primese
- dopingimi (llo-P dhe lloj-N).

16.2. PN-KONTAKT

Fitimi i kontaktit PN

Vet emri tregon se ajo përbëhet prej kontaktit ndërmjet llojit P, dhe tjetrit lloj N. Gjatë vendosjes së kontaktit ndërmjet P gjysmëpërçues (që është sikur të ketë tepricë të mbushjeve të lira pozitive) dhe N-gjysmëpërçuesi (që është sikur të ketë tepricë të elektroneve), vjen deri te lëvizja në vend të kontaktit, një pjesë e zgavrave prej P-gjysmëpërçuesit do të lëvizatjeku ka më pak, d.m.th., te pjesa N dhe anasjeltas, elektrone prej pjesës N do ta kalojnë kufirin dhe do të vendosen te pjesa P. Kështu për shembull, nëse kemi silicium (Si) të llojit personal, pra nga ana tjetër e bombardojmë

me jone prej bori-B, d.m.th., e dopingojmë me atome akceptor të forsit-P, d.m.th., e dopingojmë me atome donor që ta shndërrojmë llojin personal të Si në lloj-N të siliciumit, atëherë do të vjen deri te formimi i kontaktit PN. Ekzistojnë edhe shumë mënyra tjera të krijimit të kontaktit PN. Megjithatë, kontakt PN ideal më së lehti krijohet nëse gjysmëpërçuesi bëhet në formë të filmit të hollë (shtresë). Atëherë, nëse gjatë krijimit të shtresave, d.m.th., gjatë rritjes së tyre gradualisht, gjysmëpërçuesi i pastër deri te një trashësi e caktuar dopingohet me atome donore, kurse pastaj atomet prej donorit merren me atome akceptor, atëherë vjen deri te formimi i vijës së kontaktit PN.

Ndryshimet e brendshme te kontakti PN

Te gjysmëpërçuesi P sigurisht se ka koncentrim më të madh të zgavrave, kurse te lloji N gjysmëpërçuesi ka koncentrim më të madh të elektroneve, prandaj në vend të lidhjes vjen deri te lëvizja e bartësve themelor. Kështu, pjesë e zgavrës prej llojit P e tejkalojnë kufirin dhe sipas rrugës të difuzionit shkojnë në vendin ku koncentrimi tyre është më e ulët (në N), kurse një pjesë e elektroneve prej lloji N e kalojnë kufirin e vendosjes në pjesën P.

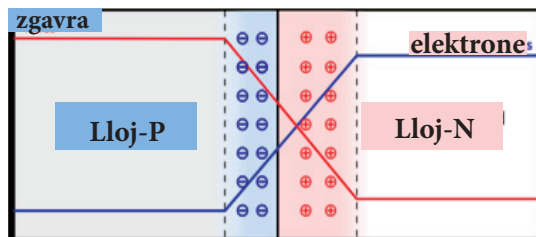


Fig. 2. Në kufirin e lidhjes formohet shtresë e varfëruar me bartës. Përçueshmëria e tij është zvogëluar, pra quhet edhe shtresë e barrierës. Vija e kuqe tregon si ndryshon koncentrimi i zgavrave nëpër tërë gjatësinë e PN:

Në këtë mënyrë ndërmjet P dhe N do të krijohet shtresë e cila është varfëruar me bartësit themelor (elektronet në N dhe zgavrat në P). Në zonën kufitare, prej ku bartësit nëpërmjet rrugës së difuzionit migrojnë nëpërmjet kufirit, ngel i pakomenzuar i lidhur për mbushje hapësinore. Pasi sikur të ishte pastruar prej bartësve, përçueshmëria e tij do të jetë e zvogëluar. Prandaj ai quhet shtresë e varfëruar, shtresë barriere ose shtresë e varfëruar.

PN-konmtakti i tensionit të jashtëm

Nëse tani e kyçim P për (+) potenciali kurse N për (-), atëherë elektronet prej burimit do të vijnë te pjesa N dhe do t'i neutralizojnë zgavrat e shtresës kufitare (fig. 1(b)). Njëkohësisht, elektronet e shtresës kufitare prej pjesës P do të ikin nga polariteti pozitiv prej burimit, pra bariera do të jetë edhemë e hollë dhe më e dobët. Atëherë rryma do të mund të rrjedhë nëpër kufirin PN, pra ndriçuesja S do të ndriçojë (fig. 4a).

Nëse PN kyçez në tensionin inverz (fig. 3b) ashtu që pjesa P do të jetë në potencialin negativ, kurse N në pjesën pozitive, elektronet prej burimit bnuq do të mund të kalojnë nëpër shtresën e barrierës, pasi do të jenë të refuzuara prej elektroneve të cilët hasen te bariera. Në këtë rast nëpër PN kontaktin nuk mund të rrjedhë rrymë, pra llamba C nuk do të ndriçojë (fig. 4b).

Dioda shfrytëzohet gjithashtu edhe si diodë vakumi, për drejtimin e tensionit alternativ. Kahja e depërtueshmërisë të diodës është shënuar te shigjeta e simbolit të saj (fig. 3a), kurse jo e depërtueshmërisë është ana e anasjelltë e vijës vertikale (fig. 4b)

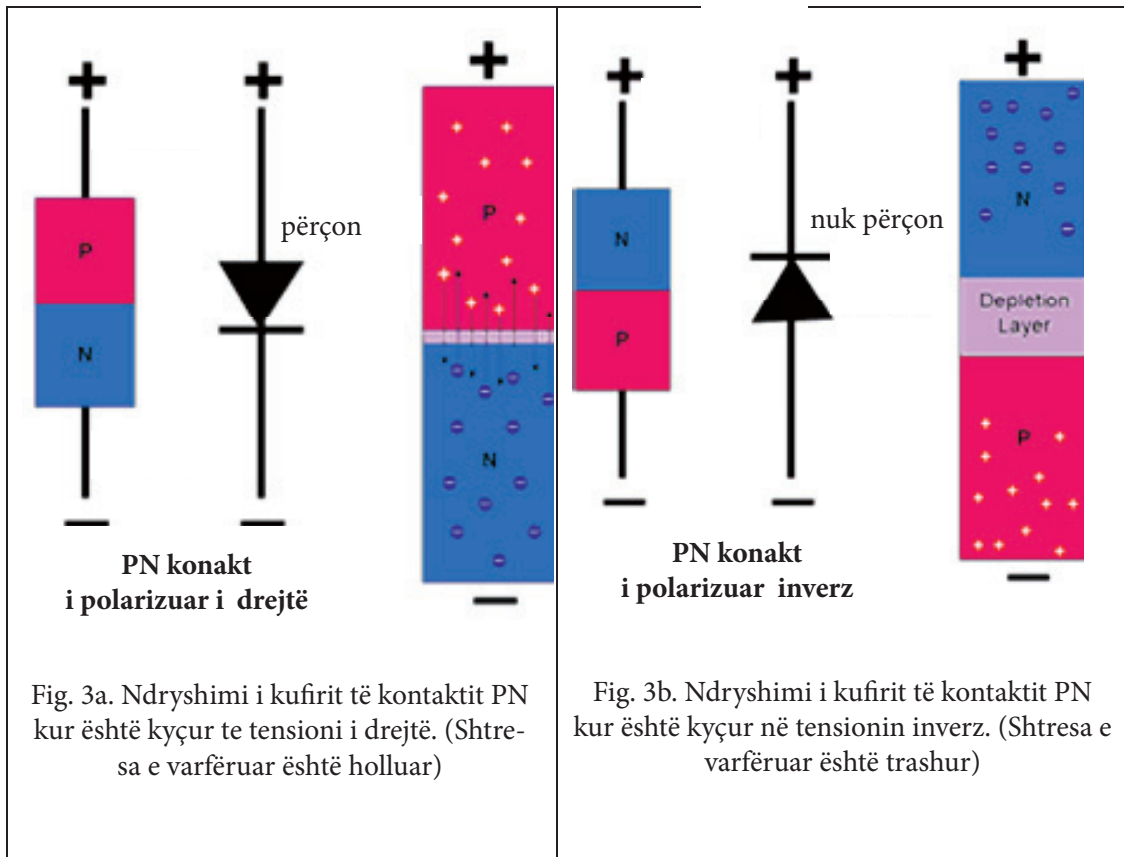


Fig. 3a. Ndryshimi i kufirit të kontaktit PN kur është kyçur te tensioni i drejtë. (Shtresa e varfëruar është holluar)

Fig. 3b. Ndryshimi i kufirit të kontaktit PN kur është kyçur në tensionin inverz. (Shtresa e varfëruar është trashur)

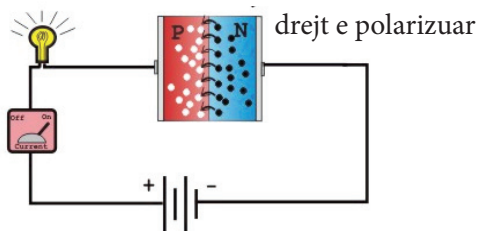


Fig. 4a. Nëse kontakti PN është polarizim i drejtë, atëherë llamba ndriçon.

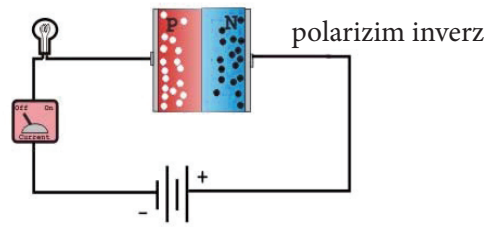


Fig. 4b. Nëse kontakti PN është polarizim inverz llamba nuk do të ndriçon.

Karakteristika vol-amperike (VA) e diodës

Varësia e rrymës (I) nëpër një medium prej ndryshimit të tensionit (V) të skajet e tij quhet karakteristika vol-amper. Karakteristika vol-amper e kontaktit PN është jo lineare (dalohet prej vijës së drejtë sikurse e jep ligji i Omit për rezistorit e zakonshëm). Për tensionet negative (fig. 5) rryma është krejtësisht e vogël, pra, për pozitive ajo fiton vlera shumë më të mëdhaja të cilat rritgen me zmadhimin e tensionit.

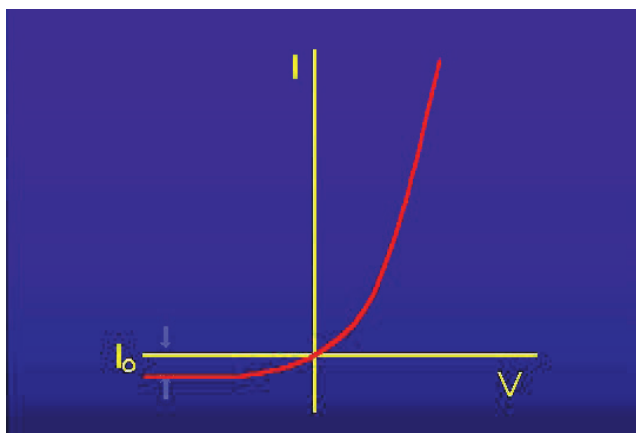
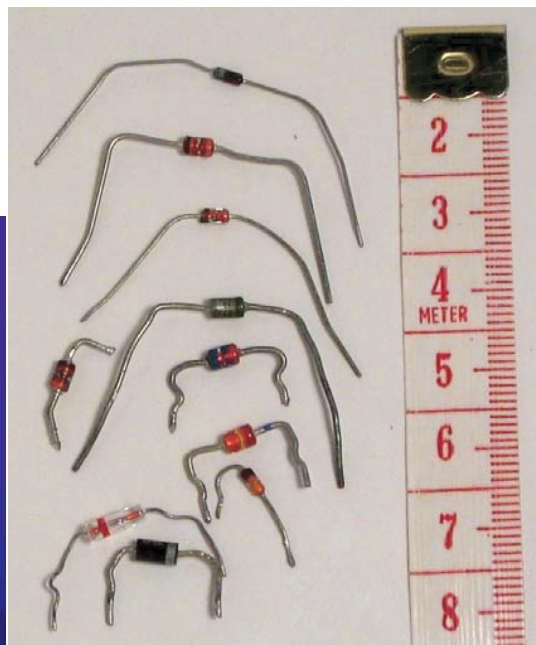


Fig. 5. Karakteristika VA jo lineare e diodës gjysmëpërçuese.

Në mënyrë teorike është gjetur se karakteristika volt-amper për kontaktin PN mund të paraqitet me këtë varësi

$$I = I_0(e^{eV/kT} - 1),$$

kku I_0 quhet rryma inverze e ngopjes (fig. 5). Paraqitet gjatë tensionit të madh inverz, por me zmadhimin e mëtutjeshëm të tensionit inverz, ai ndryshon). Te formula e mbushjes së elektronit, konstanta e Bolcmanit k , kurse T është temperatura absolute.



USHTRIM LABORATORIK

E nevojshme:

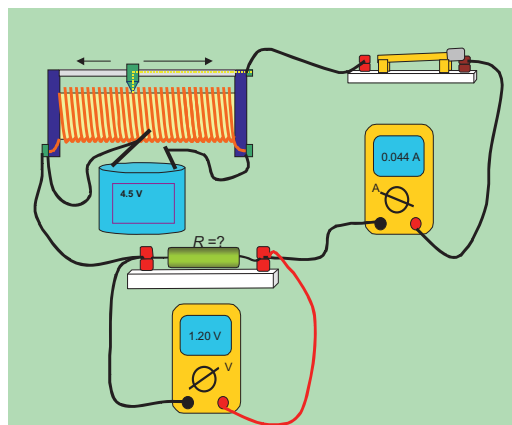
- 1) bateri prej 4,5 V
- 2) rezistor me rrëshqitës ose potenciometër
- 3) PN -dodë
- 4) ndërprerës
- 6) ampermetër

Lidhja

Bateria lidhet me rezistor te lidhja potenciometrike. Pastaj, tensioni prej rrëshqitësit dhe njërit skaj të potenciometrit lidhet në rreth me ndërprerës, ampermetër dhe PN-diodë. Në fund lidhet voltmetri paralelisht me diodën.

Matja

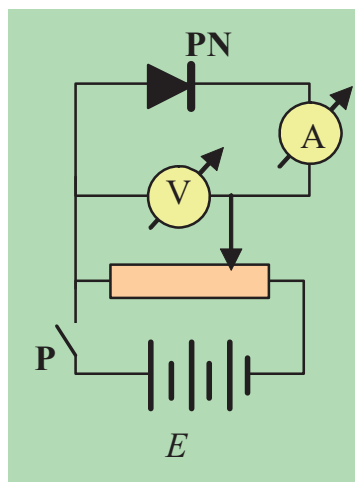
Zhvendoset rrëshqitësi te potenciometri që të fitohen tensionet 0 V, 0,5 V; 1 V; 1,5 V; 2 V; 2,5 V; 3 V 4,5 V, kurse për çdo vlerë të tensionit lexohet vlera e rrymës. Vlerat futen te tabela. Pastaj ndryshon polariteti i baterisë (ndryshojnë + dhe -), dhe mënyra e ndryshimeve të tensionit për gjysmë volt përsëritet për tensionet inverze të PN, dhe poashtu shkruhen rrymat për çdo tensio.



Skema e lidhjes

Paraqitja e rezultateve në tabelë

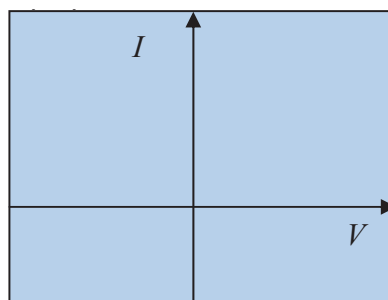
Numri i matjeve	Tensioni V[V]	Rryma I[A]
1	-4,5	
2	-4,0	
3	-3,5	
9	0	
10	+0,5	
11	+1	
18	+4,5	



Skema e lidhjes

Paraqitja grafike e rezultateve

Çiftet e vlerave (V, I) futen te grafiku me boshte sikurse te figura:



16. 3. DIODAT, FOTODIODAT, LED-DIODA

Light Emmiting Diode (LED) përbëhet, gjithash-tu, prej kontaktit P-N. Disa dioda mund të emitojnë dritë, kurse të tjerat, ta detektojnë, pra quhen fotodioda. Punon në principin e liritimit (emetimit) të dritës gjatë kthimit të elektroneve të shqetësuar në gjendje normale. LED diodat ndriçojnë gjatë tensionit të caktuar të kyçjes. Janë të kuqe, të gjelbra dhe të kaltra. LED diodat përdoren si ndriçuese indikatorë teshumë instrumente elektronike. Janë si drita të vogla të gjelbra dhe të kuqe që shërbejnë si indikator në punën e

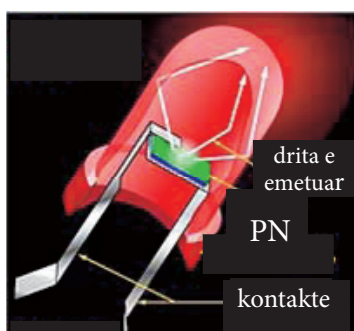


Fig. 1. Ndërtimi i diodës LED

kompjuterit, tastaturës, televizorit, sistemit muzikor etj. Janë të dispejët me dimensione të mëdha (reklamata ndriçuese) etj.

Ardhmëria e LED diodës shkëlqen. Shkencëtarët marrin dioda të cilat sipas aftësisë (fig. 2). Përndryshe LED dritat shpenzojnë afërsisht 50 herë më pak energji elektrike për të njëjtin ndriçim por kanë afat shumë të gjatë.



Fig. 2. Llambat LED do t'i zëvendësojnë llambat e zakonshme

Përveç kësaj, prej PN-kontaktit janë bërë edhe sensor të ndryshëm të cilët janë të ndjeshëm të ndryshimit të ndriçimit, detektorët infrakuqe për të shikuar natën, detektor për rrezatim radioaktiv, dhe shumë të tjer.

Fotodioda dhe qeliza fotovoltaike (PV)

Nëse PN kontakti ndriçohet, atëherë kuantet e dritës u japin energji plotësuese elektroneve prej zonës valente të kapërcejnë te përçuesi. Kështu me ndihmën e dritës me energji ($h\nu$), mjaft e madhe që tu japë elektroneve prej zonës valente mundësi ta kapërcejnë zonën e ndaluar, gjenerohet tensioni. E lidhur në qark me shpenzues, instrumenti i këtillë gjeneron edhe rrymë, prandaj, energji elektrike. Ekzistojnë dy zbatime prej kësaj vetie: fotodiodat dhe qelizat fotovoltaike.

Fotodiodat mundet të shërbejnë si sensor të dritave dhe infrakuqe dhe UV rrezatim. Televizori juaj kontrollon me drejtues largsie nëpërmjet fotodiodës. Rrezte e padukshme infrakuqe bartin në largësi informata të koduara të cilat shndërrohen në rryma analoge.



Fig. 3. Qelizat fotovoltaike (solare) prej solares elektrike të parë në Maqedoni ;;SIETO“, në afërsi të Shkupit (Kadino“,

bëjnë prej PN-kontaktit (lloj-P, I-lloj personal (i padopingur) dhe lloj N.

Te figura 3 janë dhënë qeliza fotovoltaike (solare) prej siliciumit gjysmëkristal, të cilët e shndërrojnë energjinë diellore në elektrike. Në botën e zhvilluar mbijnë numër i madh i centraleve elektrike diellore. Në Maqedoni për tani ka një central elektrik në fshatin Kadino, në afërsi të Shkupit.

Që të mbrohet prej nxemjes globale për shkak të emetimit të tepruar karbon dioksidit, botës i ngel të bën zëvendësimin e energjisë që fitohet prej qymyrit dhe naftës me energjinë e diellit.

Detektor gjysmëpërçues të rrezatimit jonik

Detektorët gjysmëpërçues përbëhen prej detektorëve prej siliciumi diodës PN, dhe shfrytëzohen për detektimin e rrezatimit të Rëntgenit ose rrezatimit gama..

Në vendin e kontaktit PN, tani më vërjetëm, formohet shtresë barriere që i pengon elektronet dhe zgavrat të kalojnë dhe të japin rrymë. Gjithmonë kur te shtresa PN fitet rreza gama për shkak të aftësisë do të prodhohen dhe zgavra (fig. 4). Prania e tyre do ta zmadhon përçueshmërinë të kontaktit PN dhe do të mund të rrjedh rrymë. Rryma regjistrohet, por me elektronikën plotësuese tregohet madhësia e rrezatimit.

Në vendin e PN-kontaktit, tanimë e pamë, se formohet shtresë barriere e cila i pengon elektronet dhe zbrazëtirat të kalojnë dhe të japin energji elektrike, Gjithmonë kur në PN-shtresën bie gama-rreze, për shkak të aftësisë jonizuese do të prodhohen elektrone dhe zbrazëtira (fot. 4). Prania e tyre do ta rris zbatimin e PN-kontaktit dhe do të mundet të qarkullojë energjia. Energjia elektrike regjistrohet, kurse me elektronikë plotësuese tregohet madhësia e rrezatimit.

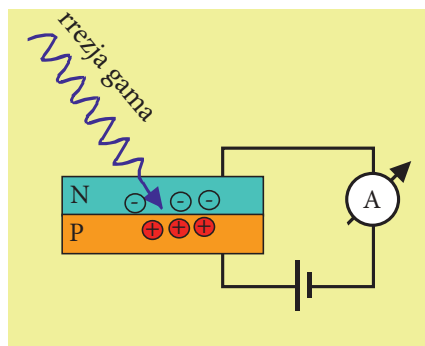


Fig. 4. Një skemë e thjeshtë e detektorit gjysmëpërçues për rrezatimin gama

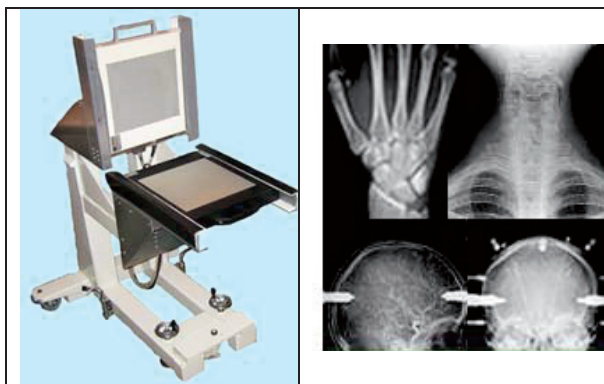


Fig.5 . Detektori gjysmëpërçues i firmës Bioscan SA për inçizimin digjital rëntgen (në vend të fotografisë fitohet fotografi digjitale).

DREJTUESI GJYSMËPËRÇUES

Dioda shfrytëzohet për drejtues për tensionin alternativ (tensioni ku polet rregullisht e ndryshojnë shenjën). Kahja e depërtueshme e diodës është shënuar me kahen e shigjetës prej simbolit (fig. 3 nga mësimi paraprak). Padepërtueshme është nga ana e vizës vertikale.

Drejtuesi mund të realizohet me një gjysmëpërçues dioda, një kondenzator elektrolitik (me kapakët për afërsisht 10 μF), një rezistor dhe tela përçues. Që të mundeni ta shihni veprini e drejtuesit, janë të nevojshme një transformator prej 6V dhe një osciloskop..

(a) Që të vërtehen ndrysimet e rrymës alternative, lidhet skema e parë. Skajet e rezistorit lidhen me osciliskopin.

(c) Nëse dëshironi t'i zbutni ndryshimet e rrymës, atëherë e keni të nevojshme edhe një kondenzator në rolin e filterit, që do të

(b) Që të fitoni rramë të një anshme të drejtë

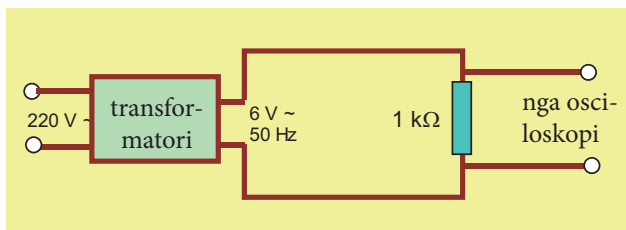
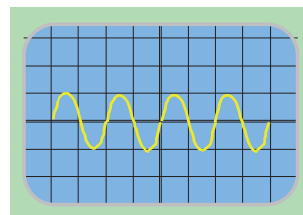


Fig. 1(a) Rryma alternative prej transformatorit që duhet të drejtohet



Rryma alternative e parregullt

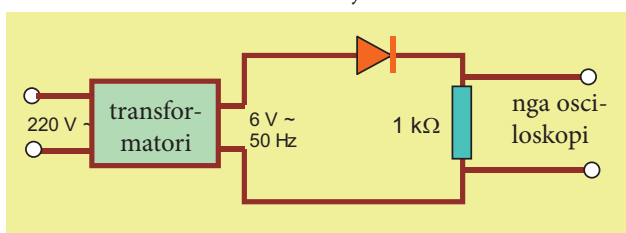
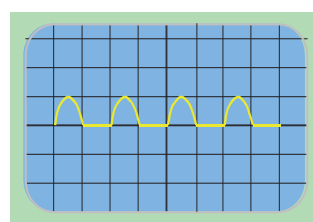


Fig. 1(b) Drejtues i rrymës alternative me një diodë



Rryma alternative e rregullt

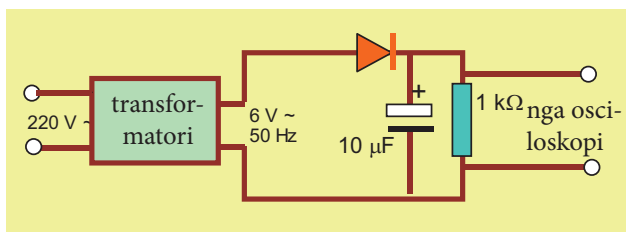
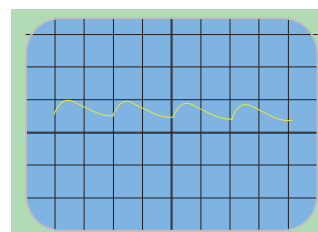


Fig. 1 (c) Drejtues dhe filter për rrymën alternative me një diodë dhe një kondenzator



Rryma alternative e rregullt dhe e filtruar

është e nevojshme vetëm një diodë gjysmëpërçuese. Atëherë tensioni i drejtuar i shikuar në osciloskop, do të shihet si te figura.

mbushet për kohën e gjysmëperiodës në të cilën dioda është e depërtueshme dhe do të zbrazet kur ajo është e padepërtueshme, ashtu që tërë kohën nëpër rezistorin do të rrjedh rrymë.

16. 4. TRANZISTORI

Tranzistori i parë

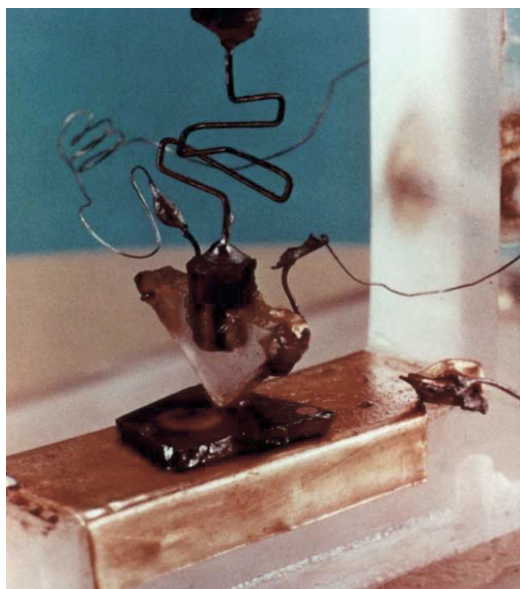
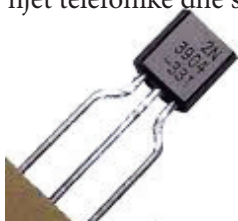


Fig. 1. Tranzistori i parë

Zbulimi i tij në vitin 1948 ka bërë revolucion në elektronikë dhe ka mundësuar zëvendësim të shpejt dhe llamba elektrinike të thyera me instrumente gjysmëpërçuese miniatyre. Prej atëherë, pra deri më sot, janë krijuar të gjitha të mirat teknike elektronike që çdo ditë na i lehtësojnë jetën, na japin mundësi për komunikim të shpejt (lidhjet telefonike dhe satelitore), të kapshme deri te informatat (kompjuter dhe internet) dhe shumë punë tjera. Tranzistori i parë ka qenë MOCFET (fig. 1), por bazat teorike për përf forcimin e tyre është bërë diçka më vonë prej konstruksionit të tij nga ana e Shokli. Shpenzimi i vogël i energjisë elektrike, dimenzionet minijature dhe eliminimi i faktorit thyerje, sjell deri te zëvendësimi i gypave elektronike. Në periudhën e ardhshme pas luftës së dytë botërore vijonte konstruktimi i makinave llogaritëse me gjysmëpërçues



elemente. Në vend të dholmave të plota, kompjuterët u bënë makina me dimensione relativisht të vogla. Emri transistor vjen prej anglishtes, transfer transistor, që do të thotë rezistor.

Tranzistori shtresor bipolar

Në kohën më të re ekzistojnë tranzistor me pika dhe me shtresa kontakti. Na për shkak të thjeshtësisë, do t'i shqyrtojmë ato me kontakte shtresore. Emri BIPOLAR vjen prej atje që përbëhet prej dy lloje gjysmëpërçues: P dhe N.

Tranzistori shtresor bipolar paraqet sistem prej dy diodave të lidhura të lidhura në seri, më saktë, të sjellur në kontakt drejtpërdrejt serik njëra me tjetrën. Domethënë, tranzistori praqet dy shtresë dioda me elektrodë të përbashkët (baza e përbashkët). Dy elektrodën tjera quhen emiter dhe kolektor. Pasi ekzistojnë dy lloje të gjysmëpërçuesit, ekzistojnë edhe dy kombinime të shtresës të tranzistorit bipolar, dhe atë, NPN (fig. 2.a) dhe PNP (fig. 2.b).

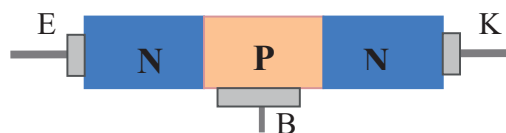


Fig. 2a. NPN tranzistor

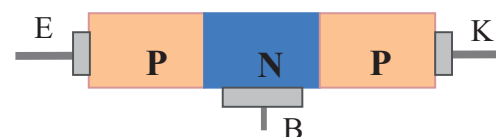
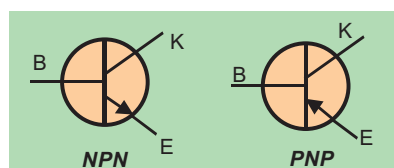


Fig. 2b. PNP tranzistor



Simboli skematik për PNP dhe NPN.

Shtresa të tranzistorit bipolar

Skurse treguam më herët, tranzistori ipolar përbëhet prej tre shtresae (baza-B, emiter-E dhe kolektor-K): Nëpër gjatësinë e rrugës nëpër tranzistor në kufijtë e të dy kontakteve bipolare (PN, pastaj NP, formohen të dy barrierat) shtresat fig. 3). Kështu, për elektronat, për shembull, në kalim do të jetë i depërtueshëm, kurse tjetri i pa depërtueshëm (bariera). Me ndihmën e polarizimit të rregullt të tranzistorit, mundet të krijohen kushte të depërtueshmërisë. E para PN diodë e tranzistorit le të paraqet pjesën prej qarkut hyrës (emiter dhe bazë). Dioda e dytë, e përbërë prej bazës (B) dhe kolektorit (K), le të jetë pjesë e qarkut dalës. Këto dy qarqe është e nevojshme të lidhen me burime të tensionit të drejt, dhe atë, në hyrje te kahja e depërtueshme, kurse në dalje në dalje të depërtueshmërisë. Me këtë hyrja arrihet shtresa e barrierës të hollohet, kurse te dlajatë zmadhohet. Gjatë kushteve të ëtilla të polarizimit te tranzistorët mund të paraqitet efekti përforcues (efekti i tranzistorit).

E tëra ajo që është dhënë për NPN tranzistorët do të vlen edhe për PNP, vetëm që te skemat të ndërrohen shenjat e burimeve për polarizim.

Rëndësia e tranzistorëve është në atë që ai është element përforcues. Kjo do të thotë se nëse sillet rrymë pak e ndryshueshme në qarkun hyrës së tranzistorit ai në dalje do të paraqitet si rrymë shumëfishtë e përforcuar që ndryshon tensioni te qarku hyrës. Tranzistori përdoret te përforcuesit edhe në shumë instrumente tjera elektronike, te reapioruesit, televizorët etj.

Te figura 4 është paraqitur mënyra e polarizimit të një NPN tranzistor. Rregullat e polarizimit të tranzistorit që të paraqitet veprim përforcues. Poashtu, hyrja polarizohet te kahja e depërtueshme, kurse dalja te e padepërtueshme.

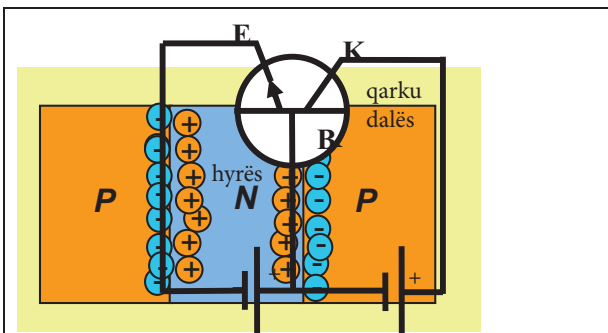
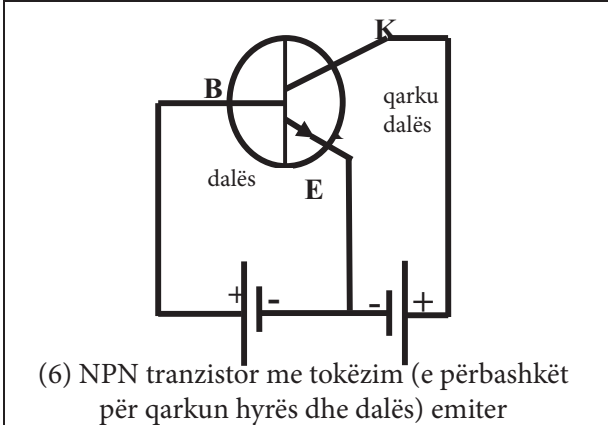
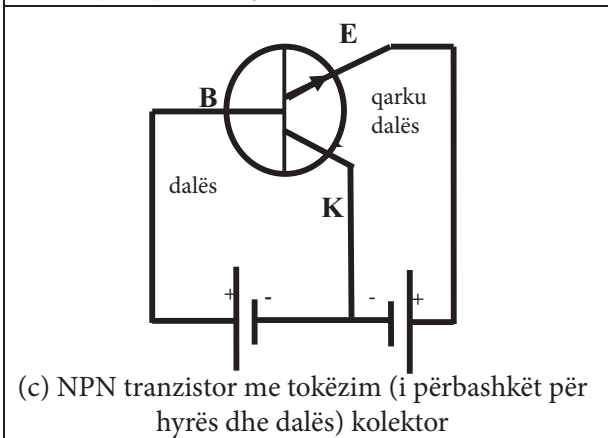


Fig. 3. PNP tranzistor. (a) NPN tranzistor me tokëzim (e përbashkët për qarkun hyrës dhe dalës)



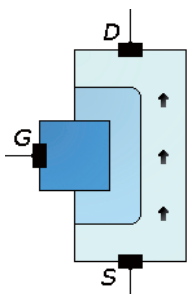
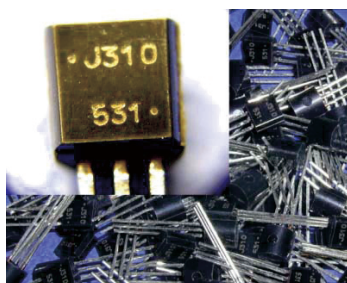
(b) NPN tranzistor me tokëzim (e përbashkët për qarkun hyrës dhe dalës) emiter



(c) NPN tranzistor me tokëzim (i përbashkët për hyrës dhe dalës) kolektor

Fig. 4

FET - tranzistor



Emri vjen prej principit të punës së tranzistorit që në realitet e kontrollon rrymën dalëse me efektin e indukimit të fushës elektrike. Përbëhet prej tre elektrodave, dhe atë porta ($G = \text{gate}$), burimi ($S = \text{source}$) dhe shtrati ($D = \text{drain}$). Ndërsa tranzistorët bipolar janë instrumente të përjashtuara, që do të thotë se, nëse nëpër bazën nuk rrjedh kurrfar rryme nëpër qarkun e kolektorit. Për dalim prej tyre, tranzistorët me efekt të fushës (FET) janë instrumente të kyçura të cilat lëshojnë vlerë maksimale të rrymës dalëse, nëse te gejtiti nuk ka tension. Tensioni i sjellur i gejtit (G) mundet vetëm ta zvogëlon rrjedhjen e asaj rryme. FET përbëhet prej PN kalimit. Qëllimi i tij është të siguron barierë ose jopërçues të shtresa me të cilën mund të kufizohet rrjedhja nëpër kanal. Nëse kontaktet ndërmjet dy llojeve të gjysmëpërçuesit janë shtresore, atëherë ai quhet shtresor ose JFET ($J = \text{Junction}$).

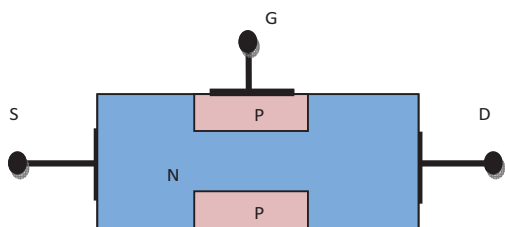


Fig. 1. Principi i ndërtimit të JFET.

Shtresori FET (JFET) është instrument prej pjesë të llojit N gjysmëpërçues (fig. 1) e cila quhet kanal. Në të është vendosur ngushtim prej lloji G gjysmëpërçues, që e ka krijuar gejtiti (porta).

Nëpër gjatësinë e rrugës ndërmjet burimit ($S = \text{source}$) dhe shtratit ($D = \text{drain}$), llo-N i gjysmëpërçuesit qëndron sikurse rezistor. Te FET udhëheqja e rrymës ndërmjet sorsit (S) dhe drejnit (D) realizohet nëpërmjet sjelljes së tensionit inverz (G të lidhur me tensionin negativ, kurse S me tensionin pozitiv). Në këtë rast trashësia e shtresës së barierës zmadhohet (e murme në të kaltër), kurse me të zvogëlohet trashësia e kanalit përçues, pra rezistori i tij rritet. Rryma nëpër kanal do të zvogëlohet. Domethënë se JFET është instrument te i cili me ndihmën e tensionit ndërmjet sorsit dhe gejtit udhëhiqet rryma nëpërmjet sorsit dhe drejnit.

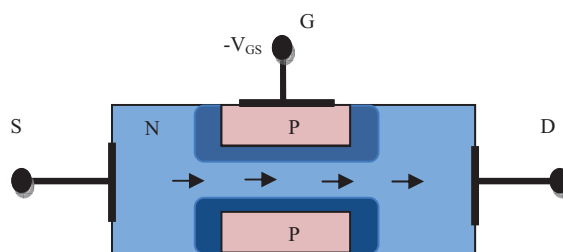


Fig. 3. N-i kanalit JFET-inverz i polarizuar. Zona e murme në të kaltër e paraqet trashësinë e shtresës së barierës për shkak të polarizimit inverz PN-kalim

MOCFET (MOSFET = Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

Menjëherë ta deshifrojmë shkurtesën. Ky tranzistor është bërë prej atij të lidhjes dhe ndërmjet metalit, ($M = \text{metal}$), oksid ($O = \text{oxide}$) dhe gjysmëpërçues ($S = \text{semiconductor}$), tranzistor me efekt të fushës (FET). Prej figurës 4 mund të shihet se ai përbëhet prej NPN -kontakt. Një lloj sikurse te FET, edhe te mosfeti ekzistojnë tre elektroda: burim (source), shtrati (drain) dhe porta (gate). Gejtiti te MOSFET paraqet elektrodë rryme e metalit (fig. 4) që është e ndarë

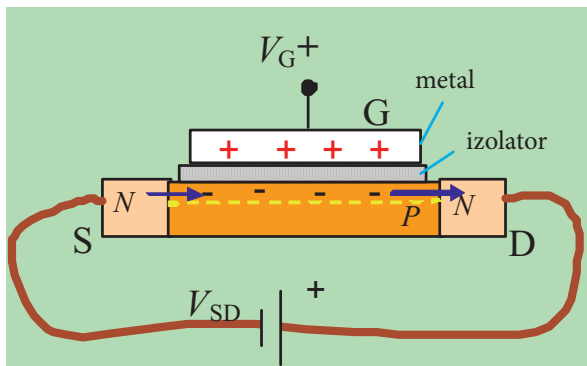


Fig. 4. Prerja e skemës principiele të një MOSFET tranzistor

P-gjysmëpërçuesi me shtresë izoluese (e bardhë e hijezuar). Nëse nuk ekziston tension te gejt, atëherë ndërmjet sorsit (S) dhe drejnos (D) ekzistojnë bariera dhe të dy PN-kontakte prej NPN strukturës. Nëse tani te porta G sillet tension pozitiv V_G , atëherë nën ndikimin e induksionit (influencës) të shtresës P, te vet kufiri (interfejsi) me izolator do të krijohet anasjelltas sipas polaritetit (negativisht) sasi elektricitet nën ndikimin e influencës. Në këtë mënyrë te shtresa e izolatorit krijohet fushë elektrike (prej atje edhe emri field effect tranzistor) që udhëhiqet prej jashta me tension V_G . Me tension pozitiv mjaft të madh V_G (fushë mjaft e fortë) mund të ndodhë numri i elektroneve të indukuara ta tejkalojnë numrin e zgavrave prej atomeve akceptuese prej shtresës R. Në këtë mënyrë krijohet një shtresë e hollë në afërsi të izolatorit (mbi vijën e ndërprerë të verdhë), ku lloji P i gjysmëpërçuesit do të kalon në N. Kështu, sipas gjatësisë së kanalit të shtresave të barrierës prej PN-kontakteve do të zhduken, pra ndërmjet tyre sorsit (S) dhe drejnos (D) do të formojnë një kanal të hollë përçues (mbi vijën e ndërprerë) nëpër të cilin mund të rrjedhë rrymë. Nëse tensioni i portës V_G është negativ, atëherë lëshueshmëria e PN-kontakteve bëhet më e vogël (kanali i hollë mbi vijën e ndërprerë hollohet) rryma nuk do të rrjedhë. Ngjashëm sikurse te tranzistori i zakonshëm përdoret, mofseti si përforcues.

16. 5. TRANZISTORI BIPOLAR SI PËRFORCUES

Roli revolucioner i tranzistorit është veprimi i tij përforcues. Pikërisht, me konstruksionin e qarkut të zakonshëm me një tranzistor dhe disa elemente tjera është e mundur përforcuesi i ndonjë përforcuesi të tensionit, rrymës dhe fuqisë. Përforcuesi i vërtetë i signaleve të cilët shfrytëzohen në jetën e përditshme përbëhen prej shumë tranzistorëve (me shumë shkallë).

Marrun në përgjithësi, njëpërforcues i tensionit mund të paraqitet si një kuti e zezë në të cilën signali (tensioni) hyn me amplitudë të madhe. Po ashtu, amplituda e signalit hyrës shënohet me V_{in} kurse signali i përforcuar shënohet me V_{out} (fig.1).

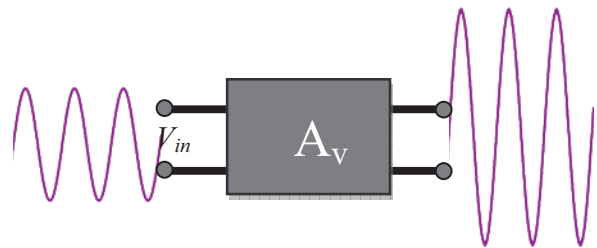


Fig. 1. Përforcuesi mund të paraqitet me kuti të zezë të cilës signali (tensioni i ndryshueshëm) përforcohet për A_V herë.

Raporti ndërmjet amplitudës së signalit hyrës dhe dalës (përforcues) quhet koeficienti i përforcuesit, d.m.th.,

$$A_V = V_{out} / V_{in}$$

Përforcuesi i tensionit me tokëzim të emiterit

Nëse përforcuesi i tensionit është realizuar vetëm me një tranzistor me tokëzim emiter, ai quhet përforcues i zakonshëm. Ai nuk është ideal dhe ka shumë mungesa, por me siguri

paraqet instrument të zakonshëm që furnizohet prej një burimi të tensionit. Tensioni që duhet të përforcohet (signali) kyçet si „signal input“. Është e nevojshme të dihet lloji i tranzistorit PNP ose NPN. Prj këtu caktohet edhe polariteti dhe furnizimi. Tipi i tranzistorit mund të kërkohet te katalogët e prodhuesit, dhe prej atje mund të gjenden të dhënat e nevojshme (të dhënë për tensionin e furnizimit V_{cc} . Nëse nuk dihet koeficienti i përforcuesit të rrymës (H_{FE} ose β), atëherë eksperimentalisht inçizohen karakteristikat e tyre, pra caktohen parametrat e tyre. Tensioni i përforcuar fitohet në fund të rezistorit RL që është shënuar si „signal output“. Te përforcuesit ideal ndryshimet e përforcuesit tensioni dalës bukvalisht i reprodukon ndryshimet e tensionit hyrës. Përforcuesi i atillë ideal, thuhet se punon pa kompromis. Në realitet përforcues të këtillë nuk ekzistojnë, pra shkohet nga ajo me qarqe elektronike plotësuese të zvogëlohet kompromisi, tensioni dalës të gjendet te tensioni dalës dhe të ndryshon njëkohësisht me të.

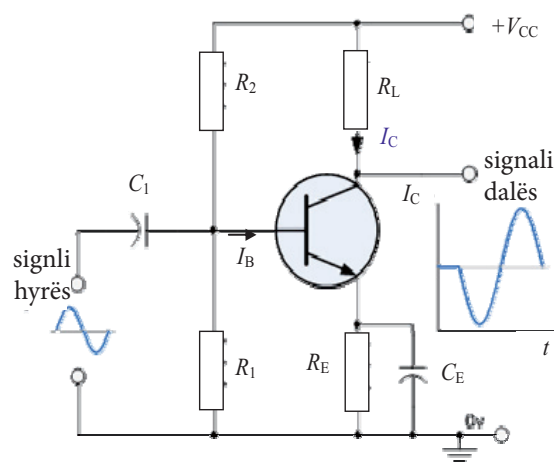


Fig. 2. Përforcuesi tranzistor me tokëzim emiter

Te figura 2 është dhënë skema e tranzistorit të zakonshëm me tokëzim emiter (emikteri është i përbashkët edhe për qarku hyrës edhe për dalës). Prej skemës mund të vërehet se tranzistori furnizohet vetëm me një burim të tensionit $+V_{cc}$ që e polarizon në kahen e palëshueshme të tranzistorit (kolektor-emiter).

Polarizimi i qarkut hyrës te kaha e lëshueshme është bërë me ndihmën e ndarjes së potenciometrit të rënies së tensionit V_{cc} , ndërmjet rezistorëve R_1 dhe R_2 , dhe duke marrë vetëm pjesën e tensionit që bie në skajet e R_1 . Roli i kondenzatorit C_1 është të pengon tensionin e drejtë përr polarizimin e rrethit hyrës ta ngarkon burimin e signalit. Roli i rezistorit emiter R_E është të kryen stabilizimin e temperaturës te përforcuesi që të mos nxehet kolektori i tranzistorit për shkak të rrjedhjes së rrymave të forta. Që të mundet signali të mos zvogëllohet për shkak të rrjedhjes nëpër rezistorin R_E , kryhet tejkalmimi i tij me kondenzator me kapacitet të madh C_E . Kështu, signali, pothuajse, pa rezistor plotësues kalon nëpër qarkun hyrës. Signali dalës është përforcues për shkak të veprimt të përforcuesit të tranzistorit, pra rryma kolektore e fortë rrjedh nëpër shfrytëzuesin R_L . Shfrytëzuesi R_L mund të jetë autoparlant, instrument matës ose diçka tjetër.

Parametri më i rëndësishëm i tranzistorit quhet koeficient i përforcuesit të rrymës. Ai e paraqet raportin ndërmjet ndryshimit të rrymës dalëse (ΔI_C) dhe ndryshimi i rrymës hyrëse (ΔI_B) gjatë tensionit kolektor të dhënë, dhe shënohet me H_{FE} .

$$H_{FE} = \Delta I_C / \Delta I_B$$

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore fizike

- koefficienti i përforcimit të tensionit,
- faktor H_{FE} ose koeficient i përforcimit të rrymës,
- përforcues tranzistori njëshkallësh me tokëzim emite,
- përforcues.

16. 6. KOMPONENTET ELEKTRONIKE TE GJYSMËPËRÇUESËT TJERË

Tiristor (dijak dhe trijak)

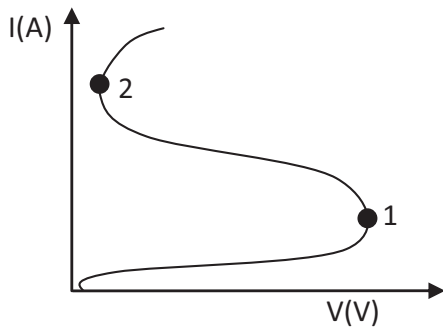


Fig. 1. S-lloje të karakteristikës voltamperike

Tiristori paraqet instrument gjysmëpërçues që ka karakteristike jo lineare në formë të shkronjës latine „S“. Te instrumentet që kanë formë të karakteristike të shkronjës S, është karakteristike që ekziston zonë ku rryma bie me rritjen e tensionit, e cila quhet zona e rezistorit diferencial negativ. Te çdo formë S e volt-ampër karakteristikës ekzistojnë dy pka karakteristike: njëra i përgjigjet tensionit maksimal të cilës rrjedh shumë rrymë e dobët, kurse tjetra i përgjigjet tensionit minimal gjatë rrymës shumë të fortë (fig. 1). Të dy pikat karakteristike u përgjigjen ndërprerësit, ku e para i përgjigjet ndërprerësit, kurse tjetri i mbylljes. Për shkak të karakteristike të saj, tiristori shfrytëzohet në teknikën impulsive si ndërprerës elektronik. Ekzistojnë dy lloje të tiristorit dhe atë, njëri është dypolësh (dinistor ose dijak) kurse tjetri janë trepolë dhe quhen tiristor ose trijak. Dijaku dhe trijaku konstruktivisht janë realizuar në të njëjtën mënyrë, d.m.th., prej katër shtresave të gjysmëpërçuesëve, dhe atë të radhitur në mënyrë alternative PNP. Te dinistori, njëra elektrodë (katoda) është shtresa e parë, kurse tjetra (anoda është shtresa e fundit (fig. 2a).

Te dinistori tensioni i kyçjes (pozita 1) dhe tensioni i ç'kyçjes (pozita 2) nuk mund të kontrollohen prej jashta por të radhitura me prodhimin e komponentes. Te trinistori, pra ekziston edhe elektroda e tretë G (porta ose gejt). Kjo është në realitet shtresa e dytë mbi katodën. Edhe trijaku si edhe dijaku ka karakteristike të formës së shkronjës S, forma e së cilës varet prej tensionit të porta-gejt. Domethënë, ndërprerës G dhe K sillen tension prej të cilës varet karakteristika e formës S ndërprerës anodës dhe katodës, pra sipas kësaj edhe pozita e kyçjes (ndezja) dhe ç'kyçja (shuarja) mund të ndryshon. Prej këtu vijon se trinistori mund të përdoret si ndërprerës elektronik të cilët tensioni i ndezjes dhe shuarjes të kontrollohen prej jashta.

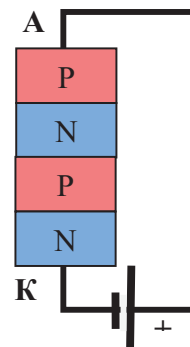


Fig. 2a. Dinistor ose dijak

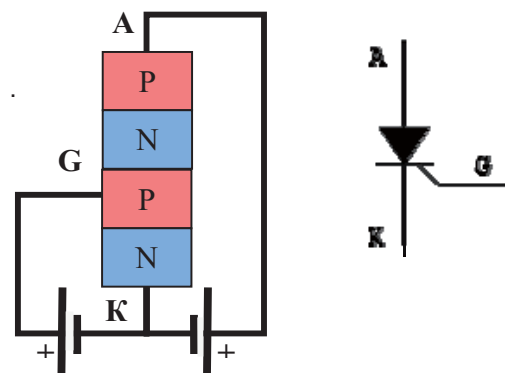
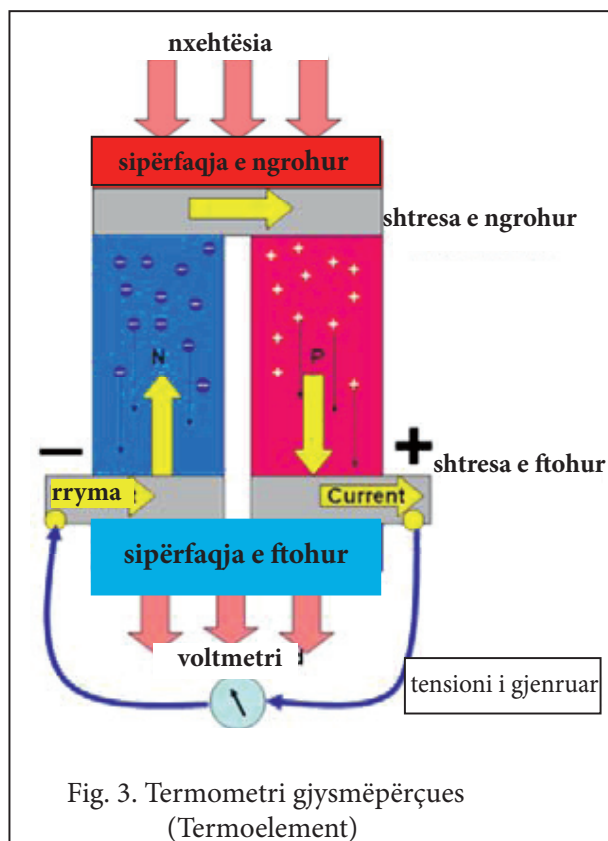


Fig. 2b. Trinistor ose trijak dhe simboli skematik

Gjysmëpërçuesi termopar



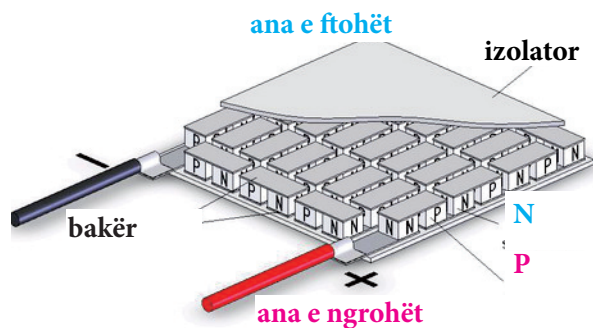
Termopari gjysmëpërçues është instrument që përbëhet prej dy lojeve të gjysmëpërçuesëve (p dhe n), por shfrytëzohet për matjen e temperaturës. Bazohet në gjenerimin e energjisë elektrike si psojë e ndryshimit të temperaturës të dy kontakteve.

Principi i punës së termoparit të gjysmëpërçuesit përbëhet prej kësaj: kur do të silltet nxehtësia në njërën anë (prej lartë te figura 3) të termoparit të gjysmëpërçuesit të këtillë, energjia e nxehtësisë i ngacmon elektronet prej niveleve donore prej llojit n të gjysmëpërçuesit dhe i sjellin në zonën e përçueshmërisë, kurse zgavrat prej niveleve akceptore prej llojit p gjysmëpërçuesi, te zona valente.

Koncentrimi i bartësve edhe te n edhe te p përçueshmëria është zmadhuar në anën e nxehtësisë, por për shkak të refuzimit elektrostatik dhe difuzionit vjen deri te niveli i lëvizjes në drejtim të pjesës më të ftohtë prej gjysmëpërçuesit poshtë te figura 3). Lëvizja e bartësve, domethënë, rrjedhja e rrymës, prandaj rregullat, në n gjysmëpërçuesin rryma rrjedh lartë, kurse në p gjysmëpërçuesi, rryma rrjedh poshtë. Te skajet e poshtme të çdonjërit prej gjysmëpërçuesëve grumbullohen sasi të elektricitetit të kundërtë, pra për këtë shkak krijohet ndryshimi potencial (tensioni) i cili mund të matet. Tensioni i matur është proporcional me ndryshimin e temperaturës

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

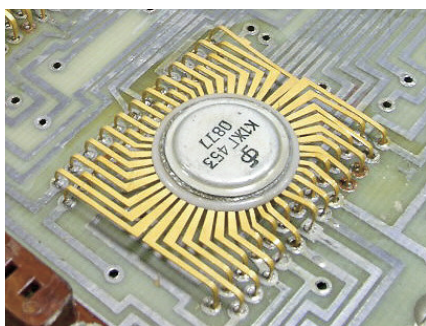
ndërmjet më të ngrohtit (T_2) dhe pjesës më të ftohtit (T_1), prandaj, voltmetri mund të shkallëzohet për matjen e temperaturës.



Jepni domethënie të këtyre koncepteve:

- S-forma e karakteristikave voltamperike,
- dinistor (dijak),
- trinistor (trijak),
- termopar gjysmëpërçues.

16.7. QARQET INTEGRALE



Qarku elektrik prej prodhimit rus

Qarqet integrale (IC=Integrated Circuits) në elektronikë janë të njohura edhe si mikrokola, mikroçipa, çipa ose çipe të siliciumit. Ato paraqesin qarqe minijature elektronike të cilat përbëhen, kryesisht prej komponenteve gjysmëpërçuese, por edhe prej komponenteve pasive (rezistorë dhe kondenzator) të cilat janë të zgjedhura në sipërfaqen e një substrati të vetëm (pllaka themelore gjysmëpërçuese).

Qarqet integrale përdoren bukqualisht, në çdo instrument elektronik të kohës më të re, dhe bënë revolucion në elektronikën bashkohore. Në vend të lidhjes të numri të madh të tranzistorëve të veçant dhe komponenteve tjera të qarqet elektronike, IC teknologjia mundësoi mbjellen e tyre (integrimin) në një pllakë të vetme gjysmëpërçuese. Përparësia tjetër është edhe opërpunimi, integrimi është larg bërjes së lirë të qarqeve prej komponenteve diskrete. Më e madhja prej tyre prej të gjitha përparësive është miniaturizimi i instrumenteve elektronike. Komponentet të IC janë të vogla dhe afër njëra tjetrës. Çipet mund të kenë dimi $\text{близу една до друге}$ zione prej disa milimetra katror deri më shumë se një milion tranzistor në 1 mm^2 .



çipe prej prodhimit amerikan

Nimri i komponente të njësisë së sipërfaqe prej çipit quhet **dendësia e integritimit**.

Zbulimi i qarkut integral

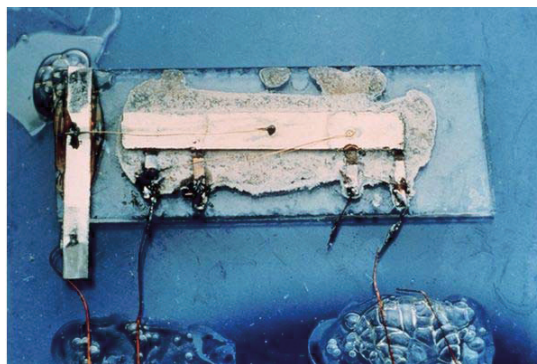


Fig. 1. Qarku i parë integral i përpunuar në trup të germaniumit prej Xhek Kulbi në vitin 1958.

Meritë të madhe për konstruksionin e qarkut të parë integral i kanë Xhek Kilbi prej Teksasi dhe Robert N0js prej FC semiconductors të cilët kanë punuar pavarësisht njëri prej tjetrit, Kilbi i ka shënuar idetë e tija të para dhe i ka vizatuar për përpunimin e e qarkut integral në qershor të vitit 1958, por me sukses e demostroi qarkun e tij prej germaniumi në shtator të vitit 1958, Tani në fillim të vitit 1959 ai pati sukses të demonstron instrument me shumë komponente, të integruara në një trup gjysmëpërçues-një pllakë. Në vitin 2000 Kilbi e morri shpërbëlimin Nobël për fizikë dhe merita në zbulimin e qarqeve integrale.

Përndryshe çipet e Robert Nojsit, i cili ishte prej siliciumi dhe daton prej disa muaj më vonë ishte më i përsosur, pasi ka pasur të zgjidhur shumë probleme praktike që çipi i Kilbit i ka pasur të pazgjidhura.

Niveli i integritimit

Qarqet e para të integruara në vitet e gjashtëdhjeta përmbanjin vetëm disa tranzistorë. Koncetri- mi i këtyllë quhej integrimi i rangut të ulët (Small Scale Integration - SSI). Sot janë të njohura qarqe me rang ultra të lartë të koncentrimin në arkitek- turën tredimensionale të integritimit ku arrihet edhe deri te miliarda komponente në cm^2 . Te ta- bela poshtë është dhënë pasqyra historike e rritjes së nivelit të koncentrimin të integritimit të nmrit të komponenteve në qarkun e integruar.

1958	Niveli i ulët i integritimit "Small-Scale Integration" (SSI),	disa transistor	
vonë 1960	Niveli i mesëm i integritimit "Medium-Scale Integration" (MSI).	qindra transistor	
mesi 1970	Niveli i lartë i integritimit "Large-Scale Integration" (LSI)	disa mijëra transistor	
1980	Niveli shumë i lartë i integritimit "Very Large-Scale Integration" (VLSI)	deri 1 milion	486 procesor
vonë 1980	niveli ultra i lartë i integritimit "Ultra-Large-Scale Integration" (ULS)	mbi 1 milion	Pentium
2008	arkitekturat integrale tredimensionale (3D-IC)	mbi miliard	Quad-core

Shembull për integrimin e tranzistorit MOSFET

Te kapitulli 5.1. u bë fjalë për siliciumin monokristal i cili prodhohej me metodën e Çohral- ski. Siliciumi pastaj pritet në disqe prej siliciu- mit monokristal te i cili me metodat për bërjen e qarqeve integruese menjëherë janë prodhuar shumë çipe prej nga 1 cm^2 . Pastaj çipet priten, pra krijohen interkoneksione metalike për kontak- tet e jashtëme (gërshërë) dhe mbyllen te kutia e plastikës.

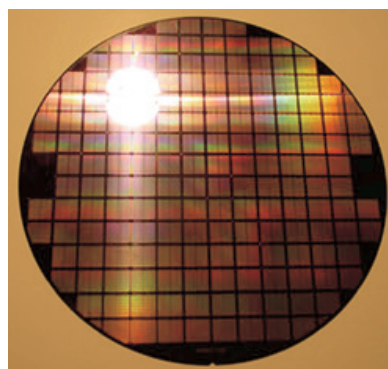


Fig. 3. Qarqe integruese (katror me sipërfaqe prej 1 cm^2 , të realizuara në një vafer monokristal (disk).

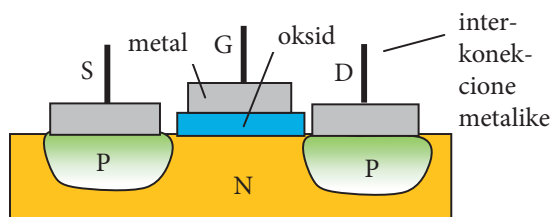
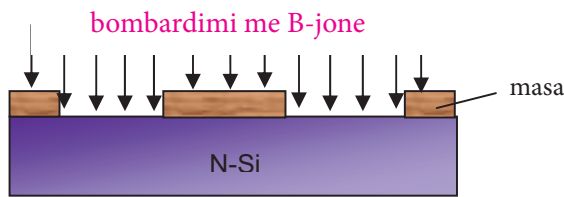


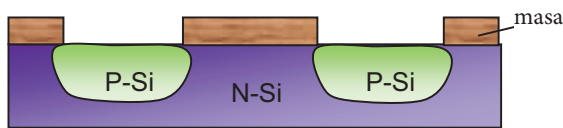
Fig. 4. Një MOSFET i realizuar në bazë zë pllakës prej llojit N të siliciumit.

Prodhimi i MOSFET të integruar prej figurës 4 mundet në vija të shkurtëra të përshkruhet me këtë procedurë:

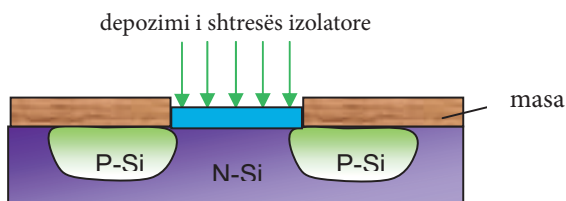
Pllaka e llojit N prej siliciumi shndërrohet në lloj p te vendet e duhura duke bombarduar me plazmë prej atomeve të akceptorit. Maska mundëson jonet e borit ta dopingojnë vetëm pjesën e zbuluar (të pa maskuar) prej pllakës themelore.



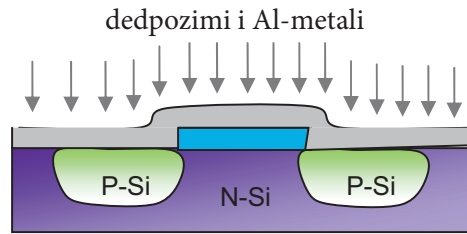
Në këtë mënyrë, zgavrat që krijohen prej inplacionit të atomeve të akceptorit i tejkalojnë elektronet e lira dhe i shndërrojnë N-Si në P-Si.



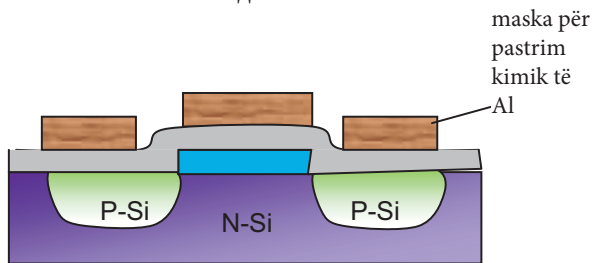
Fundrohet shtresa izoluese (oksidi). Maska mundëson shtresa izoluese të ngel e fundruar vetëm mbi N-Si.



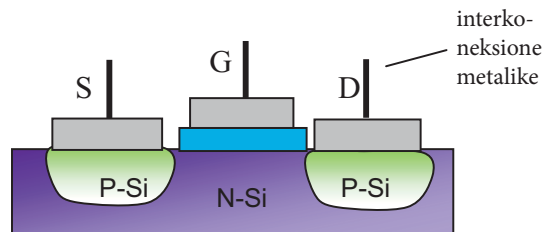
Në tërë pllakën bëhet depozimi i shtresës metalike (më së shpeshti aluminium).



Maskohen sipërfaqet prej pllakës nën të cilin shtresa Al duhet të ngel. Pastaj kryhet etkimi me kimikali që i gërmon vetëm pjesët metalike të zbuluara *метални делови*.



Lidhen interkoneksionet metalike



Te qarqet e integruara në një centimetër kator ka më shumë miliona komponenta të këtilla.

Jepni domethënien e këtyre koncepteve:

- qark integral (çip)
- niveli i ntegrimit
- integrimi i MOSFET.

17.1 FUSHA MAGNETIKE E MAGNETIT TË PËRHERSHËM

Tani të bëjmë një eksperiment të vogël. Në afërsi të një magneti të sjellim një send prej hekuri, për shembull gozhdë. Magneti do ta tërheq gozhdën dhe ato do të ngjiten njëri me tjetrin. Ajo do të ndodh edhe nëse në vend të sendit të hekurit sjellim send prej çeliku, kobalt ose nikel. Në afërsi të këtij magneti mund të sjellim magnet tjetër. Do të vërgjëm se në këtë rast të dy magnetët mund të tërhiqen, por edhe të refuzohen, nëse e rrotullojmë njërin prej magnetëve me skajin tjetër. Kjo na përkujton në veprim reciprok të mbushjeve elektrike; dy mbushje të një llojta refuzohen, por nëse janë të llojeve të ndryshme, tërhiqen. Domethënë edhe te magnetët ka dy pole, me atë që njërin e quajmë pol verior, kurse tjetrin jugor. Termet verior dhe jugor janë të huazuara prej geomagnetizmit. Në afërsi të polit verior gjeografik të Tokës, dhe anasjelltas, te poli gjeografik jugor paraqitet poli verior i magnetit.

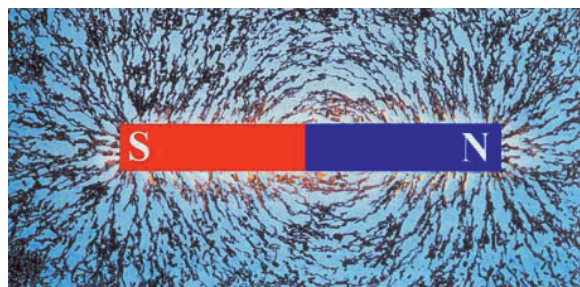


Fig. 1

Eksperimentin që e bëm na trtegoi se magneti mundet të vepron në largësi, pa kontakt. Kjo na detyron të përfundojmë se rreth magnetit ekziston fushë e cila vepron në këto sende. Ajo fushë quhet fushë magnetike. Fushën nuk mund ta shohim, opir nëpërmjet veprimit të saj në afërsi të sendeve mjnd të vizualizojmë. Për këtë qëllim do të veprojmë ngjasëm sikurse te vizualizii i fushës elektrike. Nëse mbi magnet vendosim qelq derdhim thërmia hekuri, thërmijat do të radhiten ashtu që

formojnë vija të lakuara (fig. 1). Këto vija quhen vija të forcës të fushës magnetike. Mund të vërgjëm se dendësia e vijave nuk është çdokundi e njëjtë. Atje ku forcat e vijave janë më të dendura (në skajte e magnetit), fusha është më e fuqishme, kurse atje ku janë më të rralla (në mesin e magnetit), fusha është më e dobët. Përveç formës mjund ta caktojmë edhe kahen e vijave të forcës, përkatësisht kahen e fushës. Si do ta bëjmë këtë? Në afërsi të njërit pol të magnetit do të sjellim tjetër i cili mund të lëviz dhe të rrotullohet. Këtë magnet do ta quajmë magnet provues: Si magnet provues mund të shfrytëzojmë gjilpërën magnetike. Të dy magnetët reciprokisht veprojnë dhe pasi magneti provues është i lëvizshëm, ai do të vendoset tangjencialisht në vijat e forcave magnetike. Kahen që e tregon poli verior i gjilpërës magnetike merret si kahe e fushës në atë pikë (fig. 2). Ta zhvendosim pak gjilpërën magnetike në kahen që e tregon polin e tij verior. Në këtë pikë gjilpëra do të tregon kahe tjetër dhe ajo është kahja e fushës në atë pikë. Nëse vazhdojmë ta bëjmë këtë, në fund të gjilpërës do të vjen deri te poli tjetër i magnetit. Në këtë mënyrë përsëri kemi fituar vija të forcave. Mund të arrijmë deri te përfundimi se vijat e forcave magnetike janë vija të mbyllura, ku kahja e vijave të forcave janë vija të mbyllura, ku kahja e vijës është prej veriut nga jugu. Kur flasim për mbushje elektrike, vërgjëm se mbushja pozitive dhe negative mund t'i ndajmë. A mundet këtë ta bëjmë edhe te magnetët,

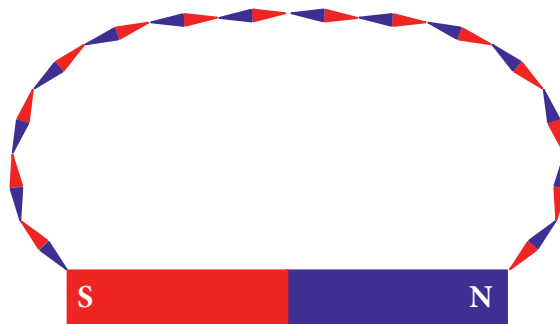


Fig. 2

t'i ndajmë polin e veriut prej polit të jugut të magnetit? Që ta provojmë këtë të bëjmë një eksperiment të vogël. Nëse marrim një magnet dhe e ndajmë përgjysëm, te njëra gjysmë të gjendet poli i veriut, kurse te tjetri poli i jugut, do të shohim se gjysmat qëndrojnë si magnetë të plotë, me pol verior dhe jugor (fig. 3). Nëse edhe këto gjysma i përgjysmojmë, do të shohim se dhe gjysmat e reja qëndrojnë si magnetë të plothta. Sa copa të reja të magnetit do të thejmë, aq do të kemi magnetë të reja me pol të veriut dhe të jugut. Domethënë, mund të përfundojmë se çdo magnet ka dy pole dhe ato nuk mund t'i ndajmë.

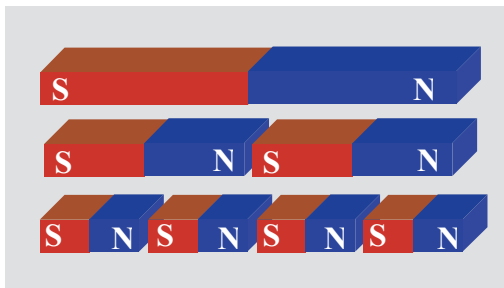


Figura 3

Pyetje, detyra, aktivitete

1. A është i vërtetë gjykimi se magnetët i tërheqin trupat?
2. A është e obligueshme të gjithë magnetët të kenë pol verior dhe jugor?
3. Magnetit, ose fusha magnetike a është e barabartë e fuqishme në vendet e ndryshme?
4. Kush është kahja e vijave të forcave të magnetit?
5. Te figura djathtas shihen pesë magnet në formë të unazave se si janë radhitur në një thupër. Nëse magneti më i gjatë shtrihet te poli i tij jugor, me cilin pol është kthyer artë magneti që gjendet më lartë?

6. Merrni një magnet thupër dhe më shumë gozhda. Nëse nuk keni gozhda, mund të shërbeni me patente, kapse për letër ose diçka të ngjashme. Vëndoni një gozhdë të varet në fund të magnetit. Te gozhda vëndoni edhe një gozhdë të varet në fund të magnetit. Te gozhda vëndoni edhe një gozhdë, pra edhe një,... deri sa vet nuk ç'kapet prej magnetit. Numëroni sa gozhda magneti mund të mban. Përsëritni eksperimentin me atë që vendosja e gozhdave do të zgjedh ndonjë tjetër vend të magnetit, më afër deri te mesi i tij.



Bëni të njëjtën matje edhe për mesin e magnetit.

Çfarë përfundimi mund të nxirrni prej këtij eksperimenti?

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore. Atje ku është e nevojshme përmend edhe shembuj

- magnet
- fushë magnetike
- vijat e forcave
- kahja e vijave të forcave

Magnet, e ka marrë emrin sipas zonës Magnezija në Azinë e Vogël, ku është gjeturxehja e magnetit

17. 2. BASHKËVEPRIMI NDËRMJET PËRÇUESIT NËPËR TË CILIN RRJEDH RRYMË DHE FUSHA MAGNETIKE

Rreth çdo përrues krijohet fushë magnetike. Do të bëjmë një eksperiment të vogël që ta vërtetojmë këtë. Të vendosim përçues në fushën e një magneti patkon (fig. 1). Në momentin kur do ta kyçim përçuesin te burimi i energjisë elektrike, për shembull te ndonjë bateri, ai do të lëviz. Eksperimenti tregon se te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë vepron forca në kahe që njëkohësisht është normale në kahen e fushës magnetike dhe normale në kahen e rrjedhjes së rrymës. Kjo forcë me të cilën fusha magnetike vepron te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë quhet forca e Amperit. Që ta zbulojmë kahen në të cilën do të veproj forca e Amperit, mund të shërbehemi me rregullën e Flemingut të dorës së majtë (fig. 2). Rregulloni gishtin e madh, treguesin dhe gishtin e mesëm të jenë normal njëri në tjetrin. Nëse treguesi e tregon kahen e fushës magnetike, kurse gishti i mesëm kahen e rrjedhjes së rrymës, atëherë treguesi e tregon forcën e Amperit.

Nëse dyherë e zmadhjojmë fuqinë e rrymës te përçuesi, do të zmadhohet edhe mënjanimi te

përçuesi, që do të thotë edhe forca është zmadhuar dyherë. Domethënë forca është në proporcion të drejtë me fuqinë e rrymës. Nëse e zmadhjojmë gjatësinë e përçuesit që gjendet te fusha magnetike, forca përsëri do të zmadhohet. Edhe kjo varësi është në proporcion të drejtë. Domethënë:

$$F_m \sim I \ell \quad (1)$$

Që të kemi barazim na duhet vetëm edhe një koeficient të proporcionalitetit, B :

$$F_m = B I \ell \quad (2)$$

Ky koeficient i proporcionalitetit në fizikë ka domethënie fizike dhe quhet induksioni magnetik. Vlera e tij është karakteristike e fushës magnetike e cila vepron te përçuesi, te e cila janë kyçur fuqia e fushës magnetike dhe vetitë e mjedisit në të cilën gjendet ajo fushë. Në realitet për forcën e Amperit në rastin e përgjithshëm është:

$$F_m = B I \ell \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

ku α është këndi që e formon kahja e vijave të forcave magnetike dhe kahja e rrjedhjes së rrymës. Te eksperimenti ynë ai kënd është 90° . Për këtë vlerë të këndit forca është më e madhe. Nëse zvogëlohet këndi, domethënë nëse kahja e fushës

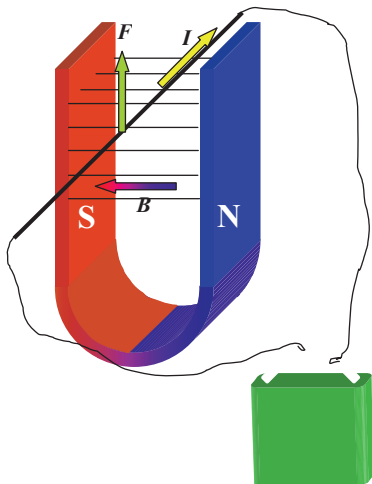


Fig. 1

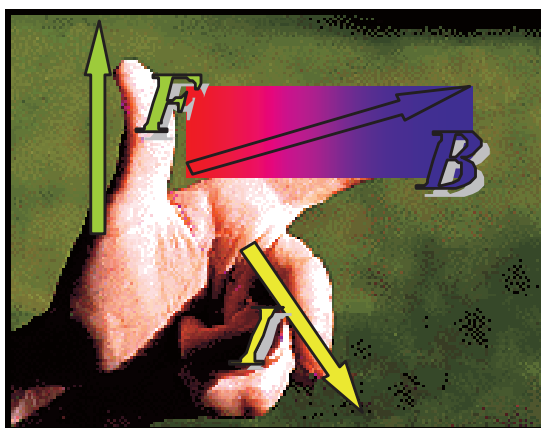


Fig. 2

magnetike, përkatësisht induksioni magnetik dhe kahja e rrjedhjes së rrymës formon ndonjë kënd të ngushtë, atëherë edhe forca do të zvogëlohet. Për vlerën 0° të këndit, domethënë kur kahja e induksionit magnetik dhe kahja e rrjedhjes së rrymës janë paralele, forca është zero.

Induksioni magnetik është madhësi vektoriale. Vektori i induksionit magnetik është vendosur sipas tangjentës së vijave të forcave magnetike dhe me kahe sikurse fusha magnetike. Prej barazimit 3 fitohet:

$$B = \frac{F_m}{I \ell} \quad (4)$$

Prej barazimit (4) vijon se induksioni magnetik paraqet forcë me të cilën fusha magnetike vepron te përçuesi me gjatësi 1 m dhe nëpër të cilin rrjedh rrymë prej 1 A, kur përçuesi është vendosur normal në vjat e forcave magnetike. Njësi për induksionin magnetik është tesla (T). Nëse te barazimi 4 i zëvendësojë njësitë, kemi:

$$T = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ A} \cdot 1 \text{ m}} \quad (5)$$

përkatësisht fusha magnetike është me induksion prej 1 T nëse ajo fushë vepron me forcë prej 1 N tze përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë me fuqi prej 1 A, ku përçuesi është vendosur normal në kahen e fushës magnetike.

Kur flasim për magnet të përhershëm dhe vijat e forcave të fushës së tij magnetike, treguam se atje ku vijat janë më të dendura edhe fusha është më e fuqishme. Te figurat e paraqitura fushat magnetike të magnetëve, por më vonë do të vërejmë edhe se te përçuesit, te disa vende nuk ka vja të forcave të vizatuara, ose pra thërmijat që i shfrytëzoam për vizuelizimin e fushës magnetike dhe vijave të forcave te disa vende nuk ka hapësirë më të mbushur. Kjo nuk do të thotë se te ato pika nuk ka fushë magnetike dhe nuk ka induksion magnetik. Në çdo pikë prej fushës magnetike ekziston induksion magnetik,

por na nuk mundemi t'i vizatojmë të gjitha vijat e forcave. Prandaj ekziston marrëveshje të vizatohen aq numër të vijave të forcave, sa që është moduli (madhësia) e induksionit magnetik prej sipërfaqes normale. Kjo do të thotë se dendësia e vijave të forcave mund të jenë një lloj mase për fuqinë e fushës magnetike, përkatësisht induksionit magnetik. Nëse me Φ (fi) e shënojmë numrin e vijave të forcave që kalojnë nëpër sipërfaqen e dhënë të vendosur normal në vijat e forcave, kurse me S e shënojmë syprinën e sipërfaqes, atëherë prodhimi prej induksionit magnetik dhe syprinës do ta jep numrin e vijave të forcave Φ :

$$\Phi = B \cdot S \quad (6)$$

Φ quhet fluksi magnetik. Prej këtua për induksionin magnetik fitohet:

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (7)$$

Njësia për fluksin magnetik është veber (Wb), kurse domethënia e asaj njësie mund ta fitojmë nëse i zëvendësojmë njësitë për induksion dhe për syprinën te barazimi (7):

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$$

Fluksi magnetik është 1 Wb, nëse induksioni magnetik i sipërfaqes nëpër të cilin vijat e forcave kalojnë normalisht është 1 T, kurse syprina është 1 m². Nëse vijat e fomagnetike kalojnë nëpër rrafshin me të cilin e masim fluksin nën këndin e drejt, por çfarëdo ndonjë kënd (fig. 4) atëherë barazimii.(6) në vendin për induksionin magnetik, B, duhe ta zëvendësojmë komponentën e induksionit magnetik që është në kahn e normales së rrafshit, B_n :

$$B_n = B \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

që barazimi (10) e ka formën e përgjithshme:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha \quad (9)$$

ku këndi α është këndi ndërmjet vijave të forcave dhe normales së rrafshit te e cila e njehsojmë fluksin (fig. 3)

Jepe domethënien e këtyre koncepteve themelore. Atje ku është nevojshme përmend shembuj

- forca e Amperit
- induksioni magnetik
- rregulla e Flemingut të dorës së majtë
- tesla
- fluksi magnetik
- veber

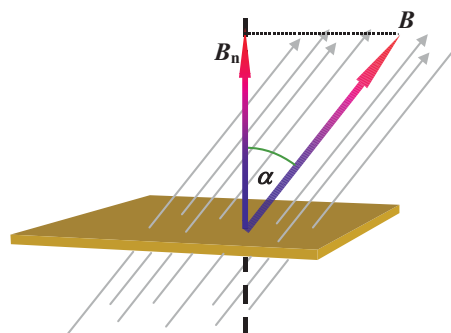
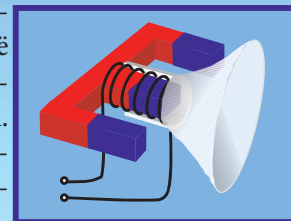


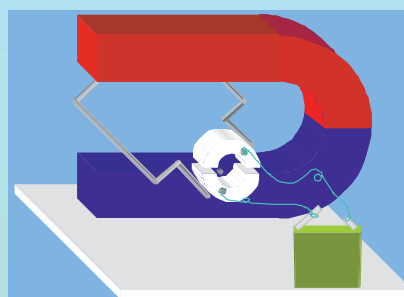
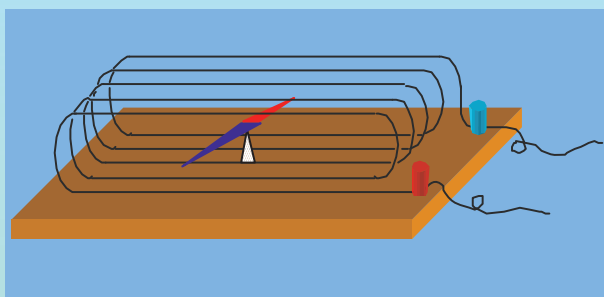
Fig. 2

Bashëveprimi ndërmjet fushës magnetike dhe përçuesëve nëpër të cilët rrjedh rrymë masovisht shfrytëzohet në teknikë.

Të gjithë autoparlantët (në radio, kasetofon, CD-pleerët etj.) e shfrytëzojnë pikërisht këtë dukuri. Membrana e autoparlantit është vendosur te një tel i mbështjellur. Kjo spirale gjendet te fusha magnetike e një magneti të përhershëm, të vendosur në afërsi të spirales. Kur nëpër spiralen rrjedh rrymë në një kahe, fusha magnetike ndikon me forcë të së spirales por me të dhe nën membranën me një kahe tani rrjedh rrymë nëpër spiralen në kahen tjetër dhe forcën e ndryshon kahen e vet. pra spirala, përkatësisht membrana lëvizin në kahen tjetër. Në këtë mënyrë ndryshimi i rrymës shndërrohet në vërimin e membranës përkatësisht te zëri. Instrumentet matëse, sikurse janë: ampermetri, voltmetri, ommetrat, galvanometria, e shfrytëzojnë dukurinë e bash -



këveprimi ndërmjet përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë dhe fusha magnetike. Te fotografia poshtë është dhënë një instrument matës. Përpiquni ta sqaroni mënyrën e punës së këtyre instrumenteve.



Te figura djathtas është dhënë pamja skematike e motorit. Shfrytëzoni njohurinë prej këtij mësimi që ta sqaroni principlin e punës së motorit?

Ndihmë: kushtinui kujdes kontakteve te të cilët e bartin signalin elektrik te instrumentet te motori. Sistemi i gjysmëcilindrave që është shfrytëzuar te motori si kontakt quhet komumator i kontakteve. në kuadër të motorit ndryshon polariteti. Pse kjo është kështu?

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Magneti nëpërmjet fushës magnetike të tij vepron me forcën mbi përcuesin. Përcuesi a vepron me ndonjë forcë mbi magnetin? Sa është ajo forcë? Cili është ligji që e përshkruan këtë?

2. Nëpër sipërfaqen e dhënë normal në të kalojnë 100 vija të forcave. Fluksi nëpër atë sipërfaqe a është i njëjtë nëse 100 vijat e forcave kalojnë nëpër atë sipërfaqe nën këndin prej 30° në lidhje me normale te sipërfaqj?

3. Nëpër sipërfaqen e dhënë normale në të kalojnë 100 vija të forcave. Fluksi nëpër atë sipërfaqe a do të pjerrësohet sipërfaqja në lidhje me vijat e forcave?

4. Cili është ndryshimi thelbësor ndërmjet galvanometrave dhe motorëve? Një galvanometër a mund të shndërrohet në motor dhe anasjelltas?

5. Përcues i gjatë 0,5 m nëpër të cilin rrjedh rrymë me fuqi prej 8 A është vendosur nën këndin e drejtë në lidhje e vijat e forcave të fushës magnetike homogjene. Forca me të cilin fusha vepron te përcuesi është 0,4 N. Sa është induksioni magnetik?

(Përgjigje: 0,1 T)

6. Induksioni magnetik i fushës magnetike në një autoparlant është 0,15 T. Elektromagneti është bërë prej telit të mbështjellur në bërthamën cilindrike me diametër prej 2,5 cm. Në këtë mënyrë janë bërë 250 mbështjellëse. Nëse rezistenca e telit është 8 Ω, kurse tensioni që është kyçur te autoparlanti është 15 V, duke njehsuar forcën që është përdorur që të zhvendoset membrana e autoçparlantit.

(Përgjigje: 5,5)

Gjëra interesante

Sa është induksioni magnetik e disa karakteristike të fushave magnetike?

Burimi i fushës magnetike	B (T)
sipërfaqja e sipërfaqe neutronike	10^8
shumë forca elektromagnetike të cilat në kushte laboratorike punojnë shkurtimisht, afërsisht 10-4s	deri 500
magnete laboratorike të fuqishme	deri 20
magnet thupre i përhershëm	~ 0,01
fusha magnetike e sipërfaqes së Tokës hapësira ndërmjet yjeve	$3 \cdot 10^{-5}$
truri i njeriut	10^{-10}
	10^{-12}

17.3. BASHËVEPRIMI NDËRMJET MBUSHJEVE ELEKTRIKE NË LËVIZJE DHE FUSHA MAGNETIKE

Vërejtëm se fusha magnetike dhe përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë reciprokisht vepron me forcë. Por kur nëpër përçuesin rrjedh rrymë, në rellatet nëpër arë lëvizin mbushje elektrike, përkatësisht elektrone. Forca e cila e zhvendos përçuesin në rralitet është forcë me të cilën fusha magnetike vepron në elektronet në lëvizje. Se ajo është kështu të kontrollojmë në mënyrë shumë të thjeshtë. MUND të marrim osciloskop, ta kyçim, por te hyrja të mos sjellim kurrfar signali. Në këtë rast në ekranin e osciloskopit do të kemi vijë të drejtë horizontale. Ajo vijë është përshkruar prej elektroneve të cilat janë të dërguara prej pushkës elektronike të gypit katodik dhe bien në ekran. Nëse në afërsi të ekranit sjellim magnet vija e drejtë do të lakohet (fig.1). Nëse e zhvendosim magnetin e pjesës së lakuar do të zhvendoset dhe do të ndërron lakimin e saj . Efekti është më i madh me magnetin patko.

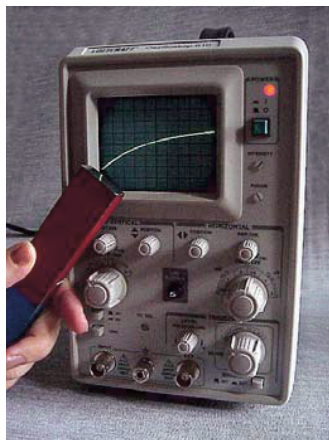


Fig. 1

Një mbushje elektrike me sasi elektrike Q lëviz me shpejtësi v nëpër hapësirën në të cilin sundon fusha magnetike me induksion magnetik B . Poash-tu, vektorët e shpejtësisë dhe fusha magnetike le të formojnë kënd α . Atëherë for

ca me të cilën vepron fusha magnetike mbi mbushjen është dhënë me këtë shprehje:

$$F_L = qvB \sin \alpha \quad (1)$$

Kjo forcë quhet forca e Lorencit. Nëse $\alpha=90^\circ$, përkatësisht nëse vektorët e shpejtësisë dhe induksi- oni magnetik janë normal njëri në tjetrin, atëherë $\sin\alpha=1$ dhe barazimi (6) e fiton këtë formë të zakonshme:

$$F_L = qvB \quad (2)$$

Në të njëjtën mënyrë sikurse e përcaktuam ka- hen e forcës së Amperit gjatë vbeprimit reciprok ndërmjet përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë dhe fusha magnetike, mund ta caktojmë kahen e forcës së Lorencit me ndihmën e rregullës së Flemingut. Këtu do të dallojmë rregullën e dorës së majtë, kur punohet për mbushjen elektrike ne- gative dhe të dorës së djathtë, kur punohet për mbushje elektrike pozitive. Edhe në të dy ras- tet gishti i mesëm tregon kahen në të cilën lëviz mbushja, gishti i madh tregon kahen e induksi- ont magnetik, kurse gishti i madh kahen e forcës së Lorencit (fig. 2 prej mësimin 3.2 *Bashkëveptim ndërmjet përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë dhe fushë magnetike, me atë dallim që në vend të fuqisë së rrymës, duhet të qëndron vektori i shpejtësisë të mbushjes elektrike*).

Kur vektorët e shpejtësisë dhe induksi- oni magnetik janë paralele ndërmjet veti, përkatësisht kur mbushja lëviz pralelisht me vijat e forcave të fushës magnetike (nuk i pren), atëherë $\sin 0^\circ = 0$ dhe $F_L = 0$, përkatësisht fusha magnetike nuk vepron me forcën e mbushjes..

Sipas ligjit të dytë të Lorencit i përgjigjet nxitim përkatës:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_L}{m} \quad (3)$$

Ku m është masa e grimcës. Nxitimi a kanë kahe të njëjtë sikurse edhe forca e Lorencit. Forca e Lorencit gjithmonë është normale në vektorin e shpejtësisë së grimcës, pra kjo do të thotë se ajo nuk ndikon në madhësinë e shpejtësisë, por do të ndikoj në drejtimin e shpejtësisë . Kjo na çon në

përfundimin se grimca e këtitillë të fusha magnetike do të lëviz sipas vijës rrethore që shtrihet

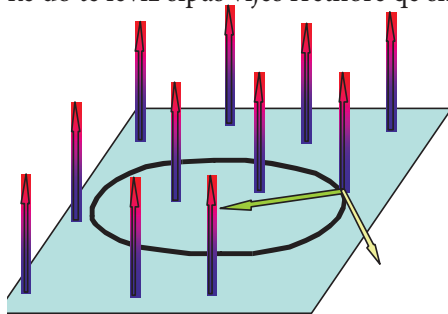


Fig.2

në rrafshin normal zë vijave të forcave të fushës magnetike. Në realitet, nën ndikimin e forcës së Lorencit, grimca fiton nxitim qendror, përkatësisht forca e Lorencit është centripetale. Nëse është kështu, atëherë te barazimi (3) mund të zëvendësohet shprehja për forcën e Lorencit prej barazimit (2) dhe të fitohet:

$$a = \frac{q v B}{m} \quad (4)$$

Nga ana tjetër dijmë se nxitimi centripetal mund ta shprehim nëpërmjet shpejtësisë së grimcës, v , dhe rrezes e vijës rrethore nëpër të cilën lëviz grimca, R :

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (5)$$

Prej barazimit (4) dhe (5) vijon:

$$\frac{q v B}{m} = \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

По кратко средовање на овој израз, ја добиваме равенката за радиусот на патеката по која се движи полнежот:

$$R = \frac{m v}{q B} \quad (7)$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çfarë fushe ekziston ndërmjet mbushjeve elektrike në pezullim, kurse rreth mbushjeve elektrike në lëvizje?

2. Kur vektorët e induksionit magnetik dhe shpejtësisë së mbushjes elektrike janë nën këndin e drejtë, mbushja lëviz nëpër vijën rrethore. Nëse ndryshon këndi, si do të jetë shtegu i mbushjes?

Ndihmë: vektori i shpejtësisë zërtheni në dy komponente, njëra komponente normale në fushën, v_n , dhe një paralele me kahen e fushës, v_p . Duke shqyrtuar së pari lëvizjen e mbushjes si se si ta ketë vetëm komponenten v_n , kurse pastaj se si ta ketë vetëm komponenten v_p . Sa është forca terasti i dytë? Si do të ndikon komponenta v_p në shtegun që do të fitohet prej komponentes v_n . Mblidhni këto dy lëvizje së bashku. Çka fituat?

3. Një elektron, i cili pezullohet, është vendosur në fushën magnetike prej 0,5 T. Sa është forca me të cilën fusha vepron mbi elektronin?

4. Elektroni lëviz me shpejtësi prej $2 \cdot 10^7$ m/s në rrafshin normal në vijat e forcave të fushës magnetike te fusha me induksion magnetik $B=0,1$ T.

Caktoni rrezes e trajektores. (Përgjigje: 1,1 m).

5. Kuçni televizorin tuaj ose monitorin e kompjuterit. Merrni një magnet dhe afroni pranë ekranit. Çka ndodh? Pse? Keni kujdes!!! Nëse magneti është i fuqishëm, mos e afroni shumë dhe mos e mbani shumë gjatë në një vend të ekranit. Efekti mund të jetë shumë intenziv dhe përkohësisht t'i ndryshon karakteristikat e ekranit. Filloni të afroheni nga ekрани prej largësisë së madhe (afërsisht 0,5 m). Pasi të vëreni ndryshime të mëdhaja në ekran, menjëherë largoni magnetin prej ekranit.

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore. Atje ku është e nevojshme përmend shembuj

- forca e Lorencit
- nxitin qendror te forca e Lorencit
- rrezja e vijës rrethore te forca e Lorencit

17.4. FUSHA MAGNETIKE E PËRÇUESIT NËPËR TË CILIN RRJEDH RRYMË

Vërejtëm se dy magnet bashëveprojnë nëpërmjet fushave të tyre me forcën e refuzimit ose tërheqjes. Gjithashtu, vërejtëm edhe se përçuesit nëpër të cilin rrjedh rryma bashkarisht veprojnë me magnet, përkatësisht paraqitet forca e Amperit.

Përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë bashëveprojnë me magnet, shumë ngjashëm sikurse magnet me magnet. Kjo a do të thotë se rryma rreth veti krijojnë fushë magnetike? Të bëjmë një eksperiment. Nëpër një kartuç normal në të fusim një përçues. Kartuçin ta vëndojmë horizontalisht dhe në të të „mbjellime“ thërmia. Kur do të lëshojmë të rrjedh rrymë nëpër përçuesin, thërmia do të radhiten në formë të vijave rrethore koncentrike (fig. 1).

Kjo na përkujton në përfundimin se kur do të rrjedh rrymë, rreth përçuesit paraqitet fushë magnetike. Mund të përfundojmë se vijat e forcave të kësaj fushe magnetike janë në formë të vijave rrethore të cilat shtrihen në rrafshin normal të përçuesit. Sikur largohet prej përçuesit, dendësia e vijave të forcave zvogëlohet, përkatësisht fusha magnetike bëhet më e dobët.

Dorën e djathtë e përdorëm që të caktojmë kahet e forcës së Amperit dhe Lorencit, kurse tani do ta përdorim rregullën e vijave të forcave të gishtave të mbledhur të dorës së

djathtë që ta caktojmë kahen e vijave të forcave magnetike. Ta kapim përçuesin me dorën e djathtë, ashtu që gishti i madh i drejtuar ta tregojnë kahen e rrjedhjes së rrymës. Gishtat e mbledhur rreth përçuesit e tregojnë kahen e vijave të forcave magnetike (fig.1).

Pavarësisht prej formës së përçuesit, kur nëpër të rrjedh rrymë, në afërsi të tij gjithmollë formohet fushë magnetike (fig. 2 dhe 3).

Të vërejmë sa është induksioni magnetik e fushës magnetike rreth përçuesit.

Të menduarit logjik na çon deri te përfundimi se sa është e fortë rryma që rrjedh nëpër përçuesin, aq do të jetë më i madh edhe induksioni magnetik. Eksperiment pak më të ndërlikuar dhe analiza teorike do të na tregojnë se induksioni magnetik është pikërisht në proporcion të drejtë me fuqinë e rrymës, përkatësisht, nëse dyherë zmadhohet fuqia e rrymës, dhe induksioni magnetik do të zmadhohet dyherë ($B \sim I$). Nga ana tjetër eksperimenti me thërmijat e hekurit na tregojnë se nëse largimi prej përçuesit fusha dobësohet. Që edhe një eksperiment më të ndërlikuar dhe një analizë teorike do të na tregojnë se induksioni magnetik është pikërisht në proporcion të zhdrejtë me largësinë ($B \sim 1/r$). Domethënë:

$$B \sim \frac{I}{r} \quad (1)$$

Që të kemi barazim na duhet vetëm edhe një koeficient të proporcionalitetit $k = \mu/2\pi$. Prej këtu e fitojmë formulën për njehsimin e induksionit rreth përçuesit të drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë me fuqi I :

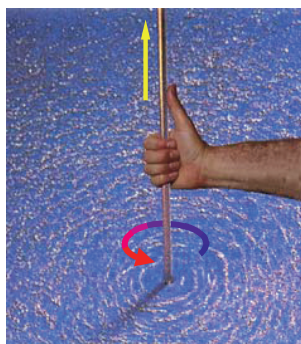


Fig. 1

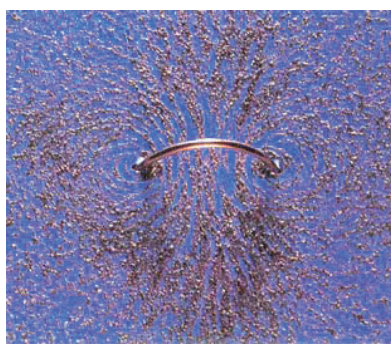


Fig. 2

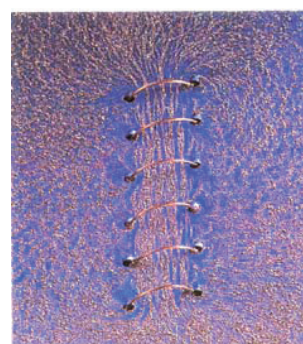


Fig. 3

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (2)$$

Konstanta μ_0 ka domethënie fizike dhe quhet konstanta magnetike e permeabilitetit në vakuum. Për vakuumin ajo është:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T m}}{\text{A}}$$

Më shpesh konstanta magnetike shprehet në H/m (henri nën metër). Pse është kjo kështu do të shohim pak më vonë.

Shumë rast interesant nga pikëpamja praktike është fusha magnetike e solenoidit (fig. 3), pasi prej solenoidit bëhen elektromagnet. Solenoidi paraqet mbështjellës, që nuk ka trup dhe nuk ka blërthamë në brendësi. Te figura mund të shihet se te brendësia e tij krijohet fushë magnetike homogjene, përkatësisht te të gjitha pikat prej asaj hapësire induksioni magnetik është i njëjtë sipas drejtimit . kahes dhe madhësisë. Se fusha është homogjene, na tregojnë edhe vijat e forcave të cilat janë paralele dhe me dendësi të barabartë. Madhësia e induksionit magnetik në brendësinë e solenoidit përcaktohet me

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{\ell} \quad (3)$$

Bashkëveprimi ndërmjet dy përçuesëve paralel nëpër të cilët rrjedh rrymë

Vërejtëm se rreth përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë formohet fusha magnetike. Kjo do të thotë se dy përçues mund të bashëveprojnë sikurse e bëjnë dy magnet të tërhiqen dhe refuzohen. Të bëjmë eksperiment. Të vendosim dy tela paralele të varen njëri pranë tjetrit (fig.4a). Nëse nëpër telat lëshojmë të rrjedhe rrymë me kahe të njëjtë, telat do të tërhiqen (fig.4b). Nëse nëpër telat lëshojmë të

rrjedhin (2) rrymat me kahe të kundërta, të dy telat do të refuzohen (fig. 4c).

Vëre! Që të keni sukses në këtë eksperiment është e nevojshme të rrjedhin rryma me fuqi të mëdhaja. Mos u përpuni të bëni eksperimentin pa ndihmën e profesorit ose ndonjë më të moshuarit.

Ta caktojmë kahen dhe madhësinë e forcës me të cilën bashkëveprojnë përçuesit. Në njërin përçues le të rrjedh rrymë me fuqi I_1 , kurse te tjetri me fuqi I_2 (fig.5a). Përçuesi i parë formon fushë magnetike në hapësirën rreth tij. Me B_1 ta shënojmë induksionin magnetik në fushën e përçuesit të parë në vendin ku gjendet përçuesi i dytë. Zbatoni rregullën e Flemingut të dorës së majtë që ta caktojmë kahen e forcës që veprojnë mbi përçuesin e dytë (gishti i mesëm tregon kahen e rrjedhjes së rrymës, treguesi e tregon kahen e fushës magnetike, përkatësisht të induksionit magnetik dhe gishti i madh tregon kahen në të cilën veprojnë forca). Do të vijmë deri te përfundimi se forca është në kahe e përçuesit të parë. Bëni të njëjtën analizë dhe forca e fushës magnetike të përçuesit të dytë. Do të përfundojmë se kjo forcë është në kahen e përçuesit të dytë. Të dy përçuesit veprojnë njëri kah tjetri, përkatësisht tërhiqen.

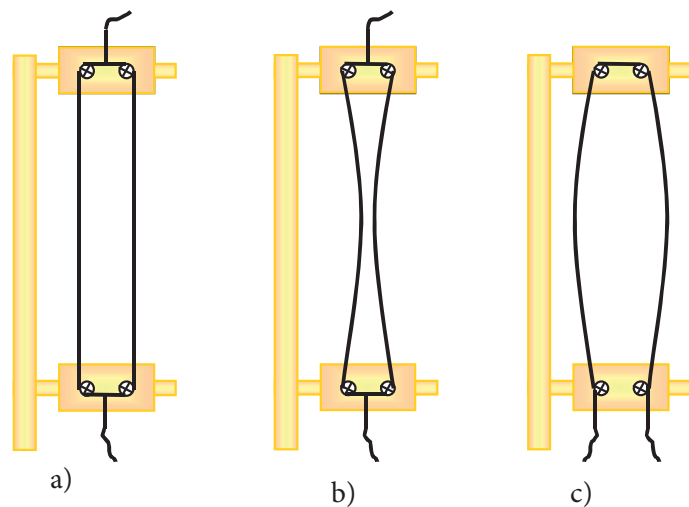


Fig. 4

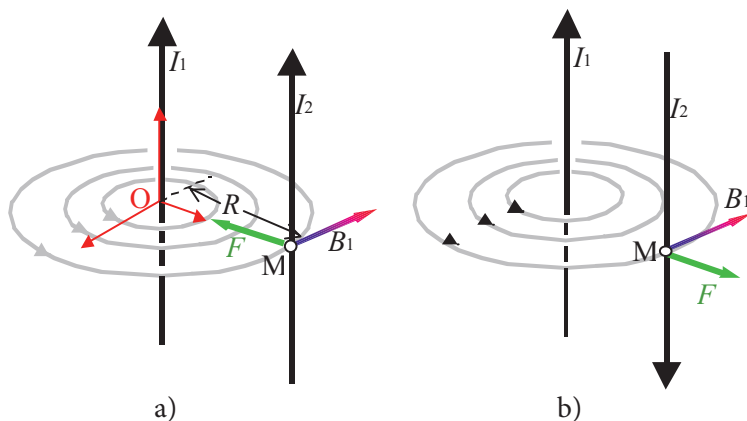


Fig. 5

Dy përçues paralel nëpër të cilët rrjedh rrymat me të kahe të njëjta tërhiqen.

Ta përsërisim analizën e njëjtë për përçuesit nëpër të cilët rrjedh rrymë me kahe të kundërtë. Rregulla e dorës së djathtë për caktimin e kahes së forcës do të tregojnë se forcat veprojnë prej përçuesit jashta (fig. 5b), përkatësisht në kahen e refuzimit të përçuesëve.

Dy përçues paralel nëpër të cilët rrjedhin rryma me kahe të kundërta refuzohen.

Ta njehsojmë forcën me të cilën bashkëveprojnë përçuesit. Fillimi i koordinatave të sistemit koordinativ ta vendosim te pika O të përçuesit të parë nëpër të cilin rrjedh rrymë me intensitet I_1 (fig. 5a). Pika M gjendet te përçuesi i dytë nëpër të cilin rrjedh rrymë me intensitet I_2 . Induksioni magnetik i fushës të krijuar prej përçuesit të parë në pikën M është:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R} \quad (4)$$

Përçuesi i dytë gjendet në fushën magnetike të krijuar prej përçuesit të parë. Nëse gjatësia e përçuesit të dytë është l , atëherë forca me të cilën përrçuesi i parë vepron te i dyti është:

$$F = I_2 \cdot l \cdot B_1 \quad (5)$$

Nëse te barazimi (5) e zëvendësojmë shprehjen e induksionit magnetik prej barazimit (4), e fitojmë forcën e bashkëveprimit ndërm

paralel nëpër të cilët rrjedh rrymë, kur atë janë vendosur në vakuum:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R} \cdot l \quad (6)$$

ku R është largësia ndërmjet dy përçuesëve, kurse l është gjatësia e tyre.

Relacioni (6) është përdor që të definohet njësia për intensitetin e rrymës, amper.

Nëpër dy përçuesëve paralele shumë të hollë dhe shumë të gjatë rrjedh rrymë e barabartë me intensitetin prej 1 A, nëse ato vendosen në vkuum në largësi prej 1 m dhe në çdo 1 m prej gjatësisë së tij bashëveprojnë me forcën prej $2 \cdot 10^{-7}$ N.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cilët prej këtyre gjykimeve janë të sakta, kurse cilat gabim:

a) vijat e forcave magnetike rreth përçuesit të drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë janë në formë të vijave rrethore koncentrike;

b) vijat e forcave magnetike rreth përçuesit të drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë janë në formë të drejtëzave paralele;

c) vijat e forcave magnetike rreth solenoidit janë të ngjashme të atyre rreth atyre të magnetit të përherëshëm.

2. Si do të ndryshon induksioni magnetik te brendësia e solenoidit e tërheqim ashtu, që gjatësia do të bëhet dy herë më e madhe?

3. Dy përçues të drejtë janë vendosur paralel njëri në tjetrin dhe në largësi r . Nëpër të parin rrjedh rrymë me intensitet I_1 , por nëpër të dytin me intensitet $2I_1$. Me çfarë force vepron përçuesi i parë te përçuesi i dytë, por me çfarë përçuesi i dytë në të parin?

4. Dy përçues të drejtë janë vendosur në ajër njëri mbi tjetrin. Të dy kanë gjatësi të barabarta 1 m dhe masa të barabarta nga 1 g. Nëpër ato rrjedhin rryma të barabarta por me kahe të kundërta. Sa

duhet të jetë intensiteti i rrymës për të ndejtur në ajër përçuesi i sipërm mbi të poshtimin në largësi prej 2 cm. (Përgj. ~31A)

5. Konstrukto elektromagnet. Mbështjellni rreth lapsit tel bakri të izoluar, ashtu që të bëni 30 mbështjellje. Lidhni skajet e telit me bateri prej 4,5 V. Deri te elektromagneti afroni send prej hekuri (gozhdë, gjilpërë, mbërthese për letra etj.). Shqyrtoni intensitetin e magnetit në mënyrën që e bëtë te magneti i përhershëm te mësimi i parë i këtij kapitulli, Fusha magnetike e magnetit të përhershëm. Në vend të klësaj baterie vëndoni tjetër prej 1,5V. Shqyrtoni intensitetin e këtij magneti. A kanë ato intensitet të njëjtë? Cila madhësi fizike është ndryshuar? Pse? Ndryshoni numrin e mbështjellësve dhe përsëritni shqyrtimin.

6. Me ndihmën e paketës softverike EM Field (Fusha elektromagnetike) vizualizoni fushën magnetike të përçuesit të drejtë nëpër të cilin rrjedh rrymë. Vizatoni vijat e forcave. Vizatoni vektorët e induksioneve magnetike në pika të ndryshme. Si është kahja e këtyre vektorëve në lidhje me vijat e forcave? Simuloni më shumë përçues nëpër të cilët rrjedh rrymë me intensitete të ndryshme. Vizatoni vijat e forcave edhe te këto përçues. Si ndryshojnë vijat e forcave varësisht prej intensitetit të rrymës që rrjedh nëpër përçuesët?

Startoni Challenge Game (Loja për nxitje). Filloni lojën në nivel të lehtë, me një përçues të mëshetur. Duke klikuar në fushën e zbrazët fitoni informata për kahen dhe madhësinë e vektorit të induksionit magnetik në pika të ndryshme. Shfrytëzoni këto informata që të zbuloni ku gjendet përçuesi. Përpiqeni të bëni atë me të cilën është e mundur më pak vektor referent të induksionit magnetik. Pasi do të zbuloni kungjendet përçuesi, vazhdoni me nivelet më të larta. Fat!

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themlore. Atje ku është e nevojshme përmend disa shembuj-

- Induksioni magnetik i përçuesit të drejtë
- forca e Amperit ndërmjet dy përçuesëve paralel
- rregulla për gishtat e mbledhur të dorës së djathtë.

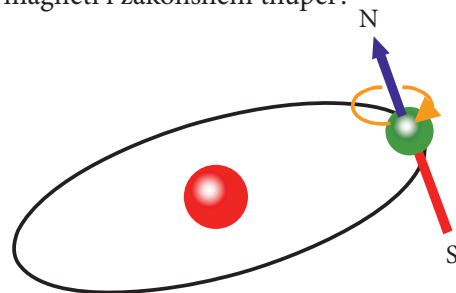
17.5. VETITË MAGNETIKE TË SUBSTANCAVE

Përfundimisht, kemi mjaft njohuri të hyjmë më thellë në natyrën e magnetizmit, të sqarojmë çka është magneti, pse i ka ato veti, pse disa materijale mund të tërheqen me magnet, kurse tjerët jo.

Vërejtëm se magnetizmi është në lidhje të drejtpërdrejt me elektricitetin. Rreth përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë formohet fushë magnetike. Por çka, në realitet është rryma? Ajo është lëvizje e grimcave të elektrizuara. Sikurse rreth mbushjeve elektrike në qetësi ekziston fushë elektrike, kë-shtu rreth mbushjes elektrike që lëvizin ka fushë magnetike. Pse kjo është kështu i pari e ka sqaruar fizikani suedez Xhejms Klark Maksvel (James Clarck Maxwell, 1831-1879), kurse më vonë e thelloi fizikani gjerman Albert Ajnshtajni (Albert Einstein, 1879-1955), në vitin 1905 me teorinë e tij speciale të relativitetit, por ne nuk do të hyjmë në ato sqarime.

Ndoshat edhe fusha magnetike e magnetëve të përhershëm a janë rezultat i lëvizjes së mbushjeve elektrike? Ndoshta do të habiteni, por përgjigja është PO.

Por, ku është lëvizja e mbushjeve elektrike te magneti i zakonshëm thupër?



Magneti përbëhet prej atomeve. Rreth bërthamave atomet në lëvizje të përhershme janë elektronet (fig.1). Ato lëvizin sipas shtigjeve rrethore. Kjo lëvizje e elektroneve, sikurse çdo lëvizje tjetër e grimcave të elektrizuara, shkakton krijimin e fushës orbitale magnetike.

Përveç që elektroni orbiton rreth bërthamës, ai gjithashtu rrotullohet rreth boshtit të tij si rrotulluese. Ky rrotullim quhet spin e elektronit. Rrotullimi i këtij elektroni, gjithashtu i përgjigjet lëvizjes së mbushjes elektrike, që përsëri është rrjedhja e rrymës. Kjo lëvizje, nga ana e vet, krijon fushë magnetike spin plotësuese. Në këtë mënyrë çdo elektron bëhet një magnet i vogël elementar. Elektronet zakonisht „të paketuara“ në çifte, të cilët kanë spine të kundërta. Këto spine të kundërta kanë fusha magnetike të kundërta, përa kështu ato zhduken. Kjo është shkaku pse shumica prej materijaleve nuk janë magnet.

Por te disa materijale këto fusha nuk zhduken tërësisht. Për shembull, te hekuri, çdo atom ka nga katër elektrone spinet e të cilëve janë në kahen e njëjtë dhe kështu fushat e tyre magnetike nuk zhduken..

Feromagnetikët, paramagnetikët dhe diamagnetikët

Por këtu nuk maron tregimi për prejardhjen e fushës magnetike. Materijalet janë ndarë në ato te të cilët dominant është fusha magnetike e spinit dhe të atyre te të cilët është dominant fusha magnetike orbitale. Ekziston edhe grupi i tretë i materijaleve, por ato janë ato te të cilët nuk ekziston fushë magnetike në përgjithësi. T'i shqyrtojmë në veçanti çdonjërin prej këtyr llojeve të materijaleve

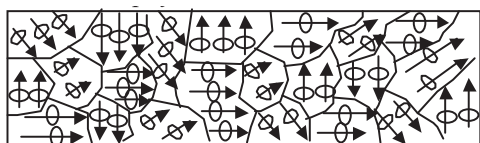


Fig. 1



Fig. 2

Ato materijale, te të cilët dominant është fusha magnetike spin quhen feromagnetik. Të atillë janë hekuri, kobalti dhe nikeli. Fusha magnetike te feromagnetikët është aq e fuqishme, që bashkarisht veprojnë njëri në tjetrin radhiten dhe në atë mënyrë foirmojnë zona të mëdhaja te të cilët të gjithë magnetët elementar janë radhitur në një kahe (fig. 2). Këto zona quhen diomene magnetike. Çdonjëri prej domeve përbëhet prej miliarda atome të radhitura, por me siguri ato domene janë mikroskopike. Ndryshimi ndërmjet copës zakonisht hekiuri dhe hekuri magnet është në radhitje të domeve. Te copa e hekurit, gozhda për shembull, domenet haotike janë radhitur (fig.2). Kur gozhdën do ta sjellim në fushën e dobët magnetike, domenet do të radhiten por janë të gjitha dhe jo tërësisht. Nëse gozhda vendohet në fushën magnetike të fortë, atëherë të gjitha domenet janë të radhitura. Gozhda është magnetizuar fuqishëm dhe themi se kemi krye magnetizimin (fig. 3). Gjatë kësaj ndodhin dy efekte. Së pari radhiten ato domene të cilët nuk janë të radhitur, kurse e dyta, të gjithë domenet janë radhitur në kahen e fushës magnetike të jashtëme.. Kështu, ato fusha, e jashtëmja dhe ajo e krijuar prej magnetëve elementar në brendësinë e materijalit të krijuar fushë magnetike shumë të fuqishme do të largohen, për shkak të lëvizjes së nxehtësisë së braunit, domenet te gozhada, përsëri radhiten në mënyrë haotike.

Feromagnetikët mund të jenë „të fortë“ dhe „të butë“. Feromagnetikët e fortë vështir magnetizohen, por , prandaj edhe vështir çmagnetizohen. I atillë është çeliku. Prej këtyre materijaletë përherëshme. Feromagnetikët e butë lehtë magnetizohen dhe gjithashtu, lehtë çmagnetizohen. I atillë është hekuri i butë. Prej materijaleve të këtilla bëhen elektromagnet.

Që të bëhet magnet i përherëshëm, të mundshme janë dy mënyra. I pari është, të vendoset copë çeliku në fushë magnetike të fuqishme. I dyti është çeliku të fërkohet shumë herë me magnet tëpërherëshëm. Është interesant që magnetizimi i feromagnetikëve varet prej „historisë“ së tyre, përkatësisht prej asaj, paraprakisht ai materijal a ka qenë i magnetizuar ose jo.

Tani është e qartë pse polet e magnetit nuk mund të ndahen dhe pse kur do të ndahet magneti në dy ose më shumë pjesë, çdo pjesë sillet përsëri si si magnet me dy pole (fig. 4).

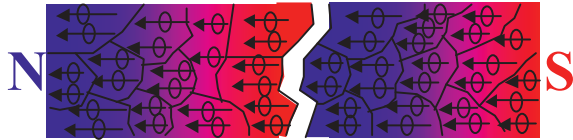


Fig. 5

Te feromagnetikët është interesant që permabiliteti i tyre magnetik nuk është konstante dhe ajo varet prej madhësisë së fushës së jashtme. Gjithashtu është e mundur edhe procesi i anasjelltë i çmagnetimit. Nëse goditet fuqishëm magnetit ose nëse nxehet në temperaturë të caktuar, radhitja humbet dhe rregullisht magneti bëhet pjesë e zakonshme e hekurit.

Materialet te të cilët është dominant fusha magnetike orbitale quhen paramagnetikë.

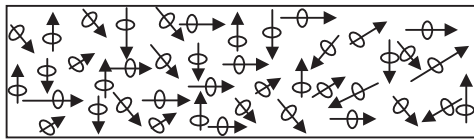


Fig. 5

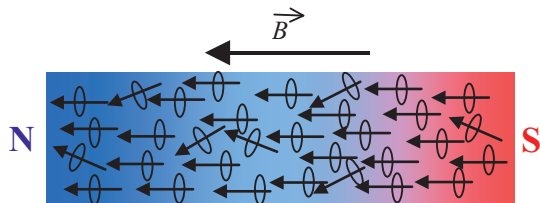


Fig. 6

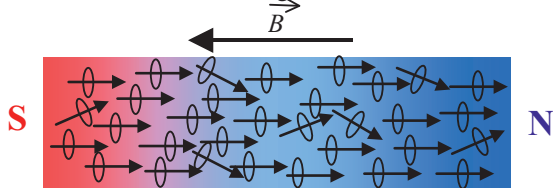


Fig. 7

Te ato bashkëveprimi ndërmjet magnetëve elementare nuk është aq e madhe,, prandaj ato nuk formohen domenet magnetike (fig. 5). Magnetet elementare janë të orientuar në mënyrë haotike. Kur do të sjellen te fusha e jashtëme magnetike, magnetet elementare radhiten në kahe të fushës, dhe atëherë ky material tregon veti magnetike (fig. 6). Në këtë mënyrë fusha e jashtëme magnetike dhe ajo e krijuar prej magnetëve elementare krijojnë fushë magnetike, e cila është më e fuqishme prej të jashtëmes, por shumë e dobët prej asaj të feromagnetikët. Pas largimit të fushës së jashtëme magnetike magnetët elementar kthehen në një radhitjen paraprake, haotike. Materialet të këtilla janë aluminiumi, platina oksigjeni etj.

Përfundimisht, grupi i tretë i materijaleve, te të cilët nuk ekziston fuqia e spinit as fusha magnetike orbitale, quhen diamagnetik. Kur nuk janë venduar te fusha magnetike, këto materialet nuk tregojnë kurrfarë veti magnetike. Por, kur do të vendosen te fusha magnetike e jashtëme, induktohet lëvizje plotësuese e elektroneve, për shkak të së cilës atomet bëhen magnet elementar. Ndryshimi në çfarë raporti të dy materijaleve paraprake është ajo, që magnetet elementar te diamagnetikët janë orientuar anasjelltas prej fushës së jashtëme magnetike (fig. 7). Në këtë mënyrë fusha e përgjithshme magnetike në brendësinë e materialit, të krijuar prej të jashtëmes dhe asaj të magnetit elementar është më e vogël prej të jashtëmes. Pas largimit të fushës së jashtëme, atomet i humbin vetitë magnetike. Përfaqësuesët e kësaj grupe janë bizmuti dhe gadoliniumi.

Induksioni magnetik te mjediset magnetike

Vërejtëm se fusha magnetike mund t'i ndërrojnë karakteristikat me ndryshim të zakonshëm të mjedisit në të cilën ajo do të formohet. Mjafton në hapësirë në të cilën ekziston fusha magnetike, të vendosi feromagnetik dhe fusha te feromagnetiku do të jetë shumë hetë më e fuqishme prej asaj e cila ka qenë në vendin e njëjtë, para se të sjellet feromagnetiku, kur në atë vend sundon vakuumi. Ose anasjelltas, në hapësirën ku, dominon fusha magnetike të sillet diamagnetiku dhe në të do të krijohet fushë magnetike

e cila është më e dobët prej asaj kur në atë hapësirë dominon vakuumi. Në këtë mënyrë ndryshon edhe induksioni magnetik i fushës magnetike. Nëse B është induksioni magnetik në fushën magnetike të ndonjë materijal i mjedisit, kurse B_0 është induksioni magnetik i fushës magnetike të ndonjë materijal i mjedisit, por B_0 është induksioni magnetik i të njëjtës fushë, por në vakuum, atëherë mund të definojmë permeabilitetin relativ magnetik, si raport prej këtyre dy madhësive.

$$\mu_r = \frac{B}{B_0} \quad (1)$$

Prej asaj që e mësuam paraprakisht, mundesh-te të vijmë deri te përfundimi se permeabiliteti magnetik të feromagnetikët është shumë herë më e madhe se njësia ($\mu_r \gg 1$) edhe të diamagnetikët ajo është më e vogël prej një ($\mu_r < 1$).

Kështu, permeabiliteti absolut i ndonjë materijali të mjedisit, μ është në lidhje me relati-ven dhe asaj të vakuimit nëpërmjet shprehjes.:

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0 \quad (2)$$

ku μ është permeabiliteti relativ magnetik i mjedisit, kurse, μ është permeabiliteti magnetik në vakuum.

Te tabela poshtë janë dhënë të dhënat për permeabilitetin magnetik relativ të disa mjedisëve.

mjedisi	μ_r
feromagnetik	
hekur 99,9%	200 - 5 000
legura 96,7%Fe; 3,3%Si	600 - 10 000
permaloj 78%Ni; 22%Fe	8 000 - 100 000
permaloj, 79%Ni; 5%Mo; 16%Fe	100 000 - 800 000
Paramagnetik	
oksigjen, O ₂	1,0000018
aluminium, Al	1,000021
platini, Pt	1,0003
hekur (III) kloridi	1,0025

Diamagnetik	
azot, N ₂	0,9999999938
karbon dioksidi, CO ₂	0,9999947
bakër, Cu	0,9999926
ujë, H ₂ O	0,999991
argjent, Ag	0,999974
bizmut, Bi	0,99983

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Prej nga e ka prejardhjen fusha magnetike?
2. Si mundet magneti të tërheq copë të hekurit që vet nuk është magne?
3. Thërmijat e hekurit nuk janë të megnetizuar, por përsëri radhiten në kahe të fushës. Pse?
4. Çdo elektron i cili posedon spin paraqet magnet elementar. Materja përbëhet prej atomeve. Pse çdo materijal nuk mundet të jetë magnet??
5. Magneti përbëhet prej hekuri. Por edhe gozhdat janë bërë prej hekuri. Cili është ndryshimi ndërmet hekurit të magneti dhe ajo të gozhdës?
6. Sa do të ndryshon induksioni magnetik i solenoidit, kur në të në brendësinë e tij do të vendoset bërthamë hekuri me $\mu=10000$?
7. Bëni përsëri elektromagnet, sikurse te aktiviteti 6 nga mësimi paraprak. Fusha magnetike e përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë. Nxirrni lapsin dhe në vendin e tij vëndoni gozhdë. Hulumtoni intensitetin e këtik elektromagnetit, A vëren i ndryshimin kur në brendësi ka lass ose gizhdë? Kur magneti do të jetë më i fuqishëm? Pse?

Jepni domethënien e këtyre koncepteve temeo-re. Atje ku ka nevojë përmend edhe shembuj

- paramagnetik
- diamagnetik
- formagnetik
- permeabiliteti magnetik relativ
- permeabiliteti absolut magnetik

18.1. INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK

Ekspierimentet themelore

Ne deri më tani mësuam fushat magnetike të përçuesëve nëpër të cilët rrjedh rrymë. Përçuesit e atillë krijojnë edhe fusha konstante kohore. Te rrymat e ndryshueshme kohore. Te rrymat kohore të ndryshueshme, përkatësisht fushat magnetike të ndryshueshme kohore, kemi varg të dkurive të reja. Njëra prej më të rëndësishmeve, sigurisht, është dukuria e induksionit elektromagnetik, e zbuluar në vitin 1831 prej Majkl Faradej.

Zbulimi i kësaj dukurie të rëndësishme ka mundësuar 50-100 viztet e ardhshme të jenë të konstruara numër i madh i instrumeneteve teknike: gjenerator për rrymë, transformator, telegraf, telefon, radio, televizioni dhe shumë, shumë të tjerë, pa të cilët na sot nuk do të mundeshim ta mendojmë botën në të cilën jetojmë

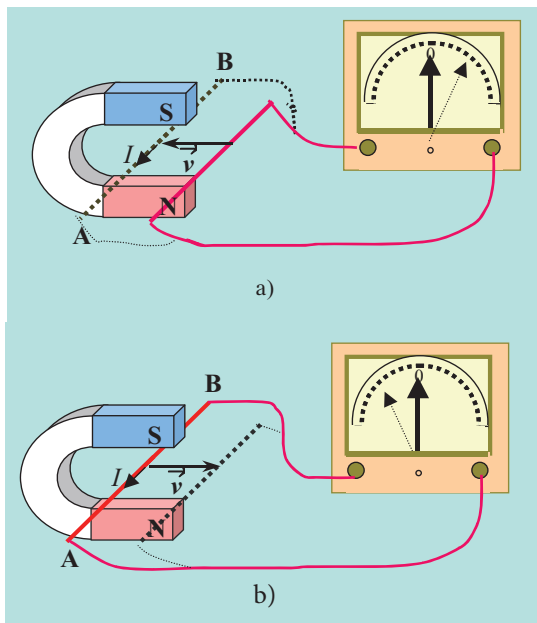


Fig. 1. a) Kur përçuesin e fusim, mënjanimi i galvanometrit është në një anë, b) kur përçuesin e nxjerrim, mënjanimi i galvanometrit shtë në anën e kundërt.

Që ta kuptojmë dukurinë, do të bëjmë eksperiment të thjeshtë të mundshëm. Përçuesi, i lidhur me një galvanometër, do të lëvizin ndërmjet poleve me magnet të përhershëm patkoni (fig. 1). Deri sa ekziston lëvizje relative ndërmjet magnetit dhe përçuesit ekziston mënjanim të galvanometrit, nëpër qarkun rrjedh rrymë. Themi, në qark është krijuar forca elektromotore e indukuar për shkak të cilës ka rrjedh rryma e indukuar.

Kahja e rrymës varet prej kahes së lëvizjes (të forcës) dhe kahes së fushës magnetike (induksioni magnetik). Mënjanimi i galvanometrit do të zmadhohet nëse zmadhohet shpejtësia e lëvizjes relative të përçuesit.

Nëse magnetin dhe përçuesin i lëvizim së bashku, ashtu që ndërmjet tyre nuk ekziston lëvizja relative, mënjanim nuk ka për të pasur.

Mënjanim nuk ka për të pasur, gjithashtu, nëse lëvizja bëhet paralel me vijat e forcave magnetike. Themi, që të indukohet rryma përçuesin duhet ti pren vijat e forcave magnetike.

Kahja e rrymës së indukuar zakonisht përshkruhet me rregullën e **Flemingut të dorës ë djathtë** (fig. 2):

kur gishtit i madh, treguesi dhe gishtit i mesit do të vëndohen nën këndit e drejtë, dhe nëse treguesi vendoset në kahen e induksionit magnetik, kurse lëvizjen e bëjmë në kahen e gishtit të madh, kahja e gishtit të mesëm do të na jep kahen e rrymës së indukuar.

Prova paraprake është më efikase nëse në vend që të lëvizet përçuesi në lidhje me magnetin, të lëvizet magneti në lidhje me kalemmin me N mbështjellsa (fig. 3). Ju propozojmë ta bëni këtë eksperiment.



Fig. 2

Provoni, se si do të ndryshon kahja e galvanometrit kur do ta ndryshojmë kahjen e lëvizjes ose kur në vend të polit magnetik verior futni polin magnetik jugor.

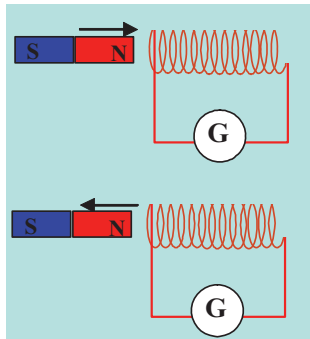


Fig. 3

Përsëritni provën me lëvizje të ngadalshme dhe të shpejtë. Çka përfunduat

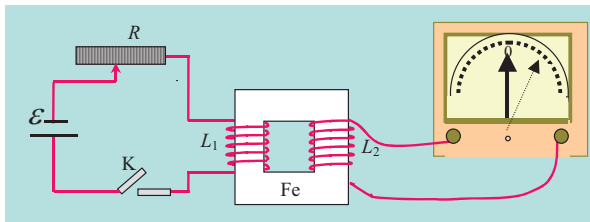


Fig. 4. Te qarku primar janë lidhur rezistori R dhe ndërprerësi K.

Serin e dytë të eskperimenteve do ta bëjmë me dy qarqe: e para, që është e lidhur me burim të forcës elektromotore, ta quajmë qark primar dhe të dytën, të cilin do ta quajmë qark sekondar (fig. 4). Këto dy qarqe kanë kalema dhe bërthamë të përbashkët të hekurit. Kalemi L_1 , kur nëpër atë kalon rrymë, krijon fushë magnetike vijat e forcës magnetike të të cilës e godisin edhe kalemin L_2 .

Kur fusha magnetike të kalemi primar do të ndryshon, do të vjen deri te indukimi i forcës elektromotore të sekondari dhe galvanometri do të tregon mënjanim. Ndryshimi i induksionit magnetik \vec{B} do ta bëjmë ose duke e kyçur ose ndërprerë rrymën ose me ndryshimin e rezistencës. Edhe në të dy rastet vjen deri te ndryshimi i forcës së rrymës, por pasi induksioni magnetik të kalemi L_1 është dhënë me:

$$B = \mu_r \mu_0 \frac{NI}{l}, \quad (1)$$

është e qartë se ndryshon edhe induksioni magnetik. Te relacioni (1) μ_r është permeabiliteti relativ magnetik i bërthamës së hekurit, N është numri i mbështjellësve, kurse l -gjatësia e solenoidit (kalemit). Gjatë kyçjes së rrymës dhe gjatë zmadhimit të forcës së rrymës, mënjanimi i galvanometrit është në njërën anë. Nëserrymën e zvogëlojmë ose e ndalojmë, rryma e indukuar do të rrjedh në anën e kundërt. Edhe këtu vjen në shprehje shpejtësia e ndryshimit të rrymës. Domethënë, nëse rrëshqitësin të rezistori e lëvizim ngadal, rryma e indukuar është e dobët dhe anasjelltas, nëse rezistencën shpejtë e ndryshojmë, rryma është më e fortë. Me çka na bindin të gjitha këto prova?

Shohim këtu se nuk ka asnjë lëvizje të përcuesit në fushën magnetike, por përsëri ndodh indukimi i rrymës.

Indukimi i rrymësndodh ose gjatë prerjes së vijave të forcave magnetikeose gjatë ndryshimit të madhësisë së vektorit të induksionit magnetik.

Ligji themelor për induksionin magnetik

Cila madhësi fizike ndryshon te të gjithë eksperimentet lartë të përshkruara? Mendoni, te eksperimentet të skicuar te figura 1 ose 3 ndryshonte syprina e sipërfaqes me të cilën është goditur fusha, kurse te eksperimentet te figura 4 ndryshonte induksioni magnetik. Cila madhësi fizike i lidh këto dy madhësi?

Fluksi manetik është madhësi që i lidh këto dy madhësi. Është e qartë, prej eksperimenteve mund të përfundohet se gjatë indukimit të rrymës vjen deri te ndryshimi i kohës së fluksit magnetik.

Fluksi magnetik që e godit ndonjë sipërfaqe e rrafshët me syprinë S , sikurse dimë tani, është caktuar me relacionin:

$$\Phi = BS \cos\alpha \quad (2)$$

ku α është këndi që normalja e sipërfaqes së rrafshit e ndërton me vektorin e induksionit magnetik (\vec{B}). Në rastet kur ky kënd është zero, domethënë rrafshi i qarkut është normal në vijat e forcave magnetike dhe qarku atëherë formon fluks më të madh.

Ligji themelor për induksionin magnetik shkruhet me relacionin:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (3)$$

Forca elektromotore e indukuar \mathcal{E}_i është e barabartë me shpejtësinë e ndryshimit të fluksit magnetik të marrë me sjenjë të kundërt.

Nëse indukimi i rrymës bëhet me solenoid me N mbështjellje, pasi vijat e forcave magnetike e godisin çdonjërin prej mbështjellësve, forca elektromotore e indukuar do të jetë N herë më e madhe:

$$\mathcal{E}_i = - N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{ose} \quad \mathcal{E}_i = - N \frac{\Delta(BS \cos \alpha)}{\Delta t} \quad (4)$$

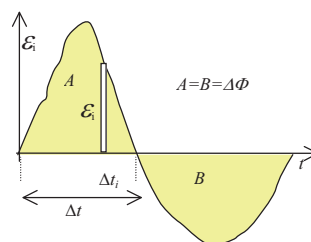
Që do të thotë shenja negative në këtë relacion, do të sqarojmë te mësimi i ardhshëm. Tani, dëshirojmë vet të mendojmë, te cilët prej eksperimenteve ndryshonte syprina e formuar me konturën, por te cilët induksioni magnetik?

Gjithashtu dëshirojmë t'u kushtojmë vëmendje në atë se është shumë e rëndësishme shpejtësia e ndryshimit të fluksit magnetik.

Aktivite me kompjuter

Me ndihmën e interfesit COACH 5, aktivitet „**Forca elektromotoree indukuar**“ magnet thupër dhe kalem, duke bërë eksperiment analog me atë që shtë dhënë në fig. 3, provoni varësinë e forcës elektromotore prej shpejtësisë së lëvizjes së magnetit.

Bëni provën me shumë shpejtësi të ndryshme. Njehsoni syprinën e lakores së kufizuar $\mathcal{E}_i = f(t)$, do të fitoni gjithmonë vlerë afërsisht të barabartë. Syprin që është çdo lakore e këtillë e formon me boshtin e abshisës (shihe fig. 5) mund të paraqitet si shumë e drejtkëndëshave, ku një brinjë është forca elektromotore \mathcal{E}_i , kurse tjetra intervali kohor Δt , atëherë syprina e çdo drejtkëndëshi të atillë është e barabartë me ndryshimin e fluksit për intervalin e kohës Δt , kurse gjithë syprina e ndryshimit të fluksit gjatë futjes, ose në kahen e kundërt - gjatë nxjerrjes së magnetit.



Shembull detyra

1. Në qarkun e rrymës së mbyllur fluksi magnetik zvogëlohet prej 100 Wb në 0, për kohën prej 0,2 s. Sa është f.e.m. në atë pikë?

Zgjidhje:

Është dhënë: $\Phi_1=100\text{WB}$, $\Phi_2=0$ Kërkohe $\mathcal{E}_i=?$

$$\Delta t=0,2 \text{ s}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{0 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{100}{0,2} = 500 \text{ V}$$

2. Përçues me gjatësi prej 10 cm lëviz në fushë magnetike prej 0,2 T, me shpejtësi prej 20 cm/s normal në vijat e forcave magnetike. Sa është f.e.m. që do të indukohet në skajet e tij, por nëse qarku mbyllet dhe e ka hapjen prej 2 Ω , sa është rryma që do të rrjedh nëpër atë?

Zgjidhje:

Është dhënë: $l=0,10 \text{ m}$, $B=0,2 \text{ T}$ Kërkohe $\mathcal{E}_i=?$

$$v=0,2 \text{ m/2} \quad R=2 \Omega$$

$$\mathcal{E}_i = lvB = 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,20 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ V} ; I = \mathcal{E}_i / R = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Pyetje, detyra, aktivite

1. Si është kahja e rrymës së indukuar (shënoni me shigjetë) nëse lëvizja e përçuesit bëhet në kahen të shënuar në fig. 6.

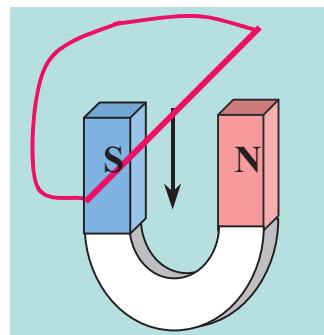


Fig. 6

2. Si është kahja e rrymës së indukuar nëse lëvizja e përçuesit lëviz paralele me magnetin thupër, rreth mesit të tij, si kurse në fig. 7.

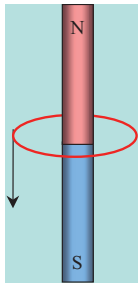


Fig. 7

Shënoni kahen e shigjetës.

3. Bëni seri të eksperimenteve në këtë mënyrë: kyçeni në qarkun primar qark me burim të tensionit një kalem (1) me prerje të vogël (fig. 8), rezistor me rrëshqitës R dhe ndërprerës. Si burim mund të përdoret më shumë bateria të lidhura në seri që të sigurtension prej 9 deri 12 V. Lidhni qark tjetër te e cila do të kyçet kalem (2) me prerje shumë më të madhe dhe galvanometër (G).

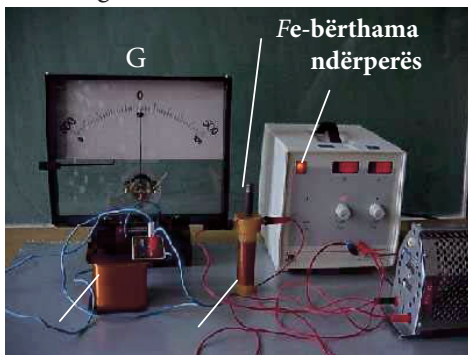


Fig. 8. Me tela të kuq është lidhur qarku primar, kurse me të kaltër qarku sekondar

Bëni këto eksperimente:

- së pari kyçni rrymën te qarku primar dhe kalem 1 vendosni te kalem 2. Çka ndodh? Çka do të ndodh kur kalem 1 do ta nxirrni?
- Pastaj vendosni kalem 1 në brendësinë e kalem 2 të dytë dhe te ai futni bërthamë hekuri. Kontrolloni se çka do të ndodh nëse e ndryshoni shpejtësinë e futjes ose nxjerrjes së bërthamës.
- Sistemi me të dy kalemët pastaj lëvizizni para-prapa, por ashtu që të mos ketë lëvizje relative ndërmjet kalemave. A ka mënjanim?
- Vëndoni kalem 1 te kalem 2. Ndërpreni rrymën prej qarkut primar. Shënoni kahen e galvanometrit. Pastaj kyçni rrymën. Kontrolloni këtë pjesë prej eksperimentit kur në kale

min 1 gjendet bërthama e hekurit.

d) Ndryshoni rezistencën R te qarku primar, së pari le të rritet, kurse pastaj le të zvogëlohet. Dhe tani kontrolloni çka do të ndodh nëse atë e bëni shpejtësi ose ngadal.

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore. Atje ku është nevoja përmend edhe shembuj

-induksioni elektromagnetik	-shpejtësia e ndryshimit të fluksit magnetik
-forca elektromotore e indukuar	-prerja e vijave të forcave magnetike
-rryma e indukuar ndryshimi kohor i fluksit magnetik	-ligji themelor për induksionin elektromagnetik

18.2. RREGULLA E LENCIT PËR RRYMËN E INDUKUAR

Rregulla e Lencit

Rregulla e Flemingut e dorës së djathtë për kahen e rrymës mundet të zbatohet vetëm në rastin kur bëhet fjalë për lëvizjen e përçuesit normal në vijat e forcave magnetike. Sikurse treguam më herët, indukimi i rrymës bëhet edhe në rastet tjera.

Eksiston rregullë unuverzale për kahen e rrymës elektrike të indukuar e cila quhet rregulla e Lencit. E ka formuluar E. H. Lenci në vitin 1834. Para se ta japim këtë rregullë të rëndësishme, të kujtohem në këtë.

Sikurse treguam, forca elektromotore e indukuar krijohet te qarku te i cili vjen deri te ndryshimi kohor i fluksit magnetik. Te qarku atëherë rrjedh rrymë e indukuar. Rryma e indukuar krijon fushë magnetike e cila quhet fusha magnetike e indukuar.

Kahja e rrymës së indukuar është e atillë që me fushën magnetike të saj i kundërshton ndryshimit të fluksit magnetik që është shkaku për krijimin e tij.

Nëse shkak për rrymën e indukuar është lëvizja relative e përçuesit në lidhje me fushën magnetike, rryma e indukuar i kundërshton asaj lëvizje.

Nëse shkak për rrymën e indukuar është ndryshimi i madhësisë së induksionit magnetik, fusha magnetike e rrymës së indukuar kundërshton atë ndryshim.



Fig. 1

Te fig.1 është dhënë fotografia e „terazisë“ së vogël të krahët e të cilës gjenden dy unaza alumini, ashtu që ato mundet lehtë të lëvizin në rrafshin horizontal. Njëra prej unazave është e plotë, kurse tjetra (më i larguara) ka plasje tërthore. Kur deri te unaza e aluminit do të afrohet magneti thupër, unaza shmanget prej magnetit. Por, nëse në qetësimin e sistemit të thuprës magnetike prej unazës, unaza do të afrohet deri te magneti.

Te rasti i parë, rryma e indukuare krijuar prej unazës kundërshton rritjen e fluksit, që është kushtimisht me afrimin e magnetit, ndërsa gjatë nxjerrjes së magnetit vjen deri te zvogëlimi i fluksit magnetik, për shkak të cilës indukohet rrymë e atillë fusha magnetike e të cilës kundërshton zvogëlimin e fluksit.

Nëse prova përsëritet ashtu që thupra magnetike futet ose nxirret prej unazës tjetër (i prerë), dukuria nuk do të ekziston. Qartë, atje rrymat e indukuara nuk mund të mbyllën në unazë, ato krijojnë shumë fushë të dobët që nuk mundet të kundërshton ndryshimin e fluksit magnetik.

Rregulla e Lencit e sqaron edhe shenjën minus të ligji themelor për forscën elektromotore të indukuar:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Nëse $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ është pozitive, domethënë $\Phi_2 > \Phi_1$ fluksi rritet, atëherë forca elektromotore e rrymës së indukuar kundërshton rritjen e fluksit. Anasjelltas, nëse është $\Phi_2 < \Phi_1$, fluksi zvogëlohet, forca elektromotore e indukuar kundërshton atë zvogëlim.

Rregulla e Lencit për kahen e rrymës së indukuar vlen në të gjitha dukuritë e rrymës së indukuar. Veçanërisht rryma të indukuara të forta mund të krijohen te përçuesit të cilët nuk janë masiv, nëse gjenden në hapësirë të e cila ndryshon fluksi magnetik.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Te kalemi (solenoid) hyn poli verior i magnetit. Nëse kalemi është lidhur me qarkun e

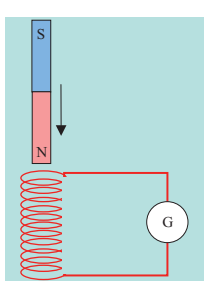


Fig. 2

rrymës, atëherë si do të jetë kahja e rrymës te qarku (viza- toni ni shigjetën)?

2. Magnetit nga pyetja parapake bjen teposhtë. A janë të barabarta nxitimet e magnetit kur qarku i kalemit është hapur (i ndërprerë) edhe kur ajo është e mbyllur.

3. Nëse ndërmjet poleve të një elektromagneti të fuqishëm lëshohet lirshëm të bjen ndonjë monedhë metalike, nxitimi i saj do të zvogëlohet. Sqaroni efektin.

4. Bëni këtë provë. Provën është e mundshme ta bëni edhe në kushte shtëpiake. Prej folisë së aluminit përi disk rrethor. Vëndoni gjilpër verikalisht, kurse mbi të vëndoni diskun ashtu që të prekë në qendrën e rrethir (më së miri është patkon) dhe varni ashtu që polet të shtrihen mbi diskun. Pastaj, rrotulloni magnetin. Në kahe të njëjtë me magnetin do të rrotullohet edhe disku rrethori aluminit. Sqaroni eksperimentin!

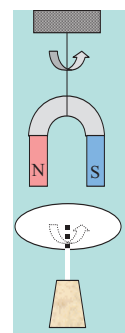


Fig. 3

6. Varni te peri pllakë drejtkëndore të aluminit (bëni prej folisë më të trashë). Vëndoni pllakën ndrmjet poleve magnetike më të fuqishme (fig. 7). Nëse magnetin e lëvizni edhe pllaka do të lëviz në kahe të njëjtë.

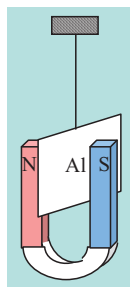


Fig. 4

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelor. Atje ku është nevoja përmend edhe shembuj.

-fusha magnetike e indukuar	-shpoeretet e indukuara
-fusha elektrike viore	-zvogëlimi i rrymave të Fukut
-rrymat viore (Fukat)	-fusha elektromagnetike

18.3. VETINDUKSIONI. INDUKTIVITETI

Vetinduktiviteti

E dijme se kur nëpër ndonjë përçues rrjedh rrymë, rreth tij krijohet fushë magnetike. Nëse rryma që rrjedh nëpër përçuesin është e ndryshueshme, ndryshon edhe madhësia e induksionit magnetik i fushës që ajo rrymë e krijon. Domethënë, kemi përçues që gjendet në hapësirë me fluks magnetik të vet të ndryshueshëm. Sipas Faradeit, edhe te përçuesi i këtitillë indukohet forca elektromotore që i kundërshton ndryshimit të fluksit magnetik. Dukuria e f.e.m. të indukuar te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë e ndryshueshme nënveprimin e ndryshimeve të fluksit magnetik të tij quhet vetindukim. Forca elektromotore e indukuar që megjithatë paraqitet equajmë forca elektromotore e indukuar ose forca elektromotore e vetindukuar.

Do ta analizojmë dukurinë më detalisht.

Fluksi magnetik i krijuar prej rrymës që rrjedh nëpër qarkun e rrymës është caktuar me relacionin e njohur:

$$\Phi = BS \quad (1)$$

Te relacioni, B është madhësia e vektorit të induksionit magnetik të fushës magnetike të krijuar prej rrymës, kurse S është syprina e sipërfaqes të kufizuar me qarkun e rrymës. Te (1) nuk mbajmë llogaripërkëndin ndërmjet induksionit magnetik dhe sipërfaqe S , pasi vijate e forcave magnetike të krijuara prej përçuesit e prejnë rrafshin e qarkut (kontrurës) në këndin e drejtë, pra këndi α ndërmjet vijave të forcave magnetike dhe normalja e sipërfaqes është zero, $\cos \alpha = 1$.

Nëse supozojmë se rryma te qarku ndryshon, atëherë ndryshon edhe induksioni magnetik, për shkak të kësaj ndryshon edhe fluksi magnetik. Kështu, mund të shkruhet se fluksi magnetik i krijuar te ndonjë kontur nëpër të cilin rrjedh rrymë, është në proporcion të drejtë me forcën e rrymës I :

$$\Phi = LI \quad (2)$$

ku L është koeficienti i proporcionalitetit i cili quhet koeficienti i vetinduktimit ose induktivitet.

Induktiviteti është veti e rëndësishme e qarkut të rrymës që varet si prej gjeometrisë edhe elementeve të qarkut të rrymës ashtu edhe prej permeabilitetit magnetik të mjedisit në të cilin, më saktë disa pjesë të tij gjenden. Për qarkun e rrymës së dhënë shpesh induktiviteti është konstant. Sipas ligjit të Faradeit për forcën elektromotore të indukuar, forca elektromotore e vetinduksionit \mathcal{E}_s mund të shkruhet

$$\mathcal{E}_s = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (3)$$

Prej relacionit (3) shihet se forca elektromotore e vetindukuar është në proporcion të drejtë me shpejtësinë e ndryshimit të forcës së rrymës $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$

Relacionin (3) ta shkruajmë edhe në këtë formë

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \quad (4)$$

ku I_2 është forca e rrymës në fund, kurse I_1 në fillim të intervalit të kohës Δt për të cilin ka ardhur deri te ndryshimi i rrymës. Nëse rryma rritet,

ku I_2 është forca e rrymës në fund, kurse I_1 në fillim të intervalit të kohës Δt për të cilin ka ardhur deri te ndryshimi e rrymës. Nëse rryma rritet,

$I_2 > I_1$, $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ forca elektromotore vete indukuar e kundërshton zvogëlimin e rrymës, pra rryma vet e indukuar ka kahe të njëjtë sikurse edhe rryma që rrjedh nëpër qarkun.

Dy eksperimentet që vijojnë do të na ilustrojnë dukurinë e vet induksionit që vjen në shprehje të gjitha rastet kur nëpër qarkun e rrymës së dhënë ndryshon forca e rrymës, por më e shprehur është gjatë kyçjes dhe ndërprerjes së rrymës. **Eksperimenti 1.** Me veti induksion mund të arrihet tension shumë i lartëprek tensionit të burimit ekzistues të rrymës.

Lidhni qark elektrik si te fig. 1 Teburimi i rrymës prej 6 V paralelisht janë lidhur kalemi L me numër të madh të mbështjellësve dhe llambë T . L që normal ndriçon në 220 V. Gjatë kyçjes të qarkut, llamba do të ndriçon, pasi është kyçur në burimin prej vetëm 6 V. Por, kyçjes, llamba do të ndriçon.

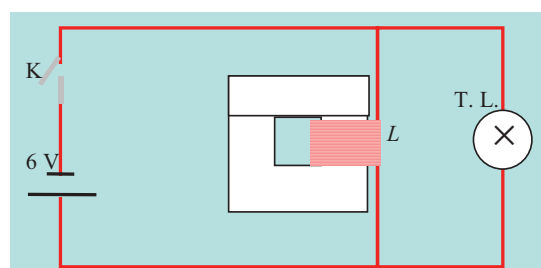


Fig. 1

Cili është sqarimi? Gjatë ndërprerjes së rrymës vjen shpejtë deri te ndryshimi i fluksit magnetik në kalem. Ai ndryshim është shkak i vet induktohet forca elektromotore e rendit të madhësisë së tensionit të ndezjes së llambës.

Eksperimenti 2. Te burimi me tension të drejtë lidhen paralelisht dy llamba të barabarta (fig. 2). Te dega e llambës së parë S_1 është lidh rezistor me rrëshqitës R , kurse te dega me llambën S_2

-kalemi me numër të madh të mbështjellësve dhe bërthamë të hekurit me induktivitet L .

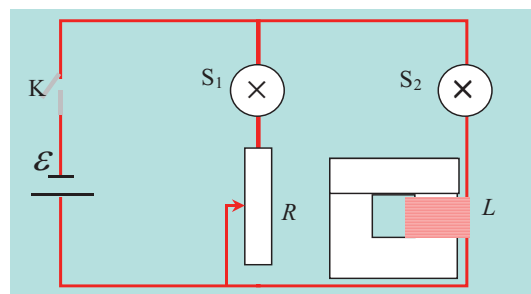


Fig. 2

Me ndryshimin e rezistorit te dega e llambës së parë rregullohen të dy llambat një lloj të ndriçojnë. Kur me ndihmën e ndërprerësit K kyçet qarku, llamba S_1 menjëherë ndriçon, ndërsa llamba S_2 do të ndriçon me vonesë. Kjo është për shkak të forcës elektromotore vet e indukuar e cila në këtë degë është e madhe. Sa më i madh është koeficienti i vet induksionit aq kohë të arrihet ndriçim normal të kësaj llambe do të jetë më e madhe.

Gjatë çdo kyçje dhe të ndërprerjes së rrymës paraqitet forca elektromotore vet e indukuar. Prandaj, te qarku te i cili ka kalem të kyçur, grafiku i varshmërisë së rrymës te varësia e kohës ka formë të dhënë në fig.3.

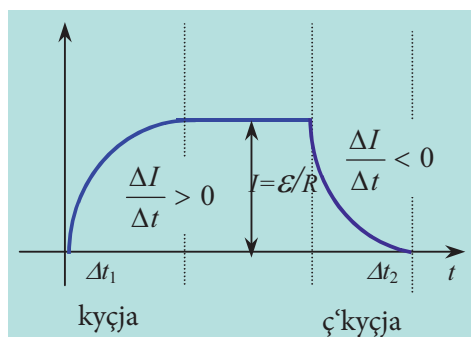


Fig. 3

Gjatë kyçjes së qarkut elektrik, forca e rrymës nuk e arrin menjëherë vlerën që do ta ketë sipas ligjit të Ohmit $I = \epsilon/R$, por pas ndonjë kohe Δt_1 që është aq e madhe sa është forca elektromotore vet e indukuar më e madhe. Gjatë ndërprerjes, për periodë kohore Δt_2 , rryma gradualisht zvogëlohet

deri te vlera zero, pasi atëherë forca elektromotore vet e indukuar është kahëzuar njëjtë si edhe rryma e përhershme.

Induktiviteti

Do ta shfrytëzojmë ligjin për vet induksionin e forcës elektromotore (barazimi 3) që ta sqarojmë madhësinë fizike induktivitetin:

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Prej formulë shihet se:

Induktiviteti është madhësi fizike e cila është e barabartë me forcën elektromotore të vet induksionit që paraqitet te qarku i rrymës në të cilën rryma e ndryshon shpejtësinë prej një amperi në sekondë.

Induktiviteti është madhësi e mgjashme me kapacitetin elektrik, ai varet prej vetive gjeometrike të përçuesit, prej dimenzioneve dhe formës së tij, por nuk varet prej asaj se nëpër përçuesin a rrjedh rrymë ose jo. Induktiviteti, gjithashtu, varet shumë edhe prej permeabilitetit magnetik të mjedisit të i cili gjendet përçuesi. Induktiviteti është proporcional me permeabilitetin relativ magnetik të mjedisit të dhënë k .

Njësia për induktivitetin në SI është henri, (shenja H). *Ndonjë përçues ka induktivitet prej një henri, nëse kur do të jetë i kyçur në qarkun e rrymës me rrymë të ndryshueshme, gjatë ndryshimit të forcës së rrymës prej një amperi për sekondë, te skajet e përçuesit do të vet indukohet forca elektromotore prej një volti.*

Induktiviteti i solenoidit me N mbështjellësa, prej tërthore S dhe gjatësi l , është dhënë me relacionin:

$$L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad (5)$$

μ_r është permeabiliteti relativ magnetik i mjedisit të vendosur te solenoidi.

Prej realcionit (5) shihet prej konstantes magnetike μ_0 shprehet me njësin H/m.

Energjia e fushës magnetike

Do të kthehemi te eksperimenti i skicuar në figurën 1. Gjatë realizimit të tij vërejtëmse pas ndërprerjes së qarkut, llamba e lyer, paralele e lidhur me kalem me induktivitet të madh, ndriçon. Pyetemi: a e ndërpre burimin? Prej ku energjia për ndriçimin e llambës?

Mundet të supozojmë se te kalem ka ekzistuar energji magnetike e cila ka qenë e akumuluar dhe e cila pas ndërprerjes shpenzohet për ndriçimin e llambës.

Treguam, gjithashtu, se gjatë kyçjes rryma është e ndryshueshme, dhe atëherë forca elektromotore e vet induksionit kundërshton rritjen e rrymës. Kjo do të thotë se që të vendoset rryma te kalem, kurse me të edhe fusha magnetike, duhet të përballohet forca elektromotore e vet induksionit. Nëse madhësia mesatare e forcës elektromotore të vet induktivitetit është \mathcal{E}_s , por nëpër qarkun ka kaluar mbushja Q , atëherë puna e cila duhet të kryhet për përballimin e f.e.m. të vet induktivitetit të Q \mathcal{E}_s , Ajo punë është shndërruar në energji magnetike në kalem.

Pasi ndryshimet e rrymës gjatë kyçjes dhe ndërprerjes janë paraqitur me varësinë e përbërë (shih fig. 3) realizimi rigoroz i relacionit të energjisë magnetike nuk është e thjeshtë, pra nekëtu do ta japim atë relacion si të gatshme:

$$W_m = \frac{LI^2}{2} \quad (6)$$

Energjia e fushës magnetike W_m të qarkut të dhënë është në proporcion të drejtë me induksionin e tij L dhe katrorin e rrymës te qarku (I^2).

Gjatë ndërprerjes së qarkut, energjia magnetike shpenzohet për indukimin e f.e.m të vet induksionit që shkakton rrjedhje të rrymës edhe një periode pas ndërprerjes.

Pasi induktiviteti i kalemëve me bërthama feromagnetike është shumë e madhe, te qarku me elek

tromagnete, energji të fushës magnetike të atillë është shumë e madhe.

Me dendësi të energjisë magnetike (ngjashëm sikurse në elektrostatikë) nënkuptohet energji të njësi vëllimi prej fushës.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do të sqaroheni, pse gjatë ndërprerjes së shpejtë të ndonjë konsumuesi të rrymës, ndërmjet ndërpresit dhe kyçjes del xixë?

2. Telat te rezistorët mbështjellen në mënyrë bifilare (të dy skajet etelit bashkohet dhe pasteaj së bashku mbështjellen). A e dini pse eliminohet mbështjellja e atillë?

Shembull detyrë

1. Nëse te paraqitja grafikr e forcës së rrymës varësisht prej kohës është e atillë sikurse te fig. 4a, kurse qarku nëpër të cilin rrjedh rrymë është me induktivitet $L=1$ H, të vizatohet grafiku përkatës i forcës elektromotore të vet induksionit, sikurse dhe të caktohet madhësia e tij.

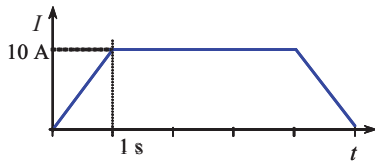


Fig. 4a

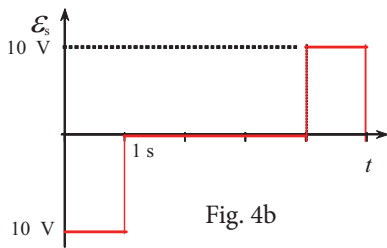


Fig. 4b

Zgjidhje:

$$\epsilon_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} = -L \frac{I_2}{\Delta t}$$

Pasi është $I_2=10$ A, kurse Δt edhe gjatë rritjes dhe zvogëlimit të rrymës është 1 s, për forcën elektromotore të vet indukuar fitohet sipas vlerës absolute madhësia e njëjtë prej 10 V (fig. 4b), por gjatë rritjes ajo është negative, kurse gjatë zvogëlimit rryma-pozitive, njëjtë sikurse rryma. Gjatë kohës kur rrjedh rryma nuk ndryshon forca elektromotore e vet induksionit është zero.

4. Caktoni energjinë e fushës magnetike me $N=250$ mbështjellësa, nëse gjatësia e tij është 12 m, kurse prerja tërthore është në formë të katrorit me brinjë prej 6 cm, nëse nëpër arë rrjedh rrymë prej 5 A.

Zgjidhje

Është dhënë:

Kërkohet: $W_m = ?$

$N=250$ $l=0,12$ m

$a=0,06$ m $I=5$ A

Së pari duhet të vëcaktohet induktiviteti i solenoidit.

$$L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

Kur do të futen vlerat numerike, fitohet

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250^2 \cdot 0,06^2}{0,12} = 23,6 \cdot \mu\text{H}$$

Energjia do të jetë

$$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{23,6 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2}{2} = 295 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Jepni domethënie këtyre koncepteve themelore. Atje ku është nevoja përmend shembuj

- vetinduksioni
- forca elektromotore i vet induktimit (firca elektromotore e vet indukuar)
- ligji për vetinduktim
- induktiviteti
- henri
- induktiviteti i solenoidit

18.4. ZBATIMI I INDUKSIONIT ELEKTROMAGNETIK

Induksioni elektromagnetik ka zbatgim të gjerë. Shpesh thuhet se zbulimet e Faradeit në zhvillimin e civilizimit të sotshëm.

Gjeneratorët e rrymës alternative

Këtu do të përmendim vetëm disa zbulime më të rëndësishme teknike të cilat bazohen në dukurinë. Së pari, jeta e sotshme nuk është e mundshme pa gjenerimin r rrymës. Te centralet e sotshme

shfrytëzohen gjenerator për rrymën alternative. Princi i punës së një gjeneratori të atillë është rrotullimi i kornizës së përçuesit (spirales) në fushën magnetike, ku në realitet vjen në shprehje dukuria e FEM për shkak të lëvizjes së përçuesit në fushën magnetike. Ekspërimenti nga fig. 1, tregon se kur me dorë e rrotullojmë kornizën, galvanometri i lidhur nëpërmjet furçave tregon lëkundje të përhershme të rrymës. Kuptohet te gjeneratori rrotullimi fitohet nëpërmjet turbinave dhe shpejtësinë këndore është më e madhe. Por, në princip. ekspërimenti e sqaron skemën e gjeneratorit.

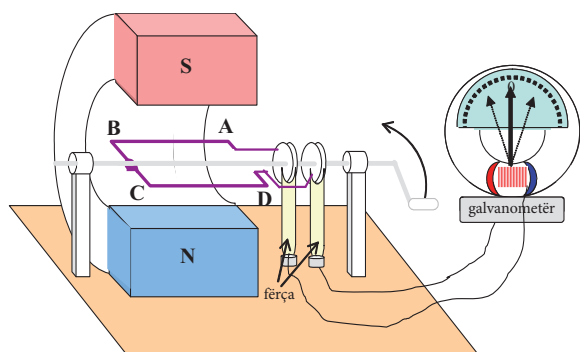


Fig. 1

Edhe gjeneratorët trefazor gjithashtu bazohen në principin e njëjtë.

Gjenerimi i rrymës trefazore është paraqitur në figurën 2. Gjeneratori për rrymën trefazore përbëhet, njëjtë sikurse edhe gjeneratori i rrymës monofazë prej statorit dhe rotorit. Statori ka tre spirale boshtet e të cilëve janë vendosur nën këndin prej 120° njëra në lidhje me tjetrën. Nga njëri skaj prej çdonjëres spirale të statorit përcillet rryma deri te konsumatori, kurse skajet tjera janë të lidhura ndërmjet veti në një përçues, të cilët zakonisht quhet përçues. Lidhja në përçuesin zero mundëson numri i përçuesëve, të cilët gjatë bartjes deri te konsumatori prej çdo spirale do të jetë $3 \times 2 = 6$, të silltet në 4.

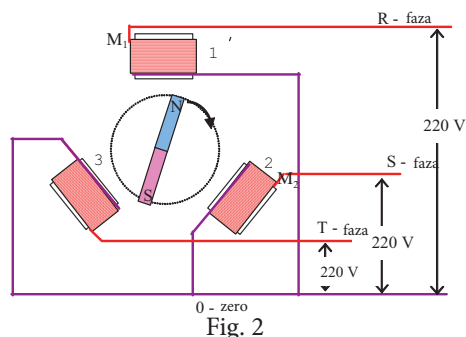


Fig. 2

Zvogëlimi i numrit të përçuesëve prej 6 në 4, bëhet, sikurse është paraqitur në figurën 2, që skematikisht paraqitet me të ashtuquajturën lidhje „yllëz“ (fig. 3)

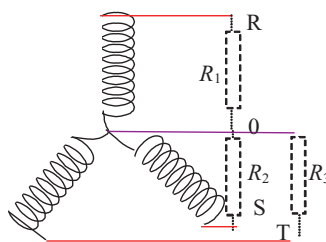


Fig. 3

Ndërmjet spiraleve të statorit gjendet rotorit, që zakonisht është elektromagnet, i furnizuar me burim të rrymës së përhershme, ashtu që luan rolin e njëjtë sikurse të jetë atje i vendosur magnet i përhershëm. (Për të kuptuar më mirë, te figura është vizatuar magnet i përhershëm).

Gjatë rrotullimit të rotorit, çdo pol e elektromagnetit së pari kalon pranë spirales së parë (1), pra pas kalimit të kohës është e nevojshme të bëhet $1/3$ e rrotullimeve, kalon pranë të dytit (2), derisa pas kohës prej $2/3$ e kohës është e nevojshme për një rrotullim, kalon pranë spirales (3).

Nëse koha që është e nevojshme të bëhet një rrotullim është perioda T, atëherë te çdo njëra spiraleve do të indukohet FEM me vonesë prej $1/3$ T, në lidhje me spiralen paraprake (fig. 4). Fazat zakonisht shënohen me R, S dhe T. Gjatë rrotullimit të mëtuqeshëm të rotorit, kjo rregullisht përsëritet. Kjo do të thotë se tensioni i indukuar te spiralet mund të paraqitet me grafikun që është dhënë në fig. 4.

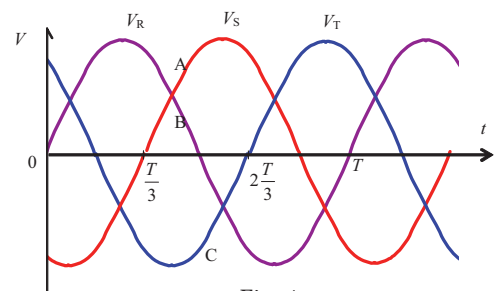


Fig. 4

Tensionet e fituara te të tre spiralet janë të barabarta, vetën që në të njëjtën kohë nuk arrihen rrymat maksimale, as vlerat zero. Ato tensione tge rryjeti ynë i qytetit është 220 V. Tensioni ndërmjet fazave, tensioni ndërmjet fazave domethënë, ndërmjet përçuesëve R dhe S, R ose, R dhe T ose S dhe T është 380 V.

Kjo do të thotë gjatë bashkimit të gjeneratorit në lidhjen „yllë“, mund të fitohen dy lloje të tensioneve. Nëse rrjeti është i hapur konsumuesit R_1 , R_2 dhe R_3 dhe kjo ashtu që $R_1 = R_2 = R_3$ (ngarkesë simetrike, në atë rast nëpër të gjitha fazat R, S, dhe T do të rrjedh e njëjta rrymë dhe nëpër të njëjtin përçues dhe përçuesi zero nuk do të rrjedh nuk do të rrjedh rrymë.

Transformatorët

Transformatori njëjtë punon në principin e induksionit elektromagnetik. Ai përbëhet prej dy qarqeve-primare (hyrëse) që është e lidhur me burimin e rrymës dhe sekundare (dalëse), që është e lidhur me konsumatorin. Qarku primar dhe sekundar janë mbështjell në bërthamën e përbashkët të hekurit (shiko fig. 2). Kur qarku primar do të kyçet në burimin e tensionit alternativ, nëpër rrymën me ndryshim sinusoidale të madhësisë. Për shkak të karakterit të ndryshueshëm të rrymës te bërthama krijohet fushë magnetike e ndryshueshme. Kjo fushë e ndryshueshme magnetike është shkak për indukimin e tensionit të indukuar alternativ te qarku sekundar (fig. 5). Raporti ndërmjet tensionit të qarkut primar U_p dhe tensionit të qarkut sekundar U_s të mbështjellësve është i barabartë me raportin ndërmjet numrit të mbështjellësve n_p të spirales primare dhe numrit të mbështjellësve të spirales sekundare n_s :

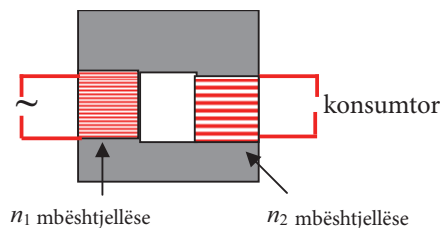


Fig. 5

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

Pasi mundet të llogaritet se fuqia P të primarit $P_p = I U_p$ është e barabartë me fuqinë e sekundarit $P_s = I_s U_s$ (nëse eliminohen humbjet e energjisë), për transformatorët vlejné barazimet:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s} \quad ; \quad U_p I_p \approx U_s I_s$$

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad ; \quad \frac{I_p}{I_s} = \frac{n_s}{n_p}$$

Nëse numri i mbështjellësve te primari është më i vogël se numri i mbështjellësve te sekundari, tensioni te primari transformohet në tension më të lartë ($n_p < n_s$ dhe $U_p < U_s$), por atëherë intensiteti i rrymës te primari është më i fortë se rryma te sekundari $I_p > I_s$. E mundshme është edhe anasjelltas, me transformatorin tensioni të zvogëlohet, kurse intensiteti i rrymës të zmadhohet. Kjo ndodh te transformatorët me $n_p > n_s$.

Ekzistojnë edhe shumë instrumente tjera në teknikë ku dukuria e shfrytëzuar induksioni elektromagnetik: instrumentet matëse, gjatë transmetimit të valëve elektromagnetike (radio dhe TV-valëve), njehsorëve për energjinë elektrike, furrat indukuese, induktorë, trenat elektrik dhe shumë, shumë të tjerë.

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore

- gjenerator për rrymën -rrymat trefazore
- alternative -motor trefazor
- transformatori

19.1. PËR NATYRËN E RADIOVALËVE

Koncepti për spektrin e valëve elektromagnetike. Radiovalët si pjesë e atij spektri

Valët elektromagnetike janë valët të cilat çdo ditë i hasim. Dritën që e shohim është vetëm një pjesë e vogël nga diapazoni i gjërë i valëve elektromagnetike.

Kur dëgjojmë radio, shohim televizion, e ngrohim ushqimin me furrë mikrovalore ose flasim në telefon mobil na i shfrytëzojmë valët elektromagnetike. Ndoshta duket e çuditshme, por edhe kur në dimër gjendemi direkt pranë koforit për t'u ngrohur po ashtu shfrytëzojmë valë elektromagnetike.

Cili është dallimi ndërmjet të gjithë këtyre valëve?

Dallimi ndërmjet llojeve të ndryshme të valëve ka të bëjë me gjatësinë e valëve të tyre. Gjatësia e valëve të rrezatimit elektromagnetik ndryshon shumë, nga madhësitë afërsisht të barabarta me lartësitë e maleve, dhe deri në madhësitë të barabarta me dimensionet e bërthamës së atomit sikurse është gjatësia e valëve të rrezatimit gama. Në figurën 1 është dhënë paraqitja vizuale e diapazonit të rrezatimit të valëve elektromagnetike dhe gjatësitë e valëve të tyre përkatëse.

Nëse vala ka gjatësi valore të caktuar asaj i përgjigjet frekuenca f e caktuar me:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

ku v është shpejtësia e përhapjes së valëve në një mjedis të caktuar. Për vakumin ky barazim është

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

ku shpejtësia e të cilit do lloj rrezatimi elektromagnetik është e barabart me shpejtësinë e dritës c .

Sikurse mund të shihet një pjesë e diapazonit të spektrit të rrezatimit elektromagnetik

i takon radiovalëve. Te fig. 2 është dhënë paraqitja orientuese e diapazonit të radiovalëve.

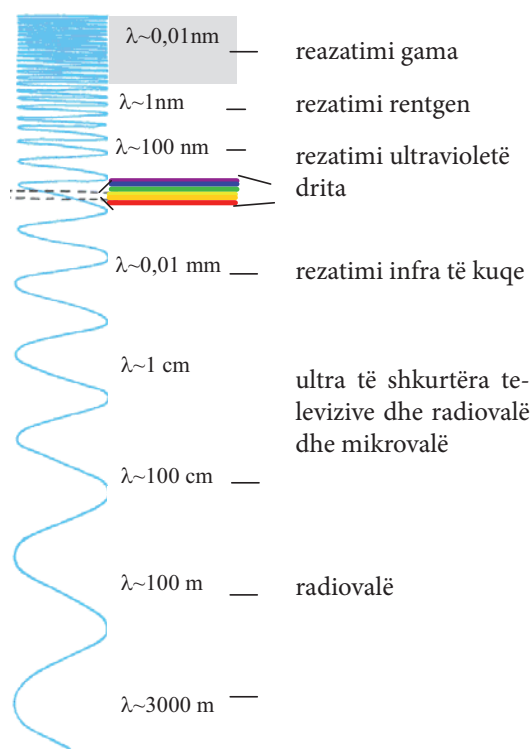


Fig. 1

Radiovalët janë valë elektromagnetike me gjatësi valore më të gjata. Gjatësia e tyre valore është ndërmjet 3 km dhe 30 cm. (fig. 2)

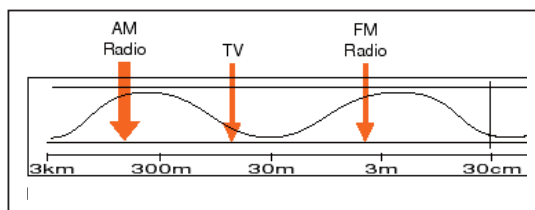


Fig. 2. Diapazoni i radiovalëve

Numër i madh i objekteve që na rrethojnë i shfrytëzojnë radiovalët (fig. 3).

Objektet në gjithësi, planetet dhe kometet, mjegullirat gjigante prej gazit dhe pluhuri, yjet dhe galaktika emetojnë valë elektromagnetike

me gjatësi valore të ndryshme. Disa prej tyre kanë kanë gjatësi valore me kilometra.



Fig.3. Radio, televizioni dhe telefonat celular janë instrumente ku i shfrytëzojmë radiovalët

Këto objekte të gjithësisë hulumtohen me radioteleskop astronomik. Pasi gjatësia valore e këtyre valëve është shumë e madhe radioteleskopet paraqesin pasqyra metalike të mëdhaja me diametë të rendit të madh të dhjetë metrave, që i reflektojnë radiovalët në fokusin e teleskopit të atillë.

Që të fitohet pasqyrë më e qartë, shpesh shfrytëzohen kombinim prej disa pasqyrave reflektuese. Ato së bashku funksionojnë si një sipërfaqe syprina e së cilës është e barabartë me shumën e të gjithave (fig. 4).

Shumë objekte astronomike emetojnë radiovalë, por atë fakt astrofizikanët e kanë zbuluar në vitin 1932, prej të cilës kohë edhe filloj të zhvillohet radioastronomia. Radioastronomia ka përparësi sepse në huëumtimet e saj nuk ndikojnë kushtet kohore.

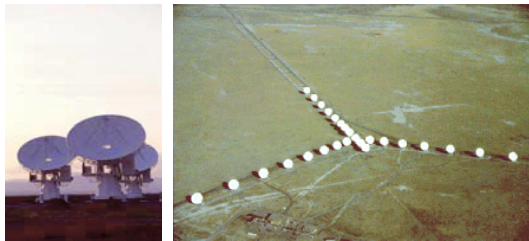


Fig.4. Majtas shumë antena; djathtas është radio observatorria në Meksikën e Re VLA (Very Large Array) e cila përbëhet prej 27 antenave të vendosura sikurse në figurë me dimensione 36 km çdo krah. Në realitet VLA është interferometër

Te pjesa e radiovalëve bën pjesë edhe mikrovalët.

Mikrovalët kanë gjatësi valore prej rendit të madh centimetra (fig. 5).

Këto valë përveç te furra mikrovalore shfrytëzohen edhe te radari (fig. 6)

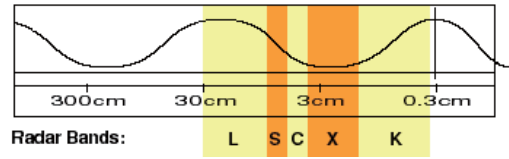


Fig. 5. Zona mikrovalë



Fig. 6. majtas - Furra mikrovalë; djathtas-antena radare

Radari krijon figurë nëpërmjet pasqyrit të mikrovalës nga një objekt.

Mikrovalët janë të përshtatshëm për bartjen e informatave nga një vend në tjetrin (biseda telefonike, të dhënat kompjuterike et.) meqenëse nuk e humbin energjinë në mjegulë, borë, rretë. Për këtë arsye ato shfrytëzohen për fotografimin e Tokës nga sateliti.

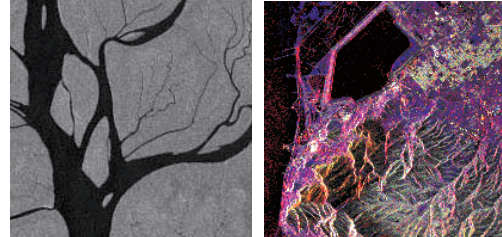


Fig. 7

Te fotografa prej fig. 7 janë dhënë: majtas lumi Amazon (Brazil) e fituar me valë me $\lambda = 20$ cm prej sateliti dhe fotografa e radarit te disa male në afërsi të Salt Leik Siti Леик Сити (djathtas) e fituar prej Space Shuttle .

Do të përmendim, gjithashtu, se në vitet gjashtëdhjeta të shekujllit të kaluar, u zbulua rrezatimi mikroval që ekziston në tërë kosmosin si fon kosmik. Për astrofizikanët ajo ishte domethënënie e madhe . Për vërtetimin e teorisë së njohur Big Beng për parafillimin e gjithësisë.

19.2. SPEKTRI I RADIOVALËVE

Dadiovalët, edhe pse vetëm një pjesë e vogël prej spektrit të rrezatimit elektromagnetik gjithashtu ndahen në zona të vogla. Te tabela më poshtë janë dhënë zonat të radiovalëve so të shfrytëzuara Zona valore në hapësirë të frekuencave prej 3 Hz deri 300 GHz

Shkurtesa anglisht (emri)	Emri	Frekuenca	Gjatësia valore	Zbatimi teknik
ELF (Extremely Low Frequency)		3 Hz - 30 Hz	10 Mm - 100 Mm	komunikimi me nëndetëse
SLF (Super Low Frequency)		30 Hz - 300 Hz	1 Mm - 10 Mm	komunikimi me nëndetëse
ULF (Ultra Low Frequency)		300 Hz - 3 kHz	100 km - 1 Mm	radio, orë radike,
VLF (Very Low Frequency)	valët mirimijatrike	3 kHz - 30 kHz	10 km - 100 km	radio navigacioni
LF (Low Frequency)	valtë e gjata (DV), valët me kilometra	30kHz- 300kHz	1 km - 10 km	radio
MF (Medium Frequency)	valët e mesme (SV), valët hektometrike	300 kHz - 3 MHz	100 m - 1 km	radio radio, televizioni, radari
HF (High Frequency)	valët e shkurtëra (KV),	3 MHz - 30 MHz	10 m - 100 m	televizioni, telefoni lëvizës (p.sh., GSM), furrat mikro- vale,
VHF (Very High Frequency)	valët dekametrike			
UHF (Ultra High Frequency)	valët ultra të shkurtëra(VUSH),	30 MHz- 300 MHz	1 m - 10 m	rrjetat kompjuterike pa tel (p.sh.,WI-Fi)
SHF (Super High Frequency)	valët metrike mikrovalët, valët decimetrike	300 MHz - 3 GHz	1 dm - 10 dm	radar, lidhje të orientuara,
EHF (Extremely High Frequency)	valët centimetrike	3 GHz - 30 GHz	1 cm - 10 cm	televizioni satelit
	valët milimetrike	30 GHz - 300 GHz	1 mm - 10 mm	lidhje të orientuara

Marrun prej „http://hr.wikipedia.org/wiki/Radio_valovi“

Sqaro këto koncepte:

- valët elektromagnetike
- mikrovalët

Pyetje, detyra, aktivitete

- 1.Njehso frekuencat e radiovalëve më të gjata (fig. 2).
- 2.A mundet të thuhet se radiovalët janë valë drite?
- 3.Cilat janë përparësitë e radiofizikës në lidhje me astrofizikën optike?
4. Kërkoni në bibliotekë literaturë për atë se si janë opservatoriumet astronomike ekzistojnë dhe zgjeroni njohuritë tuaja për zbatimin e llojeve të ndryshme të rrezatimit elektromagnetike në astronomi.

19.3. RADIOTRANSMISIONI

Prej studios televizive shkojnë për së gjalli dhe njëkohësisht mund të shihen shikuesit prej gjithë Tokës. Sot nuk mundet tani më të mendohet pa telekonikimet e nivelit të zhvillimit të sotshëm, radio, televizioni, transmetimi satelitor të informartave, ineneti, telefonat mobil pra edhe SGP (sistemi global pozicionues).

Zhvillimi i telekomunikimit siguron afri-min e njeriut me njeri, zmadhimi i informatave për ngjarjet në botë, dispozicioni i literaturës botërore nëpërmjetinternetit në shtëpitë tuaja. Telekomunikimet janë ato që gradualisht e shndërrojnë botën në një „fshat global“.

Telekomunikimet, në përgjithësi, paraqesin përcjelljen e informatave (fotografi ose zërin) në largësi nëpërmjet telit ose nëpërmjet rrugës pa tel (me ndihmën e valëve elejtmagnetike).

Elementet e radioteknikës

Shfrytëzimi i radiovalëve për përcjelljen e informatave nëpërmjet rrgës pa tej ka filluar në fillim të shekullit XX, pasi Flemingu e mendoi diodën e

vakumit dhe më vonë, Li DE Forest e mendoi triodën. Zhvillimi i kësaj disipline teknike deri më ditën e sotshme është intenzive dhe është kusht kryesor pre përparimit të fizikës të gjysmëpërçuesëve dhe mikroelektronika.

Radioteknika bazohet në prodhimin, emetimin dhe pranimin e radiovalëve. Është e domosdoshme studimi edhe i kushteve dhe nënyrën e përhapjes së radiovalëve.

Emërat e zbuluesit Popov dhe Markov janë të lidhur me zbatimin e parë të sukseshëm të valëve elektromagnetike për bartjen e informatave. Kontribut të madh e të rëndësishëm ka dhënë edhe shkançetari Nikolla Tesla.

Për mbajtjen e radiovalëve është e domosdoshme ekzistimi i dhënësit dhe pranuesit. Dhënësi përbëhet prej instrmenteve që prodhojnë oscilime elektromagnetike sinuse (oscilator), modulator, përforcues dhe antenë dhënëse. Antena paraqet përçues metalik që është kyçur për përforcuesin te i cili ngacmohen oscilimet elektrike me fuqi të madhe ku ndodhin oscilime elektromagnetikeqë shpërdahen në hapësirë në formë të valëve elektromagnetike (radio).

Pranuesi i këtyre valëve, gjithashtu, duhet të kenë antenë, përforcues, demulator dhe shndërrues (altoparlant).

Oscilimet elektromagnetike të emetuara te antena pranuese indukojnë oscilime elektrike me frekuencë të lartë me fuqi shumë të vogë.. Kështu, oscilimet e dobëta pastaj me ndihmën e përforcuesit përforcohen, ashtu që fuqia etyre pas demulacionit të kryer është mjaft e madhe të shkakton efekt te shndërruesi (për shembull, të lëviz membranën e altoparlantit).

Te mjedisi homogjen valët elektromagnetike shpërdahen drejtvizorisht. Largësia deri te cila mund të arrijnë për shkak të mëshehtësisë së Tokës është relativisht e vogël (dhjetë kilometra).

Megjitatë, qysh me eksperimentet e para të Markonit, të emetuara në Evropë, janë pranuar edhe në Amerikën Verore.

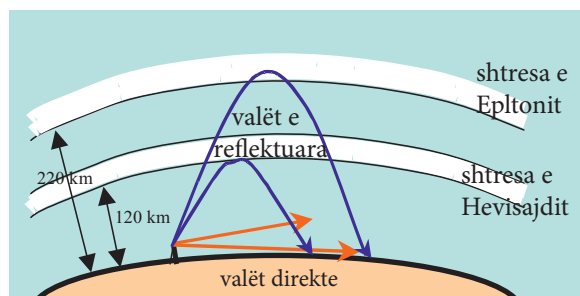


Fig. 1. Reflektimi i radiovalëve prej jonosferës.

Sqarimi ka arritur diçka më vonë prej Hevisajd, që e sqaroi pranimin nëpërmjet refleksionit të valëve elektromagnetike nga Toka prej shtresave të sipërme të jonizuara të atmosferës (fig. 1). Më vonë Epëltoni tregoi se ekzistojnë më tepër kësaj shtresa jonizuese të atmosferës, që ekrijonë jonosferën në lartësi nga 60 deri 300 kilometra. Jonizimi i këtyr shtresave ajrore krijohet nga rrezatimi kozmik dhe rrezet e Diellit. Duke falenderuar pasqyrimin të radiovalëve nga këto shtresa është mundësuar përhapja dhe pranimi i tyre në lartësi disa mijëra kilometra nga emetuesi.

Radioja. Modullimi dhe demodulimi

Zona frekuenciale e zërit është nga rreth 20 deri rreth 20 000 Hz. Për bartjen e informatave të zërit në largësi të mëdha është i nevojshëm shndërrimi i zërit, i cili paraqet lëkundje mekanike, në lëkundje elektrike dhe madje në valë elektromagnetike. Në mikrofon lëkundjet e zërit shndërrohen në lëkundje elektrike sinkrone të rrymës. Sinjali i zërit shndërrohet në sinjal elektrik. e këtë rast fitohen lëkundje elektrike, të cilët do të mundet të përhapen në largësi në formë të valëve elektromagnetike. Por, valët elektromagnetike me këso frekuenca të ulta nuk janë të përshtatshme për mbajtjen e radiolidhjeve.

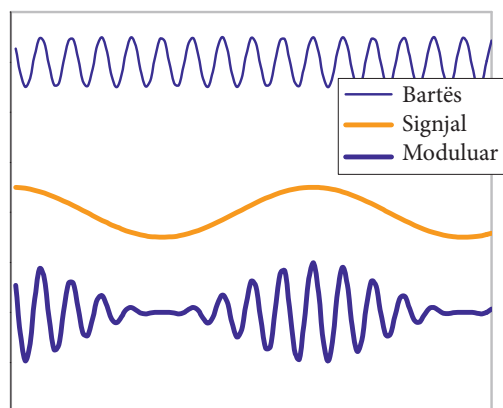


Fig. 2. Modulimi në amplitudë: vala bartëse signjali dhe vala e modular. Signjali është një ton i valës së zërit

Ky problem është zgjidhur ashtu që, lëkundjet me frekuencë të lartë (me madhësi 1 000 000 Hz) shfrytëzohen si valë bartëse, ndërsa këto futen lëkundjet me frekuencë të zërit (sinjalit). Ky proces është i njohur si **modulim** dhe ngjanë në pjesën e **radiodhënësit**, i cili quhet modulator. Me këtë rast përfitohen lëkundje me frekuencë të lartë të moduluara, amplituda e të cilës gjatë kohës ndërrohet në mënyrë sinkrone me ndryshimet e sinjalit të zërit (fig. 2). Pas përforcimit, sinjali i modeluar me frekuencë të lartë përcillet në **antenën dhënëse**, cila rrezaton valë elektromagnetike të moduluara.

Në **antenën pranuese** këto radiovalë me ndihmën e qarkut rezonant kapen (pranohen) dhe në këtë rast të rezonancës indukohet forcë elektromotore maksimale. Kështu do të rrjedh rramë e cila ka të njëjtën formë (amplitudë dhe frekuencë) si edhe vala e modular (fig. 2). Meqenëse rryma ka frekuencë të lartë, ajo nuk mund të ngacmoj lëkundje në membranën e altoparlantit ose degjuesëve, prandaj është e nevojshme komponenta e zërit (sinjali) që është futur (modular) në valën bartëse të ndahet, dhe vetëm sinjali të lëshohet nëpër altoparlantin për ta lëvizur membranën.

Procesi i shkëputjes së sinjalit të zërit nga vala bartëse është i njohur si **demodulim**, i cili mund të arrihet menjë diodë drejtuese gjysmëpërçuese ose vakum diodë (fig. 4). Në këtë mënyrë nëpër

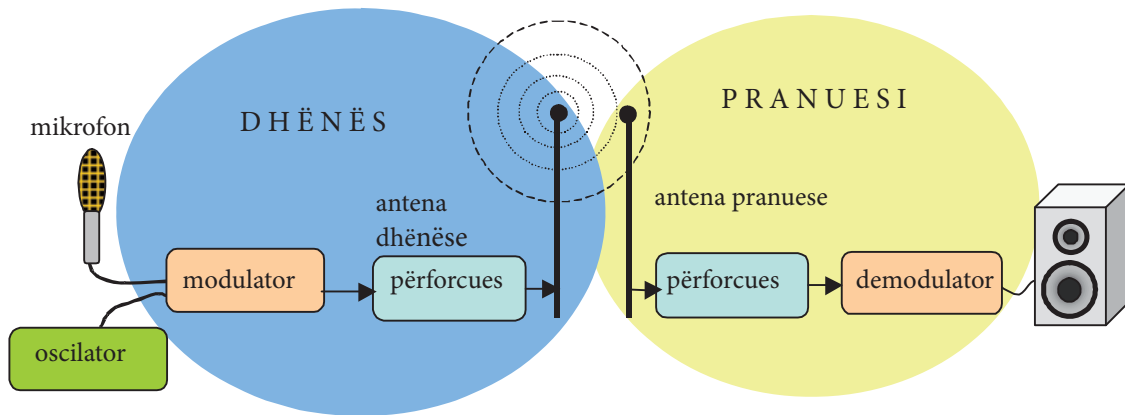


Fig. 3. Bartja e zërit në largësi. Princiipi i radios.

dëgjueset vjen vetëm komponenta njëkahëshe (oscilime elektrike vetëm në një kahe).

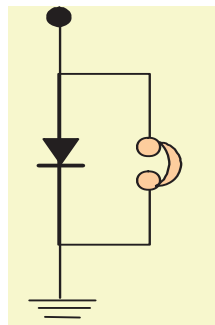


Fig. 4. Demodulator me diodë gjysmëpërçuese

Komponenta me frekuencë të lartë amortizohet me ndihmën e induktivitetit që ekanë dëgjueset (Kujtohu se rezistenca induktive është proporcionale me frekuencën dhe induktivitetin $R_L = \omega L$), prandaj për induktivitet më të madh dhe frekuencë të lartë, vala bartëse amortizohet. Në këtë mënyrë kalon vetëm komponenta e demoduluar me frekuencë të ulët. Membrana e altoparlantit fillon të lëkundet me atë frekuencë dhe prodhon zërin. Zëri kështu i pranuar duket krejtësisht i thjeshtë, por mund të ekziston vetëm kur fuqia e sinjalit të cilën e pranon antena është mjaft e madhe dhe kur kuziston vetëm një brim i lëkundjeve elektromagnetike. Nëse njëkohësisht ekzistojnë shumë valë

të këtilla në hapësirë me frekuenca të ndryshme bartëse, atëherë si do të ndahet ajo që dëshirojmë ta pranojmë? Shkëputja e këtillë bëhet me **rregullim të marësit (pranuesit)**, në gjatësi valore të caktuar. Rregullimi arrihet në atë mënyrë që sinjali nga antena bartet në qarkun lëkundës të marrësit (fig. 5).

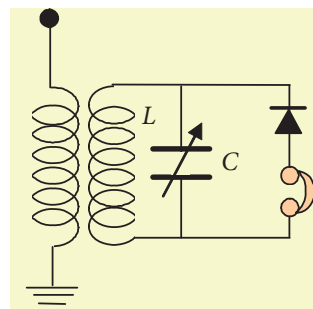


Fig. 5. Selektimi i frekuencës së dëshiruar. Nëse dëshironi ta dëgjoni programin e parë të radios së Maqedonisë duhet ta rregulloni marrësin në 820 kHz

Qarkulëkundës është i përbërë prej bobinës me induktivitet (L) dhe kondenzator me kapacitet të ndryshueshëm (C). Kështu frekuenca vetiake e qarkut është:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Duke ndryshuar kapacitetin C (barazimi 1) rregullohet frekuenca vetiake e lëkundësit të barazohet me frekuencën e radiovalëve, që do të thotë arrihet rezonancë, prandaj në këtë rast tensioni i indukuar është maksimal. Për këtë arsye rryma me frekuencë të lartë do të bëhet më e madhe. Njëkohësisht, përtëgjitha frekuencat tjera që arrijnë te antena marrëse tensioni i ndukuar do të jetë ivogël dhe ato nuk do të shkaktojnë lëkundje të membranës dhe nuk do të dëgjohen.

Përforcuesi

Intesiteti i rrymës pasi është bërë demodulimi shpesh herë është i dobët dhe nuk mund të lëviz membranën e altoparlantit, prandaj është e nevojshme që sinjali të përforcohet. Përforcimi, më parë, është bërë me llamba elektronike, ndërsa sot edhe me tranzistorët. Një **përforcues** i tillë i thjeshtë i fuqisë me MOSFET tranzistor që gjendet në ndërlidhjen e një radiomarrësi është dhënë nëskemën e fig. 6.

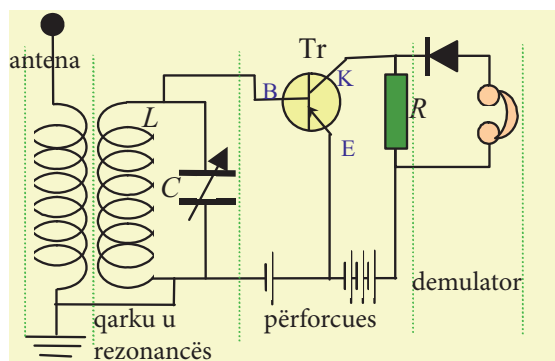


Fig. 6. Përforcues me ndërlidhje të radiomarrësit

Vala e selektuar e moduluar silllet në hyrje të një përforcuesi me tranzistor ndërmjet emetuesit dhe bazës. Dalja i këtij përforcuesi merret ndërmjet emetuesit, i cili është i përbashkëtedhe për hyrjen edhe për daljen, dhe kolektorit si rrymë e përforcuar në skajet e një rezi-

stori R. Rryma që rrjedh nëpër rezistorin ndërrohet në ritmin e rrymës që sjellet në hyrjen e përforcuesit me tranzistor, por është disa herë e përforcuar. Kështu e përforcuar ajo madje demodulohet (diodën dhe elementin induktiv të dëgjuesve). Lëvizja e membranës së altoparlantit (ose dëgjueseve) shkakton vetëm komponentë të demoduluar e cila ndërrohet në ritmin e frekuencës së zërit.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do ta shpjgoni dukurinë në vendet ku nuk dëgjohen radiovalët e shkurtëra?
2. Pse nuk dëgjohet, ose pak dëgjohet, radioja në tunel?
3. Si duhet të ndryshohet kapaciteti i kondenzatorit të qarku pranues, nëse dëshirojmë të dëgjojmë radiostacion me gjatësi valore të mëdha?
4. Si e shpjgoni reflektimin e e radiovalëve nga joosfera?
5. Gjeni cila është frekuenca e radiostacionit lokal më të afërt. Kyçeniradioon tuaj.
6. Organizoni një vizitë të ndonjë radiostacioni në afërsi të shkollës tuaj.
7. Në historinë e radiotransmisionit rol të madh ka pasur edhe Nikolla Tesla. Kërkoni në bibliotekë libra, ose në internet veb faqe përkatse dhe lexoni gjerësisht për eksperimentet e tij për radiovalë.

Sqaroni këto koncepte

- dhënës
- pranues
- demodulator
- përforcues
- modulator

19. 4. KUPTIMI PËR TRANSMETIMET TELEVIZIVE. TELEFONI CELULAR

Për tu realizuar transmetimi televiziv, njëjtë si kurse edhe te transmetimet e radios, duhet të ekzistoj dhënës dhe pranues televiziv . Te dhënësi sigurohet fitimi i valës elektromagnetike i cili e bart informatën për fotografinë e inçizuar dhe zërin që e përcjell.

Fotografia mund të transmetohet pasi që paraprakisht fytyra optike do të shndërrohet në shënim elektrik, kurse këtë e mundësojnë shndërruesit elektro-optik ose kamerat televizive.

Principi i transmetimit të fotografisë në largësi është ientik me transmetimin e zërit. Te televizioni ekziston nevoja prej transmetimit të njëkohësishëm të zërit dhe fotografisë. Kjo arrihet me atë që fotografia futet te vala bartëse si modulim amplitudë modulimi (AM). Kurse zëri futet si frekuencë modulimi (FM). Te figura 1 është paraqitur skema e AM dhe FM.

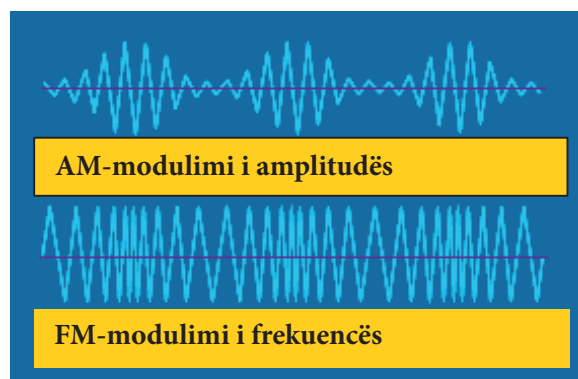


Fig. 1. Modulimi i amplitudës dhe frekuencës

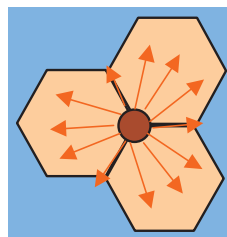
Njëra prej pjesëve themelore të dhënësit është kamera televizive, me ndihmën e të clës fotografia shndërrohet në signal elektrik.

Signali që fitohet prej kamerës futet (modulohet) në valën bartëse - UHF (frekuenca ultra e lartë) dhe si e atillë emitohet në hapësirën prej dhënësit televiziv. Prej antenës dhënëse rrezatohen valët elektromagnetike të cilat e bartin informatën për fotografi në të gjitha drejtimet. правци. Transmetimi televiziv është i mundshëm vetëm me ndi-

hmën e valëve në zonën ultra të shkurtër. Valët e atilla përhapen drejtëvizorisht. Prandaj është e mundshme të vendosen antena televizive, të cilat do t'i pranojnë dhe bartin në largësi të mëdhaja. Në vendin tonë ka shumë antena releje të atilla, prej ku mund të pranohen signale prej shumë pranuesëve televiziv. Risiverot (pranuesi) prej TV aparatit e mbledh prej antenës valën elektromagnetike. Signali që e bart fotografinë ndahet prej valës bartëse dhe shndërrohet në rrym të ndryshueshme (vetëm në signal). Kjo rrymë pastej përcillet deri te pjesa prej gypit katodik që e kontrollon intensitetin e rrymës së tufës elektronike te gypi katodik televiziv. Është bërë ashtu që tufa televizive njëkohësisht kalon mbi ekranin televiziv njëkohësisht sikurse atë që e bënte tufa elektronike te kamera. Ajo fotografinë që ka qenë e inçizuar iemetuar riprodhohet besnikëriht.

Telefoni celular

Telefoni celular nuk asgjë tjetër përveç radio në minijatur e softcikuuar dykahëshe. Principi i telefonit celular qëndron në atë që tërësia teritoriale (për shembull shteti) ndahet në qeliza (cells), pra prej atje dhe meri popullor për telefonat celular CLD (cell phones). Për këtë qëllim zona ndahet në qeliza me formë të gjashtëkëndëshave të rregullt me syprinë prej afërsisht 26 kilometër katror (fig. 2).



Çdo qelizë ka stacionin bazik që përbëhet prej kullës së antenës (fig. 3) dhe ndërtesë të vogël në të cilën është vendosur pajisja elektronike.

Fig. 2. Tre qeliza me një kullë antene

Në një qytet të madh mund të ketë edhe qndra kjlla antenash. Të gjitha qelizat janë në komunikim me zyrën qendrore të provajderëve.

Thirrja juaj prej telefonit celular shfrytëzon frekuencë bartëse të zgjedhur të përshtatshme dhe atë e pranon antena më e afërt në rrethinë e qelizës të cilën gjendeni.

Elektronika, ngjashëm sikurse te radio stacionet, e përforcojnë signalin dhe e dërgojnë përreth. Pastaj e kërkon bazën dhe e locon telefonin që e kërkon.

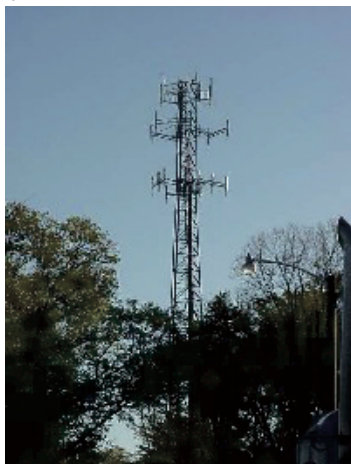


Fig. 3. Kulla e antenës për telefoninë celulare

Njëkohësisht, antena më e afërt e regjistron aparatit e telefonit të bashkëbiseduesit që e kërkon. Automatikisht zgjidhet frekuenca e përshtatshme dhe e lirë dhe thirrja vendoset. Tani telefoni celular punon sikurse radio dykahësh: njëkohësisht punon edhe si pranues edhe si dhënës. Për dallim prej voki-toki, ose radiostacionet e zakonshme, ku për të dy kahet shfrytëzohet vetëm një frekuencë e njëjtë, telefonët celular njëkohësisht shfrytëzojnë dy frekuenca: njëra për të folur kurse tjetra për të dëgjuar, që do të thotë se të dy konsumuesit mund të flasin në të njëjtën kohë. Te tabela më poshtë është bërë krahasimi në mundësinë për shfrytëzimin e kanaleve të ndryshme frekuentuese dhe caku te radio instrumentet e përmendura.

	Toki-voki	Radiostacioni	Mobili
Numri i kanaleve	1	<40	1664
Caku	1,5 km (0,25W)	8 km (5W)	çdokundi ku ka qeliza

Pasi Toka është top, kurse valët elektromagnetike përhapen drejtëvizorisht, atëherë pyeteni se si prej një hemisfere do të bartet deri te tjetra pa rrugë teli.

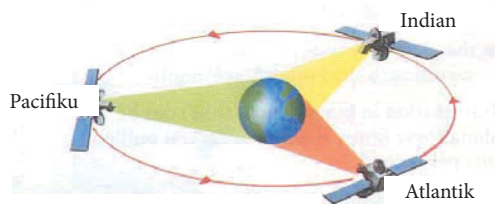


Fig. 4. Komunikimi satelitor

Zgjidhja e problemit të këtillë është gjetur me zbatimin e satelitëve telekomunikues (geostacionues). Kështu, problemi i mbulimit të tërë Tokës me disponim të pranuesit elektromagnetik të informatave zgjidhet me të paktën 3 satelita të cilët janë në komunikim reciprok. Ato e bartin informatën njëri në tjetrin dhe e distribuojnë çdonjëri në cakun hapësinor të vetin në sipërfaqen tokësore (fig. 4). Zbatimi i valëve elektromagnetike në raofizikën e sotshme është shumë e madhe. Do t'i përmendim vetëm edhe disa radiolokacione, me ndihmën e të cilave në të cilët përcaktohet vendi i ndonjë objekti. Instrumenti themelor për radiolokacionin është radari. Kosmonautika e sotshme nuk mund të mendohet pa radionavigimin, me menaxhim automatike me flutaraket kosmike, kurse pjesa më e madhe e teknikës shfrytëzon radioautomatikë, ku menaxhohet me instrumente të caktuara teknike nëpërmjet signaleve radiomënxhuese.

Jepni domethënien e këtyre koncepteve themelore

- televizioni
- pranuesi televiziv
- dhënësi
- telefoni celular
- televiziv
- sateliti telekomunikues
- frekuenca moduluese

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Signali bartës te televizioni është me frekuencë shumë të lartë, a mund të përgjigjeni pse kjo është kështu?
2. Përmend disa stacione releje në Maqedoni. Pse janë vendosur në maja të larta?

19.5. MIKROVALËT. ZBATIMI

Mikrovalët janë pjesë e spektrit të valëve elektromagnetike, si edhe pjesë e radio-spektrit, por, me siguri, shpesh flitet në veçanti për ato. Ndonjëherë quhen valë radari. Zona e spektrit të mikrovalëve përfshin gjatësi valore prej 1 mm deri 30 cm, përkatësisht frekuenca prej 1 GHz deri 300 GHz. Zbatimi praktik i mikrovalëve ka filluar në shekullin e kaluar (viti 1931). Te tabela që vijon janë dhënë zonat dhe emrat e pjesëve të mikrovalëve

Emri	Frekuenca
L -zona	1 deri 2 GHz
S -zona	2 deri 4 GHz
C -zona	4 deri 8 GHz
X -zona	8 deri 12 GHz
Kn -zona	12 deri 18 GHz
K -zona	18 deri 26.5 GHz
Ka -zona	26.5 deri 40 GHz
O -zona	30 deri 50 GHz
U -zona	40 deri 60 GHz
V -zona	50 deri 75 GHz
E -zona	60 deri 90 GHz
W -zona	75 deri 110 GHz
F -zona	90 deri 140 GHz
D -zona	110 deri 170 GHz



Fig. 1

Çdonjëra prej zonave ka zbatim të veçant. Zbatimi kryesor i mikrovalëve është te furrat mikrovalë, telefoni celular, satelitë komunikues dhe radarët. Te figura 1 është dhënë fotografia e një antene me cakt të largët të radarit që ka afërsisht 40 metro në diametër.

Furra mikrovalë

Mikrovalët janë valë të atilla të cilat janë të përshatshme të hyjnë te ushqimi dhe ta ngrohin, por gjithashtu të mos i ndryshon përbërëjn kimike. Në çka është mëshehtësia e këtij zbatimi? Mëshehtësia qëndron në sjelljen e molekulave në ujë të fushës elektromagnetike të mikrovalës. Mund të thuhet se mikrovalët i shndërrojnë molekulat e ujit prej ushqimit dhe pijeve në trup efikas të ngrohët. E dim se molekuli i ujit përbëhet prej një atomi të oksigjenit dhe dy atomeve të hidrogjenit (shiko figurën 2)

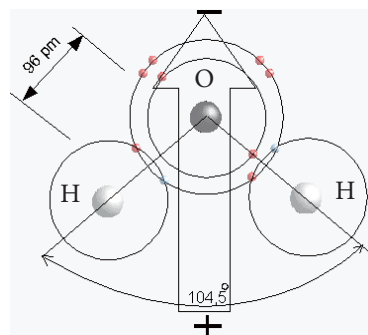


Fig. 2

Ndërtimi i molekulave nuk është simetrik. Për shkak të molekulës si tërësi sillet sikurse dipol. Në njërën anë mbizotëron mbushja pozitive, kurse te tjera mbushja negative. (Te figura 2 është paraqitur larë-poshtë). Sjellja e dipolit te fusha elektrike është e atillë që në të vepron forcë e bashkuar dhe ai tenton të orientohet nga fisha (fig.3).

Te figura 4 është paraqitur mikrovala me gjatësi valore prej 12,2 cm. Molekula e ujit tenton të orientohet njëjtë sikurse fusha elektrike e cila në të sikurse dipoli të vepron me bashkin e forcës. Rrotullimit i kundërshton mjedisi

me fërkim, pra për këtë shkak ajo vonohet në orientimin, por për shkak të fërkimit zmadhohet temperatura në atë vend. Molekulat në të njëjtën kohë likdhen për shkak të tërheqjes të mbshjeve të ndryshme të dipolëve. Te molekula skaji me oksigjenin është negativ dhe ai lidhet me skajin ku gjenden atomet e hidrogjenit. Gjatë temperaturës së dhomës është e nevojshme shumë energji e mikrovalëve

(frekuenca më e vogël se 1 GHz) në të cilën krijohen shumë rrotullim i ngadalshëm të molekulës, ashtu që edhe gjatë kësaj nuk vjen deri te nxemja. Moleklat rrotullohen, por poashtu ajo nuk ndodh zmadhimi i temperaturës. Është[e domoloshme gjatë rrotullimit, ose lëkundjes të ekziston, përkatësisht rrotullimi të bëhet në mes që kundërshton lëvizjen, kurse ato janë lëngjet dhe trupat e ngurtë.

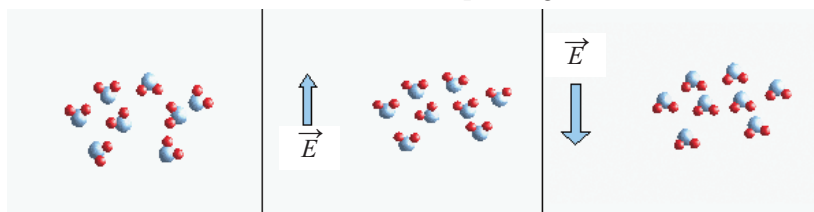


Fig.3. Molekulat e ujit janë të orientura pa rend. Në kushtet kur do të gjenden në fushën elektrike ato orientohen. Ato e përcjellin edhe ndryshimin e kahjes së fushës

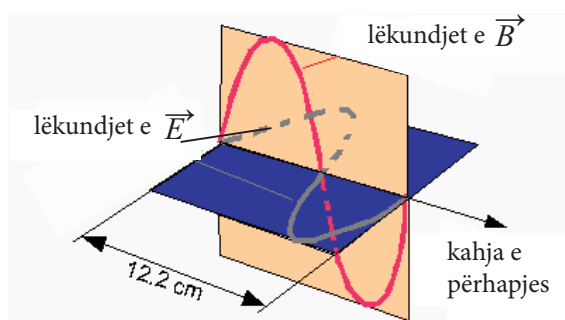


Fig. 4

për të shkatëruar e ashtuquajtura lidhja hidrogjenike dhe të shkakton rrotullim të molekulës. Por pas rritjes së temperaturës ndarja dhe shkaktimit i rrotullimit kërko akoma më pak energji (dhe shkakton humbje më të vogël të energjisë së mikrovalëve të cilat kalojnë nëpër ujë). Nk mundet çdo fushë elektromagnetike e ndryshueshme ta nxehe molekulën e ujit. Kështu, nëse fusha është me gjatësi valtre më të vogël se 0,3 mm (ose frekuencë më të madhe se 1000 GHz), atëherë ndryshimet e kahjes së fushës bëhen aq të shpejta që molekula e ujit nuk mund të përcillet. Gjithashtu, as fusha me gjatësi valore më e madhe se 30 cm



Fig. 5. Furra mikrovale

Ky rezonim i të dy mundësive të përfundojmë cili është përincipi i punës së furrës mikrovale.

Megjithatë, mikrovalët janë valë elektromagnetike të cilat janë të afta të depërtojnë te produkti i dhënë ushqimor dhe ta nxejnë, por gjithashtu të mos ndryshon përbërjen kimike.

Për ta kuptuar më mirë, të kthehemi te figura 4. Ajo është valë elektromagnetike e cila në ajër lëviz me shpejtësi të dritës dhe një lëkundje të fushës elektrike, por njëkohësisht edhe të fushës magnetike e bën largësinë prej 12,3 cm. Në ndonjë medis tjetër, për shembull mikrovala le të hyn në domaten që zien në furrë valës, domethënë nuk do të ndryshon as perioda

e lëkundjes, por do të shkurtohet gjatësia valore, që është pasojë e shpejtësisë më të vogël të zgjerimit të mikrovales në mjedisin material, këtu domatja. Kiur vala do të del jashta domates, gjatësia valore e tij do të bëhet 12,2 cm, kurse shpejtësia përsëri bëhet e barabartë me shpejtësinë e dritës në vakuum.

Këlshtu, nëse te hapësire nëpër të cilën mikrovala kalon gjenden grimca të elektrizuara, ato do të lëvizin nën ndikimin e fushës, ku pjesë e energjisë të mikrovalës për atë do të shpenzohet. Energjinë që e posedon çdo mikroval mundet të qeliza biologjike (për shembull, te mishit) të shkakton lëvizjen e grimcave të elektrizuara (elektrone ose jone), si edhe të molekulave dipole të polarizuara, por kjo nuk mjafton që të kryhet jonizimi i atomit, as dekompozimi i molekulave, pra me këtë të vjen deri në ndryshimet kimike të substancës nëpër të cilën kalon vala. Për këtë shkak, mikrovalët i takojnë grupit të rrezatimeve jo jonizuese (për dallim prej rrezatimit röntgen ose gama). Për të kuptuar më detalisht rolin e mikrovalës, të mendojmë një pikë nëpër të cilën kalon mikrovala. Le të mendojmë se mund të vërejmë çka ndodh gjatë një sekonde. Nëpër pikën gjatë asaj sekonde do të kalojnë 2 540 000 000 valë të vogla elektromagnetike. Kjo do të thotë aq herë fusha do të përshkruan lëkundje të plotë (prej vlerës zero deri te amplituda në një kahe, nëpërmjet zeros në vlerën e amplitudës në kahen e kundërtë dhe përsëri kthim në vlerën zero).

Nëse në pikën e dhënë gjendet grimca e elektrizuar, me mbushje Q , në të do të vepron në mikrovalën \vec{E} , me forcë madhësia e të cilës dhe kahen e përcjellin ndryshimin e fushës ($\vec{F} = Q\vec{E}$). Dë më të mëtejshme se te pika e dhënë, në një sekondë, forca 2 540 000 000 he rë do ta ndyshon kahen. Për këtë shkak grimca e elektrizuar lëkund detyrimisht. Ajo e zmadhon energjinë e brendshme të mjedisit dhe poashtu vjen deri te nxemja. Furra mikrovale e parë ka qenë e konstruktuar në vitin 1947, kurse sot 90% e familjeve në SHBA posedojnë furra.

Përveç për nevojat shtëpiake, furrat mikrovale, shfrytëzohen në restorane, vetshërbime, spitale dhe ente tjera. Veçanërisht janë projektuar furra mikrovale për përpunimin industrial të produkteve ushqimore.

Për përpunimin termik të ushqimit në furrën mikrovale shërbejnë enë të veçanta. Bëhen prej plastikës speciale ose qelq i nxemjes rezistuese. Ato nuk guxojnë të jenë të metalit. (Përkujtohu, valët elektromagnetike totalisht e absorbojnë në mjedisin përçues). Gjatë përgatitjes së ushqimit në furra të këtilla shtohen pak yndyrë dhe më pak ujë. Prandaj, në ushqimin e përgatitur në këtë mënyrë ka më pak yndyrë, por më shumë minerale dhe vitamine në lidhje me ushqimin e përgatitur në mënyrë klasike.

Me kushte të veçanta rregullohet energjia e lejuar e mikrovalëve te furrat mikrovale. Nuk lejohet kështu të lëshohet në shitje furra me energji më shumë prej të lejuarës. Veçanërisht mbahet kujdes edhe gjatë „rrjedhjes“ së energjisë jashta furrës. Ajo nuk guxon të jetë më e madhe e e lejuara. Niveli i „rrjedhjes“ së energjisë duhet kohë pas kohe duhet të kontrollohet, pasi me kohën prishet dera e furrës..

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka janë mikrovalët?
2. Sqaroni me fjalë tuaja se si ushqimi nxeht në furrën mikrovale, kurse kimiket nuk dekompozohen.
3. Te furra mikrovale a mund të përzhitet ushqimi?
4. A është e mundshme te furra mikrovale të nxeht yndyrë në temperaturë të lartë?

Sqaroni këto koncepte:

- mikrovalët
- rrezatimet e jo jonizuara
- polarizimi i molekulave dipole
- furra mikrovale
- nxemja e ushqimit në furrën mikrovale

19.6 KOMUNIKIME FIBER OPTIKE

Gjithmonë kur flitet për transmetimin e informave përmendet termi *kabllot optike*. Kabllot optike në vete nuk përmbajnë tela metalike, sikurse zakonisht jemi mësuar të shohim në kabllote stanadrade. Në vend të tyre, te kabllot optike ka fije qelqi. Ekzistojnë më shumë shkaqe për zëvendësimin e kabllote metalike me optike. Shkaku i parë është ato të mund të transmetojnë më shumë informata prej kabllote metalike. Shkaku i dytë është që këto kablla janë më të ndjeshëm në ndikimet e jashtëme prej fushave tjera elektromagnetike.

Struktura e fijeve të qelqit është dhënë në fig. 1. Te boshti i fijeve është bërthama e bërë prej qelqi. Rreth bërthamës është këmishëzës që është, gjithashtu prej qelqi, por e bërë në mënyrë të veçantë. Përfundimisht e tëra kjo është vendosur në mbrojtësen plastike. Te kabllot plastike ka qindra dhe mijëra fije të gjitha.

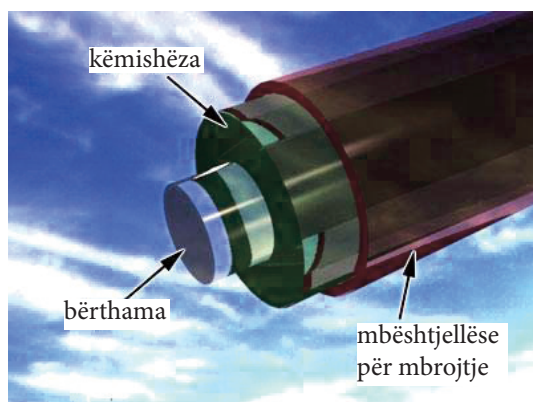


Fig. 1. Struktura e fijeve optike

Ekzistojnë dy lloje të fijeve:

- fije që punojnë në një mod (single-mode);
- fije që punojnë në shumë mode (multi-mode).

Të parët kanë bërthamë me diametër të vogël prej afërsisht 9 μm . Ato transmetojnë informata me ndihmën e dritës infrakuqe me gjatësi valore ndërmjet 1300 dhe 1550 nm.

Të dytët kanë bërthamë më të mëdha, me diametër prej afërsisht 62,5 μm . Ato transmetojnë informata me ndihmën e dritës infrakuqe me gjatësi valore ndërmjet 850 dhe 1300 nm. Disa fije bëhen prej materijaleve speciale plastike. Bërthama e tyre është shumë e madhe, me diametër prej afërsisht 1 mm. Nëpër ato përhapet drita e kuqe e dukshme me gjatësi valore prej 650 nm.

Domethënë, që të kemi transmetim të informatës në këtë mënyrë, është i nevojshëm edhe burim të signaleve, fije optike, regjenerator optik dhe pranues optik.

Si punojnë fjet optike?

Fijet optike e shfrytëzojnë djukurinë e refleksionit total. Drita përhapet drejtëvizorisht. Lehtë është të ndriçohet një vend, nëse nuk ka pengesë ndërmjet burimit të dritës dhe ai vend. Por nëse ekziston pengesë, atëherë drita nuk mund ta anashkalojë pengesën. Fijet optike mund edhe të ndihmojnë dritës ta bën atë. Duke udhëtuar nëpër bërthamë të fijeve, rrezja e dritës vjen deri te këmishëza, totalisht reflektohet prej saj dhe përsëri kthehet në bërthamë (fig.2).

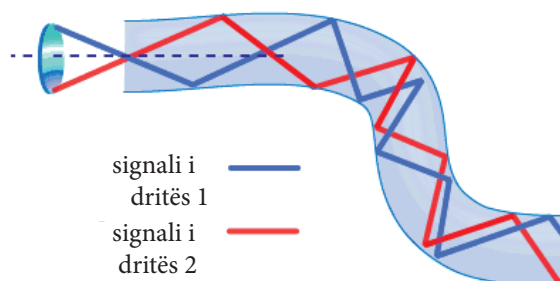


Fig. 2. Përhapja e dritës nëpër fijen optike me ndihmën e fijeve të refleksionit total.

Kështu, rrezja e dritës mund të dalë prej fijeve. Asgjë nuk është ideale, pra edhe kjo. Duke udhëtuar nëpër fijen, intensiteti i rrezes së dritës bie. Shkaku për atë, kryesisht, papastërtia e qelqit. Për gjatësi valore të ndryshme dobësimi është i ndryshueshëm, por lëviz për afërsisht 50% në çdo kilometër. Te disa fije të veçanta bie i intensitetit të rrezes së dritës me gjatësi valore prej 1550 nm është më e vogël se 10% në kilometër.

Për shkak të kësaj, nëpër gjatësinë e kablos optike në shumë vende vendosen regjenerator optik (fig. 3).

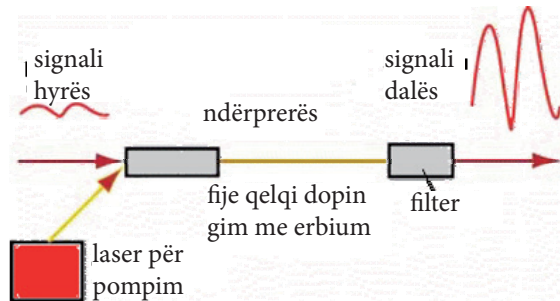


Fig. 3. Regjeneratori optik

Regjeneratori optik

Regjeneratori ka për detyrë ta përforcon signalin e dobësuar. Në fillim, regjeneratorët e shndërrojnë signalin e dritës në elektrik, e ka poastruar prej pyjeve, e ka përforcuar dhe përsëri në formë të dritës e dërgojnë më tutje. Por, regjeneratorët e këtillë kanë futur shtrembërime në signal dhe kanë shpenzuar shumë energji elektrike. Në vitin 1987 për herë të parë është konstruktuar i ashtuquajtur i përforcuesi i Fiberit. Përforcuesi tipi i Fiberit punon në zon prej 1550 nm dhe përbëhet prej fijeve optike të bëra prej qelqi që është e dopinguar me erbium dhe laser për „pompim“, që emeton dritë me gjatësi valore prej 980 nm. Signali i dobësuar hyn dhe kombinohet me signalin e laserit për pompim. Ai e ngacmon qelqin e dopinguar të emeton. Ai emetim i stimuluar përsëri stimulon emision të ri plotësues, pra kështu numri i fotoneve të emetuara rritet shumë shpejtë sipas ligjit eksponencial. Në këtë mënyrë signali mund të përforcohet edhe deri 10 000 herë dhe në dalje të fitohet fuqi edhe prej 100 mW.

Pse qelqi dopingohet pikërisht me erbium? Erbiumi mund të ngacmohet me drita me gjatësi valore prej 800 nm dhe 980 nm (fig.4). Kjo është e rëndësishme të bartin dritë me gjatësi valore që shumë dallohet prej gjatësisë valore të signalit (1550 nm) që e lehtësojnë ndarjen e signalit të bartur dhe signalin e pompimit.

Kur erbiumi do të ngacmohet me dritë me gjatësi valore prej 800 nm ose 980 nm, elektronet kalojnë në nivelin më të lartë energjetik. Prej atje, ato kalojnë në nivelin më të ulët energjetik pa emetuar dritë elektronet ngelin në atë nivel relativisht kohë të gjatë, rendi i madhësisë 10 ms. Kjo është shumë e rëndësishme, pasi efikasiteti i kuantit të

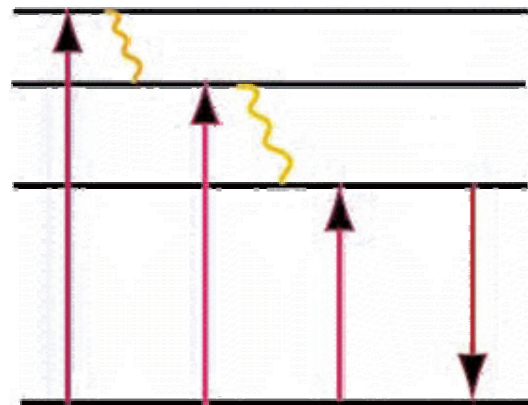


Fig. 4

instrumentit varet prej asaj sa gjatë mund atomet të ngelin të befasuara, përkatësisht sa gjatë elektronet mundet të ngelin në nivel të lartë energjetik. Nëse ngelin kohë më të shkurtër është e nevojshme energji plotësuese që do t'i mban në atë nivel. Erbiumi mund të ngacmohet edhe me dritën me gjatësi valore prej 1480 nm, por ajo nuk është e përshtatshme, pasi ajo gjatësi valore nuk dallohet shumë prej gjatësisë valore të dritë e cila e bat signalin. Ajo, nga ana tjetër mund ta zvogëlon efikasitetin e instrumentit dhe ta zmadhon zhurmën në signal.

Karakteristika e dytë e mirë e erbiumit është që lehtë mund të tretet në qelq. Duke shtuar në kodopant, sikurse janë Al_2O_3 , $\text{GeO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ose P_2O_5 , tretshmëria e erbiumit mund të zmadhohet dhe të përmirsohen disa karakteristika të përforcuesit. Për shembull nëse shtohet $\text{GeO}_2\text{Al}_2\text{O}_3$ mund të zmadhohet dyfish koha e mbetjes në gjendje të befasar edhe efikasitetin e kuantit të përforcuesit.

Kuptohet, asgjë nuk është ideale, pra edhe këto përforcues. Gjatësia valore e signalit dalës shumë varon, prandaj janë të nevojshme filtra pasiv plotësues. Në fund, kështu signali i përforcuar e pranon pranuesi optik, i cili mund të jetë fotoqeli ose foto diodë. Këto përforcues shfrytëzohen në televizionet kabllorik dhe në telefoni.

Cilat janë përparësitë e fiber optikës së komunikimit?

- Çmimi i kabllor optike mund të jetë më ulët prej telit të bakrrit.

- Fijet optike mund të jenë më të holla se teli..

- Ajo që janë më të hollë mundëson më shumë fije të vëndohen në një kabllor. Nga ana e vet, kjo mundëson më shumë informata, përkatësisht vija telefonike dhe k të kalojnë nëpër një kabllor.

- Dobësimi i signalit është më i vogël te kabllor optike të telave të bakrrit, që nga ana tjetër i zvogëlon shpenzimet për përforcimin e signalit..

- Signali i dritës, për dallim prej elektrikeve, nuk mund të ndikojnë njëri në tjetrin..

- Fijet optike janë idelae për transmetimin e sinjaleve digjitale.

- Pasi nëpër fijet nuk rrjedh rrymë elektrike, nuk ka rrezik prej nxemjes dhe djegëjes.

Fije optike është më e lehtë prej telit të bakrrit..

- Fleksibiliteti i fijos kabllorike mundëson përdorimin e tyre edhe në fusha tjera, sikurse është mjekësia (në bronhoslopi, endoskopi, laka-roskopi,...).

Veçanërisht do ta shqyrtojmë përparësinë dhe kualitetin e signalit. Pse kualiteti i signalit është shumë më i madh prej cilitdo mënyre tjetër të transmetimit të informatave. Vala e dritës në këtë rast është valë bartëse të cilat është shlytur signali që duhet të transmetohet ose me fjalë tjera, signali i dritës është modeluar. Kur do të

flasim për modulimin e valëve elektromagnetike (radiotelevizioni) vërejtëm se është i nevojshëm valë me frekuencë më të madhe që të barten më tepër signale. Kështu, që të bartet zëri me kualitet të mirë, frekuenca e valëve elektromotore duhet të jenë afërsisht 100 MHz (FM zona valore). Por, që të transmetohet fotografi kualitative, valët elektromagnetike mund të kenë frekuencë edhe der 890 MHz (televizioni). Nëse përkujtohemi se frekuenca e gjatësisë valore ka rend të madhësisë prej 100 THz (teraherc), që është për milion herë më i madh prej frekuencës së valëve të radios dhe televizionit, atëherë është e qartë pse signali me dritë i transmetuar me dritë është më i kualitetshëm prej të gjithë të tjerëve.

Pyetje, detyra.aktivitete

1. Si është struktura e fijos optike?
2. Cila zonë valore prej dritës e shfrytëzojnë fijet optike?
3. Cilën dukuri fizike shfrytëzojnë fijet optike që të përhapen „të lakuar“?
4. Çka është regjenerator optik dhe pse shërben?
5. Në cilin princip punon regjeneratori optik?
6. Pse është i përshtatshëm erberiumi përdopingimin e qelqit të regjeneratorit optik?
7. A është e përshtatshme drita me gjatësi valore prej 480 nm për pompimin e laserit Pse?
8. Pse përdorimi i fijos optike ka përparësi mbi telin e bakrrit?
9. Cilat janë dy përparësitë kryesore të bashkëdyzimeve të cilat përdoren gjatë përpunimit të fijos optike?

Sqari këto koncepte themelor

- fija optike
- regjeneratori optik

20.1. ENERGJIA POTENCIALE GJATË DEFORMIMIT TË ESHTRAVE

Te trupat e ngurtë mjud të ndodhin lloje të ndryshme të deformimeve, ndërmjet të cilëve më të rëndësishëm janë: deformime me zgjatje të një anshme ose shtrydhje - **deformime vijore**, deformime të zgjatjes të shumë anshme ose shtrydhje -**deformime vëllimesh**, **deformime këndore**. Për të gjitha llojet e deformimeve të vogla vlen ligji i eksperimentit të Hukut.

Deformimet vijore janë karakteristike për trupat e ngurtë gjatësia e të cilëve është e madhe prej dimensioneve vijore të prerjes tërthore, si për shembull, tela të hollë, thupra, spirale metalike dhe të ngjashme.

Që të ndodh deformim të ndonjë trupi elastik (për shembull, spirale, ose thupër, ajo mund të jetë edhe një asht i gjatë) të nevojshëm për atë të kryhet puna. Në llogari të asaj pune, trupi i deformuar ka energji potenciale të caktuar, d.m.th., aftësi edhe vet të kryen punë. Sikurse edhe materialet tjera, ashtu edhe për eshtrat, vlen ligji i Hukut.

Forca me të cilën trupi le të deformatet, sipas ligjit të Hukut, rritet zgjatja lineare Δl , d.m.th.,

$$F = \frac{ES}{L_0} \Delta L = k \Delta L,$$

ku $k=ES/L_0$ është koeficienti i proporcionalitetit; konstanta e proporcionalitetit E te ky lloj deformim është **moduli i Jungut të elasticitetit vijor** S është prerja tërthore.

Sipas përkufizimit punën që duhet ta kryejnë forcat e jashtëme të zgjatet thupra për Δl është e barabartë me

$$A = E_p = \frac{1}{2} F \Delta l. \quad (1)$$

Prandaj, energjia potenciale, që e fiton thupra e zgjatur të deformimit gjatë ndryshimit të gjatësisë për ΔL është:

$$E_p = \frac{ES \Delta L}{2L_0} \Delta L = \frac{ESL_0}{2} \left(\frac{\Delta L}{L_0} \right)^2 = \frac{EV}{2} \varepsilon^2, \quad (2)$$

ku me $SL_0=V$ është shënuar vëllimi i thuprës $\varepsilon=\Delta l/L_0$ është deformimi relativ. Moduli i Jungut të të elasticitetit për eshtrat $E=1,4 \cdot 10^{10}$ N/m²

Nëse merret se deformimi relativ është $\varepsilon=\sigma/E$ ku $\sigma = F/S$ është tensioni normal mekanik, për energjinë potenciale të thuprës fitohet:

$$E_p = \frac{EV}{2} \varepsilon^2 = \frac{ESL_0}{2} \left(\frac{\sigma}{E} \right)^2 = \frac{SL_0 \sigma^2}{2E} \quad (3)$$

Pasi energjia për deformimin elastik është pasojë prej veprimit të forcave ndërmolekulare, ajo është radhitur nëpër tërë trupin dhe futet dendësia e vëllimit të energjisë potenciale në njësi vëllim të trupit të deformuar, d.m.th.,

$$\varepsilon_p = \frac{E_p}{V} = \frac{\sigma^2}{2E}. \quad (4)$$

Gjatë deformimeve të mëdhaja te tabela (eshtrave) ndodh thyerja e tyre (fraktura). Madhësia e tensionit normal mekanik ku ndodh theyeja quhet tensioni kritik (σ_c) i atij trupi. Te kjo tabelë është dhënë tensioni kritik për disa qeliza.

Tabela1.

Materijal	Tensioni kritik σ_c (N/m ²)	Deformimi
eshtra	$1 \cdot 10^8$	shtrydhje
muskul	$0,8 \cdot 10^8$	zgjatje
	$0,275 \cdot 10^8$	lakim
	$55 \cdot 10^6$	zgjatje

Të shqyrtojm një thupër të gjatë, për shembull, të përbërë prej ashtit të kofshës, gjuni prerja e të cilit është $S=6 \text{ cm}^2=6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ dhe gjatësi $l=0,9 \text{ m}$. Energjia potenciale E_{pd} , që e absorbon këtë sistem gjatë deformimit longitudinal për të ardhur deri te fraktura, sipas barazimit 93), është:

$$E_{pd} = \frac{0,9 \text{ m} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 (10^8)^2 \text{ N}^2/\text{m}^4}{2 \cdot 14 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2} = 193 \text{ J}.$$

ku tensioni normal kritik mekanik gjatë shtrydhjes së eshtrave është $\sigma_k = 10^8 \text{ N/m}^2$.

Për komparim do të përmendim se energjia potenciale që e absorbon këmba e njeriut me masë prej $m=70 \text{ kg}$ gjatë hedhjes prej lartësisë $h=0,576 \text{ m}$, është:

$$E_p = mgh = 70 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-1} \cdot 0,576 \text{ m} = 385 \text{ J}$$

Prej dy barazimeve të fundit shihet se energjia potenciale prej 385 J është dyherë më e madhe prej energjisë për deformimin longitgudinale: Kur energjia prej 385 J do të radhitet vetëm në eshtrat, sigurisht do të vjen deri në frakturë. Magjithatë, gjatë hedhjes dhe prej lartësisë së madhe,, kur këmba është lakuar te gjunji, pjesë e energjisë përcilet edhe te muskulat, ku nuk ka të vjen deri te fraktura e eshtrave.

Mund të përfundohet kur në momentin e hedhjes energjia radhitet në vëllim më të madhëndësia e vëllimit të energjisë E_p/V (barazimi 4) është nën vlerën kritike. Megjithatë, nëse prej lartësisë së njëjtë hidhet me këmbë të drejtuara, kur muskujt janë të relaksuara, mundësia prej frakturës të muskujve nuk është e përjashtuar.

Kufiri i qëndrueshmërisë të eshtrave varet prej kushteve të ndryshme, por veçanërisht prej gjatësisë, formës dhe prerjes tërthore. Eshtrrat më së shpeshti kanë formën e gypit që mundëson të kundërshton shtypjet dhe shtrydhjet në të cilat janë ekspozuar.

Sikurse eksperimentalisht ashtu edhe në mënyrë teorike është konstatuar se gjatë rezistencës së madhe gjatë lakimit tregojnë materialet me formë të cilindrit të zbrazët ku raporti ndërmjet diametrit të brendshëm dhe të jashtëm është 8:20.

Numri më i madh i qelizave të buta të organizmit të njeriut në bazë janë ndërtuar prej molekulave të gjata, të cilat i takojnë molekulave të larta të bashkëdyzimeve organike. Nëse ekspozohen në shtrydhje lloji i këtitillë i molekulave ato drejtohen (zgjaten) dhe janë orientuar në kahe të caktuar, ku gjatësia e tyre shumë zmadhohet. Deri te kufiri i caktuar, pasi që të ndalet veprimi i shtrydhjes elastike, ato kthehen te forma dhe madhësia fillestare. sikurse ndryshon tensioni normal mekanik me deformimin relativ shihet prej fig.1.

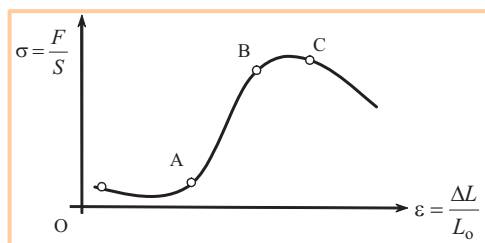


Fig. 1

20.2. IMPULSI I FORCËS NË MOMENTIN E GODITJE

1. Forca kritike. Te kapitulli paraprak vërejtëm sa është energjia për frakturë të eshtrave dhe treguam sa është energjia potenciale për të ardhur deri te thyerja e ashtit. Në mënyrë analoge në atë do të llogarisim sa është forca më e vogël d.m.th., kritike F_c që mundet në kushte statike të shkakton frakturë të ashtit. Megjithatë, të supozojmë se ashti ngel elastik deri te fraktura e tij. Tensioni i tij mekanik gjatë shtrydhjes longitgudinale të ashtit le të jetë $\sigma_k = 10^8 \text{ N/m}^2$, në këtë rast duke pasur parasysh se $F_c/S = \sigma_c$ forca kritike përkatëse (d.m.th., forca e cila mund të sjell deri te fraktura e ashtit) është:

$$F_c = \sigma_c \cdot S \quad (1)$$

Për shembull, për ashtin e kofshës prerja tërthore e të cilës është $S=6 \text{ cm}^2=6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, forca kritike është:

$$F_c = 1 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 6 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Kjo do të thotë ngarkesa prej 6 tonelata përgjatë boshtit të ashtit të kofshës sjell deri te fraktura e vendit ku ajo është më e hollë.

2. Impulsi. Forca e impulsit. Në kapitullin paraprak mund të fitoheshte përshtypja se forca sjell deri te fraktura e ashtit është e pakrahueshme më e vogël se forca e njehsuar me shembullin paraprak. Pikërisht, pyetemi: sendi me masë prej 70 kg gjatë rënies prej lartësisë 0,576 m mund të shkakton në bazë forcë prej $6 \cdot 10^4 \text{ N}$? Do të tregojmë se ajo është e mundshme.

Të përkujtohemi në këtë, deri diku analogjikisht, të ngulet gozhdë në dërrasë, është e nevojshme të godet me çekiç. Që të arrihet kjo forca duhet të jetë me intenzitet të madh. Forcat me kohë zgjatje të vogël, zakonisht karakterizohen veçanërisht me intenzitet të madh. Forca e cila vepron te trupi për interval kohor të caktuar njihet si impuls i forcës.

Që ta tregojmë këtë do të përkujtohemi se ligji i dytë i Njutnit mund të shkruhet në tjetër formë duke futur madhësi të re p e cila paraqet prodhim prej masës dhe shpejtësisë së trupit:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot \vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad (2)$$

Sikurse vërejtëm te kapitulli 5.7 madhësia $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ quhet impulsi i trupit të dhënë. Me futjen e impulsit te ligji i dytë i Njutnit thotë: Shpejtësia e ndryshimit të impulsit të përkës materijale (trupit) është proporcionalisht me forcën e cila vepron mbi trupin. Prej barazimit (1) mund të përkufizohet impulsi i forcës si prodhim i forcës dhe intervalit të kohës $\vec{F} \cdot \Delta t$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p} \quad (3)$$

Prej barazimit iz (2) vijon se forca është në proporcion të zhdrejtë me Δt . Përkat para së gjithasht, varet prej kohëzgjatjes së saj. Ajo gjithashtu varet vallë prej hedhjes do të hedhte në bazë të fortë (të betonit), ose të butë. Prandaj mundësia për frakturë është aq e madhe sa baza është më e fortë.

Vërtetimi eksperimental për impulsin e forcës dhe impulsin e trupit mund të tregohet me këtë eksperiment që përbëhet prej pllakës së qelqit në të cilën është vendosur peshë masive në të cilin me kohëzgjatje të shkurtëra me çekiç (fig.1).

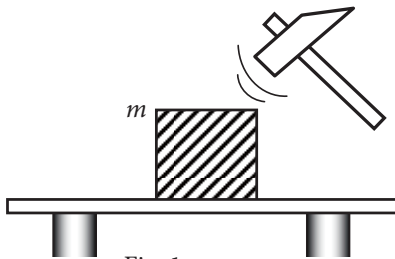


Fig. 1

Pas shumë goditjeve të mëdhaja me kohëzgjatje të shkurtër me çekiçin nëpër peshën në vjen deri te thyerja e pllakës së qelqit. Shkaku për këtë është masa relative e madhe m të peshës që fiton ndryshim të vogël të ndryshimit të shpejtësisë për shkak të veprimit të kohëzgjatjes së shkurtër të forcës. Kjo është shkaku edhe për vlerën e vogël të impulsit të trupit ($m \cdot v$), ku përveçse me të edhe të impulsit të forcës ($F \cdot \Delta t$). Megjithatë, gjatë veprimit më të gjatë dhe me forcë shumë të vogël është e mundur të thyerja e pllakës së qelqit.

Shembulli 1. Nëse me çekiç masa e të cilit është $m=0,2$ kg goditet koka e gozhdës ashtu që në momentin e goditjes shpejtësia e çekiçit është $v=1$ m/s, kurse koha e goditjes së gozhdës te pemgesa është $\Delta t=0,01$ s. Të caktohet forca gjatë goditjes.

$$F = ma = m \frac{v_p - v_k}{\Delta t}, \quad (4)$$

nëse rritja e shpejtësisë është $\Delta v = v_p - v_k$, nxitimi për njësi kohe është $a = \frac{v_p - v_k}{\Delta t}$ pasi pas futjes së gozhdës shpejtësia e çekiçit është $v_k=0$ për forcën fitohet

$$F = m \frac{v_k}{\Delta t} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}}{0,01 \text{ s}} = 20 \text{ N}.$$

Prej barazimit të fituar shihet se forca përveçse prej masës varet edhe prej momentit të goditjes.

Impulsi i forcës në momentin e goditjes.

Rëndësia e veprimit të forcës mbi trupin mundet prej kohë zgjatjes shihet në këtë shembull. Në momentin e goditjes me pengesën e vozitësit tze automobili nën veprimin e impulsit të forcës menjëherë frenon. Poashtu, varësisht prej kohës së frenimit është e mundur të vjen deri te dëmtimi i qelizave dhe organeve të vozitësit.

Prej kinematikës dihet se ngadalësimi gjatë goditjes së automobilin me pengesa fitohet sipas barazimit $a = v^2 / 2l$, ku v është shpejtësia e momentit të goditjes, kurse l është rruga e frenimit dhe ndalimi i automobilin. Forca mesatare e impulsit që është pasojë prej veprimit të pengesës mbi automobilin është

$$\vec{F} = m \cdot a = \frac{mv^2}{2l}, \quad (5)$$

ku m është masa e vozitësit.

Shembulli 2. Vozitësi me masë $m=70$ kg gjatë shpejtësisë prej $v=70$ km/h = 19,44 m/s kur do të goditet me pengesën e palëvizshme duke kaluar rrugë prej $l=30$ cm ndalohet. Të caktohet forca me të cilën me rripa sigurie. Të caktohet forca me të cilën rripat e sigurisë veprojnë mbi vozitësin. Sipas barazimit (5) fitohet

$$F = \frac{70 \text{ kg} \cdot 19,44^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 0,3 \text{ m}} = 44090 \text{ N}.$$

Kjo forcë intenzive të impulsit do të mund të vozitësi të shkakton lëndime serioze.

20.3. REOLOGJIA. KLASIFIKIMI I MATERIJALEVE REOLOGJIKE

Reologjia është disiplina e mekanikës të cilës në mënyrë të shpeshtë studiohen dukuritë të lidhura me rrjedhjen e fluidëve (lëngje dhe gazëra), Në reologji, për shembull studiohen lëvizjet e lëngjeve dhe gazërave nëpër gypa.

Në reologji substancat klasifikohen jo sipas gjendjes agregate (të trupave të ngurtë, të lëngët dhe gazëta) por sipas reaksionit të forcave të jashtme (elastike dhe plastike).

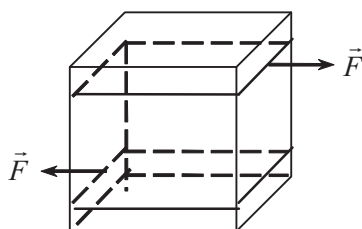


Fig. 1

Trupat elastik. Në dy anë të kundërta të një kubi njësi prej ndonjë substance mirë janë të ngjitura pllakat në të cilat veprojnë dy forca të barabarta sipas kahës (fig. 1). Çdo trup nën ndikimin e forcave të këtilla të jashtme deformohet. Kur pas ndaljes së veprimit të forcave të jashtme forcat ndërmolekulare tentojnë ta kthejnë formën dhe vëllimin paraprak, trupi është elastik. Kur për këtë deformim vlen ligji i Hukut për trupin elasticitetin trupi është i përsosur elastik (hukov). Gjatë rritjes së tensionit normal mekanik $\sigma = F / S$, rritet edhe deformimi ΔL , pra sipa ligjit të Hukut vlen ligji:

$$\sigma = \frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L_0} = E \varepsilon \quad (1)$$

ku lloji i deformimeve konstanta e proporcionalitetit E është moduli i Jungut të elasticitetit linear. Prandaj, shprehja (1) mund të shkruhet edhe në formën:

$$F = \frac{E S}{L_0} \Delta L = k \Delta L, \quad (2)$$

ku $k = ES/L_0$ është koeficienti i proporcionalitetit; S është prerja tërthore.

Prej barazimit të fundit del se forca është në proporcion linear me deformimin elastik ΔL që ajo forcë e shkaktonte. Kur prerja tërthore është $S = 1 \text{ m}^2$, kurse gjatësia $L_0 = 1 \text{ m}$, prej ligjit të Hukut vijon

$$F = E \Delta L. \quad (1)$$

Kur nën ndikimin e forcave të jashtme trupi nuk e ndryshon formën, ai është i ngurtë. Ky idealizim kufitar është lëndë e studimit të kinematikës.

Edhe pse elasticiteti është veti për numrin e madh të trupave të ngurtë, këtë veti për numrin e madh të trupave të ngurtë, këtë veti e posedojnë edhe fluidët. Për shembull, nëse gazi është mbyllur hermetikisht në cilinfe dhe me kujë nën ndikimin e shtypjes komprimohet, kur forca e forcës së jashtme ndalet, gazi do të tenton përsëri të kthehet në gjendjen fillestare.

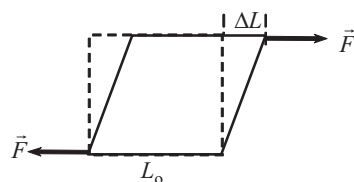


Fig. 1

Trupat plastike. Kur deformimet e kubit (fig. 1) pas përfundimit të veprimit të deformimit zhduken janë të përhershme ose plastike (fig. 2). Plasticiteti është veti për numrin e madh të lëngjeve, por ka edhe përjashtime. Për shembull, copë e rrëshirës ose brumë e mbajnë formën do tua japim. Uji në gotë, për shembull, e merr formën e enës në të cilën gjendet dhe prandaj është trup plastik tipik.

Lëngjet viskoze. Kur prej deformimit sikurse janë treguar në fig. 1, ndërmjet shtresave të lëngut nuk ekzistojnë forca të fërkimit, në atë rast bëhet fjalë për mjedis jo viskoz (ideal). Megjithatë, te fluidet reale, ndërmjet shtresave do të paraqiten forca të fërkimit për fluidet etilla thuhet se posedojnë fërkim të brendshëm të brendshëm ose viskozitet.

Ligji i Njutnit për viskozitet, në mënyrë analoge,

të ligjit të Hukut (1), mund të shkruhet në këtë formë:

$$\frac{F}{S} = \tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x}, \quad (3)$$

ku herësi $F/S = \tau$ e shpreh tensionin tangjencial ndërmjet dy shtresave të lëngut.

Kur forca është proporcionale lineare me shpejtësinë e zhvendosjes së sipërfaqes së dhënë në lidhje me fqinjen, vlen ligji i Njutnit për viskozitetin.

Për lëngjet të viskoziteti dinamik η për temperaturë të caktuar është konstante, ashtu që ndërmjet tensionit tangjencial x dhe gradienti i shpejtësisë $D = \Delta v / \Delta x$ ka varësi lineare rigorozë, thuhet se ajo është lëng i njutnit. Për shembllin të paraqitur te fig. 1 Ligji i Njutnit për viskozitetin mund të shkruhet në këtë formë:

$$\tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} = \eta D \quad (2)$$

që është analog koj e аналоген со Хуковиот ме лигjin e Hukut (1).

Materijalet viskoze elastike. Materijalet plastike elastike në realitet janë idealizimi i realitetit. Por te numri më i madh i materijaleve njëra prej këtyre vetive zakonisht është dominante. Për shkencat biomedicinale me interes të substancave të cilët të dy vetitë janë barabartë përafërsisht të shprehura. Materijalet e këtilla reologjike njihen si substanca viskoze elastike.

20.4. MODELET REOLOGJIKE

Modele të elasticitetit. Plasticiteti dhe viskoziteti

Çka është ajo modele reologjike. Me qëllim të mënyrës më të përshtatshme dhe të pa përshtatshme dhe mënyrë të arritshme të paraqiten materialet reologjike të cilat hyjnë në përbërjen e sistemit biologjik, shfrytëzohen në ato modele reologjike analoge. Përkatësisht zëvendësohen me sistemin ekuivalent që është përkatës me modelin reologjik.

Modelet mund të jenë mekanike ose elektrike. Modelet mekanike fitohen me kombinimin e modeleve elementare të cilat simulojnë elasticitet, plasticiteti ose kombinimet e tyre.

Spiralja si model i elasticitetit. Nëse model mekanik që i paraqesin vetitë elastike mund të merret spirale plastike (fig. 3a). Ngjashëm me elementin e fig. 1, zgjatja e spirales për ΔL linearisht është proporcional me forcën e jashtëme F (fig. 3b) prandaj spiralja momentalisht zgjatet nën ndikimin e kësaj force. Pikërisht, për këtë lloj deformimi vlen, për këtë lloj deformimi vlen ligji i Hukut.

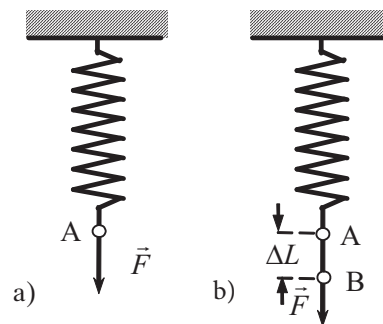


Fig. 3. Spiralja si model i elasticitetit

Kur veprimi i forcës së jashtëme paraqet, spirale, pothuajse momentalisht kthehet në gjendjen paraprake - gjatësia (këtu neglizhohet inercioni sikpas të cilës spiralja mund të silllet në gjendje të lëvizjes lëkundëse). Me këtë spiralja simulon trup elastik, ndërsa te trupat e ngurtë spiralja është vështirë e zgjatshme.

Ngulfatësi si model për plasticitet.

Ngulfatësi (amortizeri) është cilindër hermetik i mbyllur i mbushur me lëng viskoz, sipas të cilit në mënyrë translatorë zhvendoset kuja (fig. 4a). Poashtu, lëngu viskoz rrjedh në mënyrë të njëtrajtshme nëpër tehet e kujës. Kur kuja është fikse, kurse te cilindri vepron forca F (sikurse te fig. 4a), do të vjen deri te zgjatja gradulisht e elementit. Pikërisht, këtu ekziston varësi lineare ndërmjet forcës F (përkatësisht $\sigma = F/S$) dhe shpejtësi përkatëse e zhvendosjes (përkatësisht gradienti i shpejtësisë $\Delta v / \Delta x$), ashtu që pika lë

vizëse A mund të zhvendoset vetëm me shpejtësi të fundshme rritëse (për dallim prej spirales e cila zgjatet praktikisht pafund shpejtë). Pikërisht, lëngu viskoz i pashtypur (i pakompresuar) prej pjesës së sipërme të cilindrit njëtrajtësisht kalon te pjesa e poshtëme, poashtu te vendi i zbrazur zhvendoset kuja.

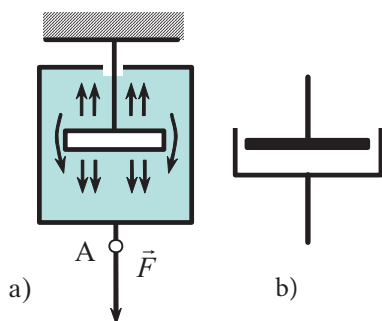


Fig. 4. Ngulfatësi si model për plasticitet

Me ndalimin e veprimit të forcës ($F=0$) ndalon lëvizja e kujës ($\Delta v = 0$). Prandaj ngulfatësi (lëngu viskoz) do të gjendet në pozitën në të cilin është gjendur ndalimi i veprimit të forcës së jashtme, dhe në këtë mënyrë e simulon vetinë e plasticitetit.

Vetitë themelore materijaleve të viskozitetit. Pasi te materijaliet viskoze-lëngje njëkohësisht dominojnë edhe elasticiteti edhe plasticiteti, ato tregojnë dy veti të reja specifike: relaksimi dhe krip (creep- zvarritje).

20.5. MODELI I MAKSVELIT. MODELI I KELVINIT DHE MODELI I MAKSVEL-KELVINITIT

Modeli i Maksvelit i relaksimit. Modeli i Maksvelit të relaksimit paraqet lidhje në seri të dy modeleve (modeli i spirales elastike dhe modeli i ngulfatësit-viskoziteti, fig. a).

Modeli i Maksvelit nënveprimin e forcës F le të zgjatet menjëherë për gjatësi x dhe gjatësinë e fituar e ruan (fig. 5b).

Zgjatja fillestare e modelit është rezultat vetëm prej shtrëngimit të madh të spirales pasi që të bëhet ndryshim te ngulfatësi është e nevojshme kohë. Si rezultat i asaj spirale tenton ta kthen në gjendjen paraprake, modeli vepron te pika fikse A me forcë të fortë reaktive të orientuar lartë (fig. 5b).

Gjatë kohës spiralja ka tendencë të kthehet në gjendjen paraprake, ndërsa ngulfatësi (elementi viskoz) ka tendencën e zgjatjes. Pikërisht, zvogëlohet tensioni normal i spirales (d.m.th., zgjatja e tij) deri sa nuk arrihet gjatësia fillestare. Koha për të cilën spiralja sipas modelit të Maksvelit do ta arrijë gjatësinë paraprake, d.m.th., tensionin e tij do të arrijë vlerë zero, është i njohur si kohë e relaksimit, ndërsa vet procesi i lëshimit pas shtrëngimi është i njohur si relaksion i sistemit.

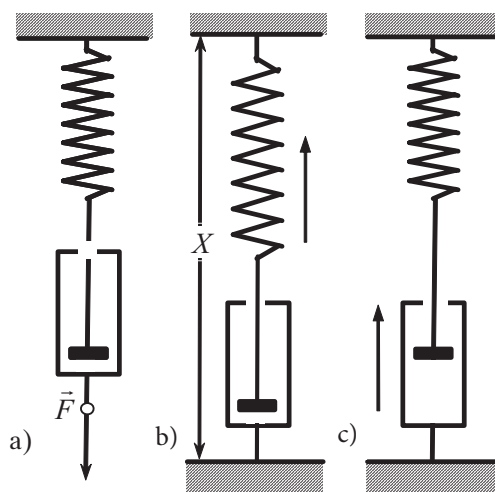


Fig. 5. Modeli i Maksvelit për relaksim

Plasticiteti dhe elasticiteti te modeli i Maksvelit. Nëse pas kalimit të kohës së relaksimit ky model e ruan zgjatjen paraprakisht të arritur ai tregon veti të plasticitetit. Megjithatë, kur veprimi i forcës do të ndërpritet pas kalimit të kësaj kohe, spiralja prej modelit edhe më tutje ngel e shtrënguar. Në këtë rast spiralja tregon edhe vetinë e elasticitetit, d.m.th., pjesërisht do të shkurtohet, por jo në tërësi kthehet gjatësia fillestare.

Gjatë kiushteve të këtuja modeli tregon sikurse veprimi i elastike dhe plastike.

Gjatë kushtit kur modeli menjëherë do të zgjatërihet nën ndikimin e veprimi të kozgjatjes së shkurtër (forca impulsive), tërheqja do të jetë vetëm të spiralja. Pas ndalimit të veprimi të forcës, modeli plotësisht e përsërit gjatësinë e tij, d.m.th., tregon vetinë e elasticitetit.

Modeli i Maksvelit njëkohësisht i paraqet materijaliet viskoze dhe vetinë e relaksimit.

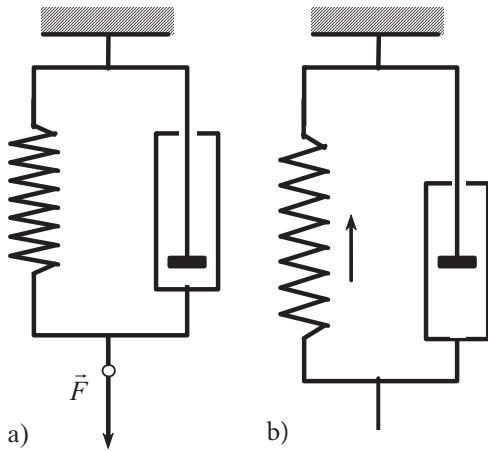


Fig. 6. Modeli i Kelvinit për kripton

Modeli i Kelvinit të kriptonit. Modeli kriptoni i Kelvinit paraqet lidhje paralele të spirales dhe ngulfatësit (fig. 6). Kriptoni është dukuri të deformimit gradual të substancës nën ndikimin e forcës afatgjate; kur ndalet veprimi i forcës, substanca ngadal e përsërit gjendjen e tij paraprake. Kështu, për shembull, kur te thupra metalike e mbështetur në të dy skajet në mes në kohë të gjatë do të vepron forca, thupra do të lakohet. Pas ndalimit të forcës, deformimi ngel, por pas një kohe të gjatë thupra do ta kthen gjendjen e tij paraprake. Në mënyrë të ngjashme qëndron edhe modeli i Kelvinit në të cilin ngulfatësi është shumë lëng viskoz. Në ndikimin e forcës F shtrëngimi i sistemit është ngadalshëm (fig. 4a), por kur do të arrihet (fig. 4b), spiralja ngadal do të kontrahira pasi në të pengon tërheqjen e ngulfatësit.

Me modelin e Kelvinit të cili vepron forcë gjatë kohë, përafërsisht mund të simulohet deformimi plastik, kurse përsëritja e mëvonshme e gjendjes fillestare përkujton elasticitetin. Prandaj ky model njëkohësisht i tregon materijalet me viskozitet të lartë të cilët kanë veti të kriptonit.

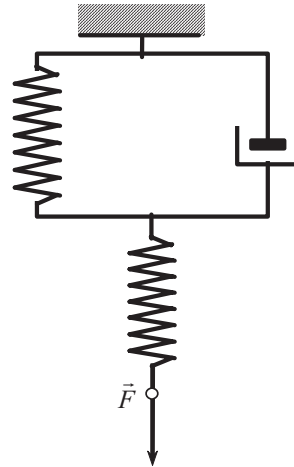


Fig. 7. Modeli i Maksvel-Kelvin

Modeli Maksvel-Kelvin. Modeli i Maksvel-Kelvinit është shembull për modelin reologjik i cili njëkohësisht regon veti të relaksimit dhe kriptonit. Megjithatë, këtu kjo veti nuk është plotësisht e arritur. Modeli e mban emrin pasi në realitet paraqet kombinim të modelit të Maksvelit dhe Kelvinit (fig. 7): pjesa me lidhje në seri të ngulfatësit dhe spirales i përgjigjet modelit të Maksvelit, ndërsa pjesa me lidhje paralele prej spirales tjetër dhe ngulfatësit i përgjigjen modelit të Kelvinit.

Gjatë shtrëngimit të menjëhershëm dhe mbajtja e një klohe të gjatë të gjatësisë vjen në shprehje vetia e relaksimit, por me shtrëngimin vetia e relaksimit por me shtrëngimin e ngulfatësit zgjatet dhe me të lidhja paralele e spirales. Procesi i shtrëngimit mbaron kur tensionet normale mekanike të të dy spiraleve ndërmjet veti do të barazohen. Prandaj tensioni i shtrëngimit ndërmjet veti të sistemit skaji nuk bie në zero. Nga ana tjetër, lidhja paralele e spirales lëngu viskoz (amortizeri) ka skajet e tij (amortizeri) ka veti kritin e vet.

Sjellja viskoze elastike e disa sistemeve biologjike. Duke e shqyrtuar sistemin biologjik tregojnë muskujtë, ligamentet te shumica e qelizave. Muskujt e skeletit sillen si modeli i Maksveli-Kelvinit (fig. 7) pasi janë ndërtuar prej materijaleve plastike (proteinët, aktini etj.), të cilat janë të radhitura paralele me materialet elastike. kurse ato së bashku, pra në seri me korda elastike.

Muskujt e lëmuat përbëhen kryesisht prej materijaleve plastike. Me ato lidhja paralele qeliza elastike është në sasi minimale. Prandaj sistemi i këtillë, si rezultat i sasisë së vogël materijli elastik model i M; model me relaksim të shprehur edhe edhe pse tregon veti të kritos dhe relaksimit.

Arterjet përafërsisht janë ndërtuar 1/3 prej muskujve të lëmuat (materijal plastik) dhe 2/3 qeliza elastike e lidhur (elastin dhe kolagren), parandaj paraprakisht karakterizohet me vetinë e relaksionit. Kur në pjesën e arterjeve shpejt do të inzhektohet ndonjë lëng, arterja momentalisht zgjerohet, por lëngu në to do të jetë nën shtypjen e caktuar. Gjatë periudhës më të gjatë arterja e zgjeruar e mban formën e saj të re, por shtypja të lëngu gradualisht bie dhe ngadal shkon deri të relaksimi i faqeve të murit prej arterjes (shtypja të lëngu nuk bie në zero), kështu sistemi biologjik sillet ngjashëm si modeli Maksvel-Kelvinit (fig.7).

Struktura e mureve të venëve është e ngjashme me strukturën e arterjeve. Edhe të dy muret janë ndërtuar shtresa të muskujve dhe fuje elastike të lidhura me qelizën e lidhur kolagene. Përsëri muret e venëve kanë më pak qelizë muskulore dhe elastike. Prandaj venet nuk janë të ngurta dhe nuk e mbajnë formën kur shtypja e brendshme do të bie.

Venët tregojnë veti të kritos. Prandaj kur vena do të shtypet mirë, shtypja prej venës së ndalur rregullisht e zmadhon prerjen tërthore të tij që të fiton rrezin e tij paraprak.

20.6. MEKANIZMI I KONTRAKSIONIT TË MUSKUJVE

Kontraksioni izometrik dhe izotonik.

Gjatë stimulimit ose ngacmimit të muskulave ato shkurtohen (kontrahiraat). Kontraksioni i muskulave mund të jetë izometrik dhe izotonik. Kontraksionizometrik dhe izotonik i muskulave janë dy procese të domosdoshme në organizimin i cili kryen punë. Kontraksioni izotonik siguron zhvendosjen e objekteve ose mjete për punë, kurse izometrie-lëvizja e këtyre objekteve ose mjete. Kontraksioni izometrik i muskulave (isos-njëjtë, metron-njësia) ndodh kur gjatë stimulimit ose ngacmimit gjatësia e muskujve nuk ndryshon. Edhe pse gjatësia nuk ndryshon zhvillohet forca te pikat ku është përforcuar muskuli (fig. 1a).

Gjatë kontraksionit izotonik i muskulave (mnus-zension, tenzion) ndodh shkurtimi i skajeve të tyre. Kontraksioni i atillë realizohet kur muskuli është fiksuar. Në njërin skaj të muskulit përforcohet për njërit krah të levit të rendit të parë (lev dy krahësh të forcës), kurse për krahun tjetër të levit te i cili ka ngarkesë (fig. 1b). Në këtë rast forca që zhvillohet te muskuli gjatë kontraksionit ka vlerë të përhershme (të barabartë me peshën) popr gjatësia dhe kontraksioni ndryshojnë.

Nëse krahu i levit për të cilin është përforcuar muskuli i fiksuar me ndihmën e vintit (i cili mund të rrotullohet) dhe kështu të rregullohet kontraksioni, përkatësisht të mundësohet zgjatja e tij nën veprimin e krahut tjetër të levit te i cili ka pesha (fig. 1c). Gjatë stimulimit të muskulit forca e kontraksionit në fillim rritet deri te vlera e caktuar, e barabarftë me peshën (që i përgjigjet kontraksionit të tij izometrik), kurse pastaj ngel kontanta (që i përgjigjet kontraksionit izotonik të tij). Në këtë mënyrë gjatë stimulimit të caktuar përcillet kontraksioni izometrik-izotonik.

Te fig. 1a,b,c në mënyrë skematike është paraqitur kontraksionit izometrik, izotonik dhe kombinimi izometrik-izotonik.

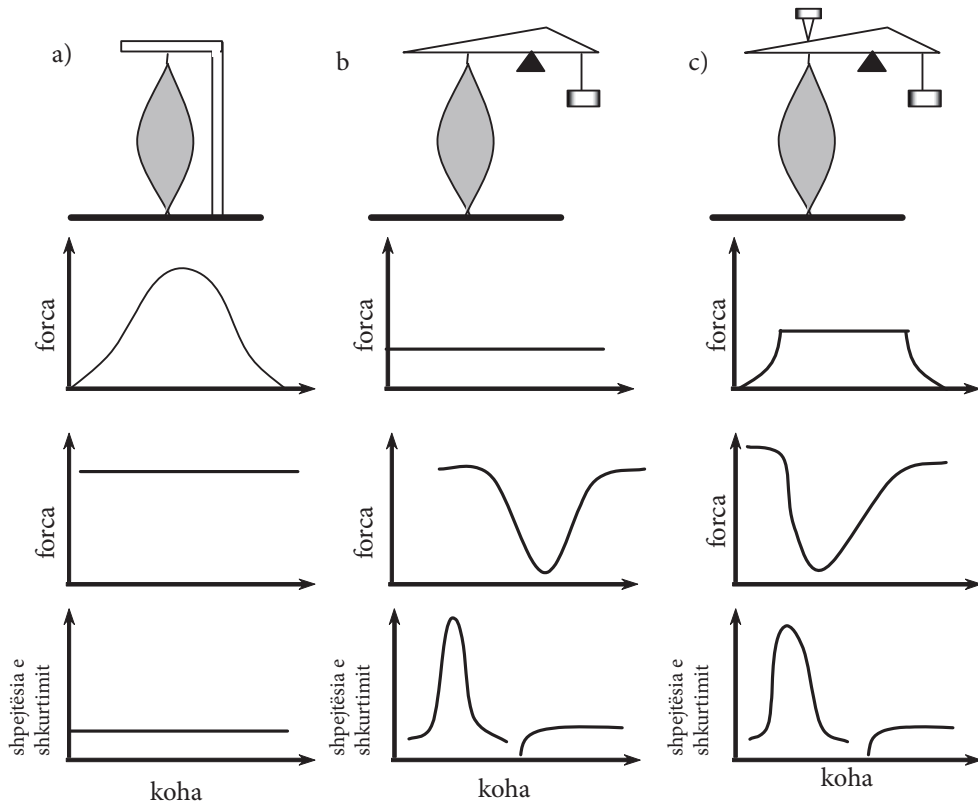


Fig. 1. Paraqitja skematike e kontraksionit a) izometrik, b) izotik dhe c) kombinimi izometrik-izotik

Megjithatë, te çdo lloj i kontraksionit përcillet ndryshimi i forcës së muskullit, gjatësia e tij dhe shpejtësia e kontraksionit në funksion të kohës.

Nëse muskuli ngacmohet me impuls elektrik me kohë zgjatje të shkurtër dhe mjaft të fuqishëm (2b), ai në fillim kontrahohet, por pastaj relaksohet me vendosjen e gjendjes fillestare (fig.2a).

Koha ndërmjet fillimit të stimulimit dhe fillimit të kontraksionit quhet periodë latent. Intervali kohor prej fillimit të kontraksionit deri te arritja e vlerës së tij maksimale njihet si perioda e kontraksionit, ndërsa intervali prej kësaj vlere maksimale deri te momenti i qrritjes së gjendjes fillestare të muskullit, quhet perioda e relaksionit

(fig.2a). Prej fig. 2b mund të vërehet se stimuli (impuls kënddrejtë) zakonisht zgjat shumë shkurtër prej kohës për kontraksion dhe relaksion i muskulli.

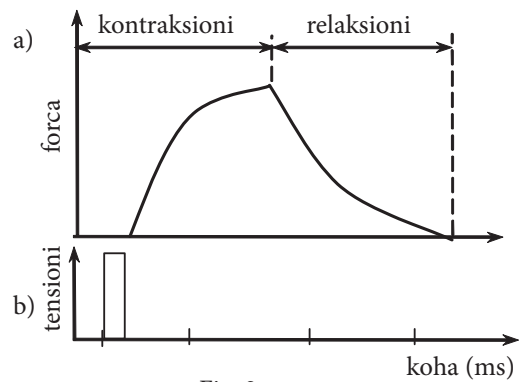


Fig. 2

Shpejtësia e kontraksionit të muskullit varet prej rolit të tij në sistemin muskulo-skeletor. Për shembull, kontraksioni i muskullit të muskullit të syrit zgjat 0,01 s, Ndërsa zgjatja e kontraksionit të muskullit soleus është shumë gjatë është 0,1 s. Dinamika e kontraksionit të muskulave përshkruhet me:

1. **Varësia e kësaj force të muskullit të kontraksionit prej gjatësisë së tij.** Në fig.3 janë paraqitur tre grafikë të ndryshëm të këtyre varësive. Lakorja 1 te fig. 3 e tregon lidhjen forcë-gjatësi për muskulin jo aktiv (paraprakisht jo stimulativ). Me zgjatjen e muskullit nën veprimin të forcës në të cilin ai kundërshtohet ajo dhe menjëherë rritet. Kur muskulli do të nënshtrohet ligjit të Hukut të elasticitetit, kjo varësi do të jetë lineare. Prej lakore 1 te fig. 3 mund të përfundohet se muskulli pasiv ka veti të elasticitetit jo linear.

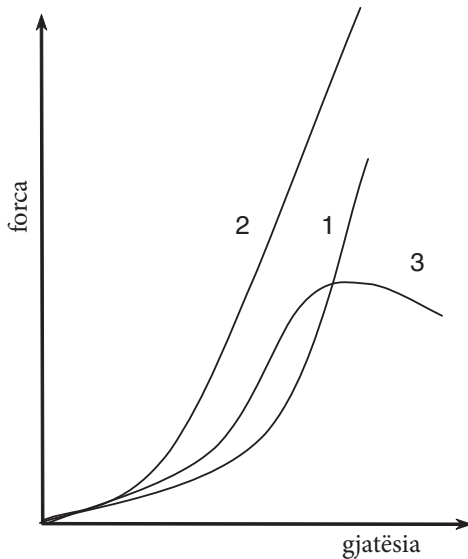


Fig. 3, Varësia e forcës e kontraksionit të muskullit prej gjatësisë së tij

Lakorja 2 të fig. 3 tragon se forca maksimale e paraqet zgjatjen e muskullit gjatë kushteve izometrike kur gjatësia e muskullit paraprakisht është fiksuar (fig. 1a), rritet në mënyrë relative të njëtrajtshme. Lakorja 3 e figurës së njëjtë figura është fituar si ndryshim prej lakoreve

2 dhe 1. Ajo e paraqet forcën me të cilën muskulli gjatë kontraksionit izometrik kundërshtohetme vetitë kontraksionale të tyre (nuk është prej elasticitetit).Prej lakores shihet se gjatë gjatësisë së caktuar të muskullit kjo lakore arrin maksimum i cili varet prej llojit dhe natyrës së muskullit.

2.Varësia e shpejtësisë së kontraksionit të muskullit prej ngarkesës së tij. Shpejtësia e kontraksionit izometrik të muskullit bie me ngarkesë, dhe atë shpejtësia aq është më e vogël, sa muskulli është më i ngarkuar.Kur forcva është e barabartë me zero, shpejtësia e kontraksionit arrin madhësi maksimale të mundshme (v_{max}). Deri sa, kur ngarkesa është e barabartë me forcën maksimale (F_{max}) që muskulli gjatë gjatësisë së dhënë mund të zhvillohet, shpejtësia e kontraksionit është e barabartë me zero, d.m.th., nuk ka kontraksion, edhe pse muskulli është aktivizuar.

Shqyrtimi i shpejtësisë së kontraksionit të muskullit gjatë kontraksionit izometrik-izotonik (fig. 1c) grafikisht është paraqitur në fig.4.

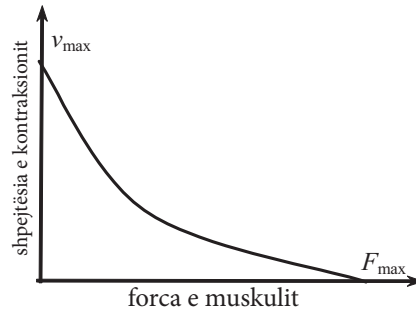


Fig. 4. Varësia e shpejtësisë së kontraksionit të muskullit prej ngarkesës së tij

Hil (Hill) në vitin 1938 tregoi se kjo lakore mund të paraqitet me hiperbollën të dhënë me barazimin:

$$(F + a)(v + b) = K, \quad (1)$$

ku F është forca e mujskullit (përkatësisht ngarkesa (fig. 1c) , v është shpejtësia e kontraksionit të muskullit, ndërsa a, v dhe K janë konstante. Barazimi (1) quhet barazimi karakteristik i Hilit.

20.7. MODELI TREKOMPONENT REOLOGJIK I MUSKULAVE

Vetitë themelore të mujskulit pasiv dhe aktiv relativisht me sukses simulojnë me modelin trekomponent (fig.1) Ai përbëhet prej elementit të kontrahuar (CE) dhe dy spirale jo lineare vetitë e të cilave nuk ndryshojnë, pa dallim a shqyrtohet muskuli në gjendjen aktive ose pasive.

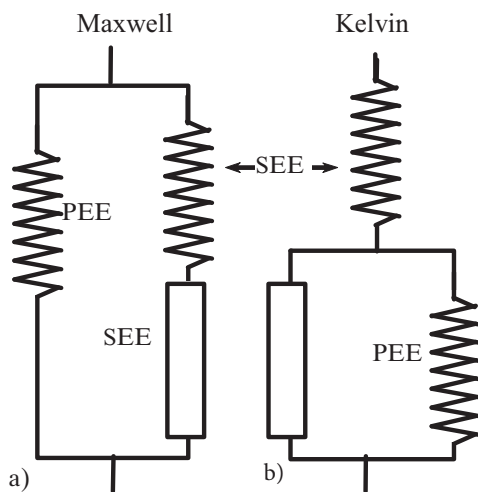


Fig. 1

Një spirale (elementi elastik paralele PEE) kryesisht i paraqet vetitë elastike të muskulit jo aktiv (pasiv), ndërsa tjetri (elementi elastik i lidhur në seri SEE) kryesisht i simulon vetitë elastike të muskulit aktiv (i ngacmuar). Poashtu, ngurtësia PEE ($\Delta F / \Delta l$, ku Δl është ndryshimi i gjatësisë së spirales gjatë ndryshimit të veprimi të forcës për ΔF), është më e madhe se ngurtësia SEE. Emrat e këtyre elementeve rrjedhin prej asaj që PEE është paralel, SEE është në seri me elementin kontrahuar (CE). Të gjitha karakteristikat kontraktive të muskulit (sikurse janë varësia e forcës prej gjatësisë së tij, përkatësisht prej shpejtësisë së shkurtimit) u janë përshkruar aktiviteteve të CE modeli i sjelljes së spirales.

Që t'i plotëson kërkesat paraprake të elementit kontrahuar duhet të kënaqen këto kushte:

1. kur muskuli është në gjendje jo aktive (nuk është ngacmuar) CE sillet si amortizer i lëngut, dhe
2. kur muskuli është aktiv, CE në mënyrë spontane gjeneron energji për shkurtimin e saj të menjëhershëm, ose në kushte izometrike për zhvillimin e forcës.

Këto tre elemente mund të jenë të lidhura sipas modelit të Maksvelit dhe Kelvinit. Te modeli i Maksvelit PEE paralelisht është i lidhur me CE dhe SEE (fig.1a), ndërsa te modeli i Kelvinit (fig. 1b) PEE është paralel vetëm me elementin kontraktibil. Në praktikë, edhe pse të dy modelet posedojnë vetë të ngjashme, më shpesh shfrytëzohet modeli i Maksvelit.

Te modelet të paraqitura te fig.1 kontraksioni i muskulave është simuluar gjatë kushteve izometrik të aktivizimit, d.m.th., gjatë shkurtimit të menjëhershëm CE (njëkohësisht SEE shtrëngohet për të njëjtën gjatësi), kuse relaksioni fillon kur gjendja aktive do të ndërpritet. Në këtë moment CE bëhet amortizer që relativisht ngadal shtrëngohet nën veprimin e spirales relative paraprakisht SEE (PEE gjatë kontraksionit izometrik dhe relaksioni mban gjatësi të pandryshueshme).

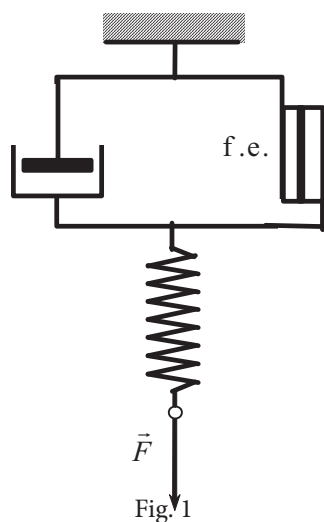
Modeli trekomponent si tërësi tregon zëvendësimin funksional për sjelljen e muskulave, kjo do të thotë se ndërmjet komponenteve të veçanta të modelit dhe tërësia anatomike e muskujve nuk duhet të kërkohet me çdo çmim analogji të mëtutjeshme. Poashtu, duhet të përmendet se kordat jo të kontrahuara të skajeve të mujskujve të cilët ngjiten për eshtarve të skeletit, përgjigjen në lidhjen në seri të elementit elastik (SEE), ndërsa qeliza e lidhur mbështetëse, që i mbështjell leshrat e muskulave, përgjigjet elementit elastik i lidhur paralelisht (PEE).

20. 8. VETITË REOLOGJIK TË GJAKUT

Plastika e Bingamit. Plastika e Bingamit (Bingham) është material reologjik me viskozitet të lartë, në rend të parë, tregon gjendje plastike, kurse sipas vetive të vet përkujton në lëng shumë

të dendur (viskoze) me veti të materijaleve plastike të buta. Prandaj sjellja e plastikës së Bingamit mund të përshkruhet me modelin e Maksvelit.

Modeli i plastikës së Bingamit. Modeli reologjik i plastikës së Bingamit fitohet kur paralelisht me ngulfatësin prej modelit të Maksvelit do të shtohet element friksio f.e. (fig.1). Ky element është parfaqitur me dy pllaka fortë të lidhur të elementit friksioni (frikcioni-fërkim) e bën shtrëngoe i amortizerit është e pamundshme. Kur forca F do ta arrin vlerën e forcës së fërkimit statik ndërmjet pllakave (d.m.th., vlera e forcës kritike F_0), pllakat fillojnë të rrëshqasin njëra nëpërmjet tjetrës. Prej kur të filloj rrëshqitja e pllakave, modeli sillet si edhe modeli i Maksvelit.



Plastika ideale e Bingamit. Kur ndërmjet sipërafave (shtresave) të fig. 1 kapitulli 9.12 do të mendohet si „fluid“ që oi ka vetitë e përmendura, sipërfaqja e sipërme do të fillon të lëviz atëherë kur forca F do ta arrin vlerën kritike F_0 . Në këtë rast tensioni kritik normal e ka vlerën $\tau_0 = F_0/S$. Nëse tensioni normal τ të substancës së këtyllë është me varësi lineare prej gradientit të shpejtësisë

$D = \Delta v / \Delta x$ (d.m.th., tregon veti të lëngut të njutnit), tani në vend të ligjit të Njutnit për barazimin e viskozitetit prej kapitullit 9.12 analoge me ligjin e Hukut,

$$\tau = \frac{F}{S} = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x}, \quad (1)$$

ku herësi $F/S = \tau$ e shpreh tensionin normal ndërmjet dy shtresave prej lëngut.

Kur forca F , ka intenzitet më të madh prej vlerës kritike F_0 , në këtë rast barazimi 1 duhet të shkruhet:

$$\tau - \tau_0 = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} = \eta D \quad (2)$$

Eksperimentalisht është vërtetua se gjaku ka tension kritik $\tau_0 = 5 \text{ mPa}$. Plastika e Bingamit e cila e ka vetinë në pajtim me kushtun (2) është plastika ideale e Bingamit. Varësia grafike e τ prej gradientit të shpejtësisë $\Delta v / \Delta x$ për këtë plastikë është paraqitur me (3) në fig.2. Prej grafikut shihet se gradienti i shpejtësisë, (pr me të edhe shpejtësia e rrjedhjes së substancave) ka vlerë zero deri sa τ nu e arrin vlerën e tensionit kritik τ_0 . Pastaj τ rriket linearisht me rritjen e gradientit të shpejtësisë.

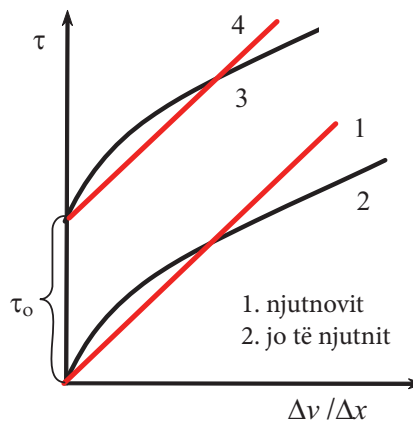


Fig. 2

Te lëngjet, skurse janë tretjet organike të larta molekulare (tretje të polimerëve ose sistemeve

disperze), viskoziteti varet prej rezhimit të rrjedhjes, shtypjes dhe gradientit të shpejtësisë. Gjatë zmadhimit të tyre, viskoziteti zvogëlohet, që është rezultat e prishjes së strukturës së brendshme. Lëngjet e atilla janë lëngje jo të njutnit. Te lëngjet jo të njutnit tenso tangjencial nuk është funksion linear prej gradientit të shpejtësisë (shiko fig. 2 lakorja 2). Numri më i madh i lëngjeve hoogjene, por shumica mjedise disperze u takojnë lëngjeve të njutnit, kurse shumica e mjediseve disperze dhe koloide-të lëngjeve jo të njutnit.

Plastika e Kasanit. Për tani vështir se mund të gjendet suspenzion që tërësisht do të silltet si ky model, d.m.th., ta kënaq barazimin (3). Prandaj janë propozuar modele të plastikës të cilat u nënshtrohen ligjeve tjera, por edhe më tutje tregojnë shtypje kritike, Njëri prej modifikimeve të vitit 1959 është propozuar prej Kasanit. Ai formalisht çdo madhësi nga barazimi (2) e ka zëvendësuar me rrënjë katrore të tyre. Nëse bai ρ мално секоја од величините во равенката (2) ги заменува со нивниот квадратен корен. Ако $\sqrt{\eta} = K \cdot$ barazimi i Kasanit shkruhet:

$$\sqrt{\tau} = K\sqrt{D} + \sqrt{\tau_0} \quad (3)$$

ku K është masa për ngurtësinë e materijalit. Pikërisht, suspenzioni sa është më viskoze, d.m.th., ζ është më e madhe, me këtë edhe K është më e madhe, prandaj K është masë e kompaktivitetit dhe ngurtësisë së substancës. Plastika përkatëse e Bingamit e cila e kënaq barazimin (3), quhet plastika e Kasanit. Eksperimentet tregojnë se gjatë kushteve të caktuara të gjakut sille si plastika e Kasanit.

20.9. TENSIONI KRITIK I GJAKUT. EFEKTI I MURIT

1. Tensioni kritik i gjakut. Eksperimentet tregojnë se gjaku te enët e gjakut posedojnë tension kritik prej $\tau_0 = 5$ mPa. Megjithatë kur ndodh befaz vazokonstriksioni ose kompresioni i enëve të gjakut prej sistemit të venës që sjell deri te ndalja e rrjedhjes së gjakut është që shtypja e gjakut në skajet e sistemit të venëve të siguron ndryshim

më të shtypjeve prej asaj, ekziston gjatë kushteve normale. Kur kushti i atillë nuk realizohet, është e mundur për shkak të reduktimit me furnizimin me gjak të vjen isëhemija dhe dëmtimi i enëve të gjakut.

Gjatë rasteve të këtilla dhe muri i enës së gjakut sillen si pllaka prej elementit të fraksionit (fig.1 prej 20.8). Pasi forca e fërkimit statik është më e madh prej forcës së fërkimit kinetik, njëherë gjaku i ndalur tregon fërkim më të madh me muret e enëve të gjakut prej fërkimit që e ka gjatë rrjedhjes së tij. Prandaj tani është e nevojshme forcë më e madhe që të përballohet forca më e madhe e fërkimit statik (d.m.th., gjaku të lëviz) prej forcës për mbështetjen e rrjedhjes së brendshme të gjakut nëpër enët e gjakut.

2. Efekti i murit. Mazjet eksperimentale tregojnë se viskoziteti i gjakut bie me zvogëlimin e rrezes kapilareve të enëve të gjakut (fig. 1). Sqarimi i këtij fenomeni bazohet në shumë faktorë.

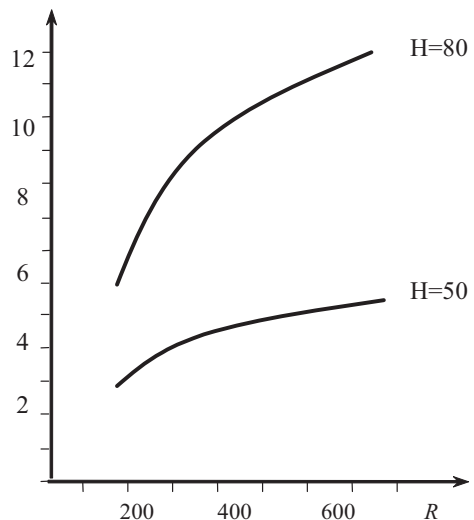


Fig. 1

Sikurse vërejtëm te kapitulli 9.14, sipas ligjit të Puazes, rrjedhja e lëngut viskoz-gjak nëpër gypin cilindrik me gjatësi l dhe rreze R është:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l} \quad (1)$$

Prej këtij barazimi rezistenca hidrodinamike e enëve të gjakut mund të shprehet me:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l} = \frac{\Delta p}{R_h} \quad (2)$$

Përkatësisht, rezistenca e përgjithshme gjatë rrjedhjes së lëngut, të quajtur rezistencë hidrodinamike (periferik) R_h është:

$$R_h = \frac{\Delta p}{Q}; \quad \text{ku} \quad R_h = \frac{8\eta l}{\pi R^4} \quad (3)$$

dhe varet prej viskozitetit të gjakut, gjatësisë së gypit dhe syprinës së prerjes tërthorfe nëpër të cilin rrjedh gjak. Gjatë analizës së barazimeve (1) dhe (3) vijon se te enët e gjakut me rreze të vogël rezistenca hidrodinamike do të jetë shumë e madhe (rrjedhja Q e zvogëluar), që kërkon edhe shtypje të zmadhuar që të ngel Q e pandryshueshme. Megjithatë matjet tregojnë se gjithmonë nuk është ashtu.

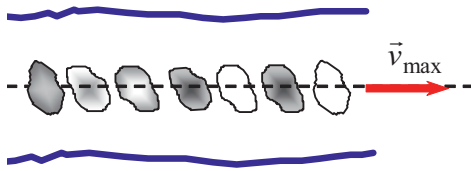


Fig. 1. Efekti i murit të enës së gjakut

Vëzhgimet mikroskopike tregojnë se në afërsi të mureve të enës së gjakut gjithmonë gjenet shtresë vetëm prej plazmës së gjakut dhe disa proteina të skoncetruara në shtresat e brendshme dhe lëvizin nëpër boshtin e simetrisë së enës së gjakut.

Zona jo qelizore është aq e gjerë, sa shpejtësia e gjakut është më e gjerë. Trashësia e kësaj shtrese është po aq më e madhe, sa është më e vogël prerja tërthore e enës së gjakut. Prandaj, ky efekt është më i fuqishëm i shprehur te kapilaret, te hematokriti gjithmonë është me vlerë më të vogël. Hematokriti paraqet (në përqindje) raport ndërmjet vëllimeve të plazmës dhe elementet e formuara prej gjakut

(kryesisht eritrocitet). Gjatë rrjedhjes së gjakut nëpër enët e ngushta të gjakut-kapilarët, viskoziteti i gjakut dhe prej deri në 50% është më i vogël prej viskozitetit të enët e gjera të gjakut. Zvogëlimi i viskozitetit mundëson shtypje të zmadhuar të gjakut (1). Përkatësisht gjatë rrjedhjes së gjakut nëpër kapilaret ekziston tendencë grimcat e susenduara, para së gjithash eritrocitet, t'i lëvizin nëpër boshtin e enës së gjakut. Kjo dukuri është quajtur *efekti i Fahraeus-Lindqvist ose efekti i murit të enës së gjakut* (fig. 1).

Që të sqarohet ky efekt vërejtëm se shpejtësia e grimcave të gypit cilindrik sikurse janë edhe skajet e enëve të gjakut është dhënë me

$$v = \frac{P_1 - P_2}{4\eta l} (R^2 - x^2) \quad (4)$$

Përkatësisht për shkak të simetrisë, grimcat e lëngut të cilat janë një lloj të larguara prej boshtit gjeometrik, kanë shpejtësi të barabarta. Shtresa që është drejtpërdrejt në kontakt me muret ($x=R$) ka shpejtësi $v=0$, ndërsa shpejtësi më të madhe v_{max} ka shtresa për së gjati boshtit gjeometrik ($x=0$). Përkatësisht :

$$v_{max} = \frac{P_1 - P_2}{4\eta l} R^2 \quad (5)$$

Domethënë, shpërndarja e shpejtësisë së grimcave të prerja e caktuar e gypit me rreze R ndryshon sipas ligjit parabolik. Tani është e qartë pse trupthet e gjakut prej fig.1 lëvizin nëpër boshtin e enës së gjakut.

20.10. VISKOZITETI I SISTEMEVE DISPERZE - HEMATOKRITI I GJAKUT

Ligji i Njutnit për viskozitetin plotësisht nuk i kënaq eksperimentalisht vlerat e caktuara për viskozitetin e mjedisit disperz-gjaku. Eksperimentalisht është treguar se gjaku rritet linearisht me rritjen e hematokritit (fig. 2). Për njeriun e shëndosh hematokriti është ndërmjet 40% dhe 48%.

Viskoziteti i gjakut varet, para së gjithash, prej numrit dhe vetive të qelizave të gjakut, veçanërisht prej eritrocitëve dhe sasisë së disa

substancave jo organike dhe organike (natriu kloridi, albumini serum dhe globulini).

Viskoziteti i gjakut në mënyrë të konsiderueshme rritet koncentracioni i CO₂, prandaj zmadhohet vëllimi i eritrocitëve, që çon nga zmadhimi i vlerës së hematokritit.

Oksigjeni e zvogëlon koeficientin e viskozitetit të gjakut, prandaj gjaku i venës ka koeficient më të madh të viskozitetit prej arterjes. Ushqimi i pasur me karbon hidrate e zvogëlon koeficientin e viskozitetit të gjakut, kurse yndyrat-i zmadhojnë.

Viskoziteti i gjakut e zmadhon thartirën e verzës, alkooli dhe eteri, kurse e zvogëlon kinini dhe acidi fosforik. Te njeriu i shëndosh koeficienti i viskozitetit të gjakut është ndërmjet 3,5·10⁻³ Pa.s dhe 6·10⁻³ Pa.s, kurse gjatë sëmundjeve patologjike shumë ndryshon dhe lëviz ndërmjet (1,7 - 25)·10⁻³ Pa.s.

Te lëngjet, sikurse janë tretjet organike me molekula të larta (tretje të polimereve ose sistemeve disperse: emulzione dhe suspensione), viskoziteti dinamik varet prej rezhimit të rrjedhjes, shtypjes dhe gradientit të shpejtësisë. Gjatë zmadhimit të tyre, viskoziteti zvogëlohet, që është rezultat prej shkatërrimit në strukturën e brendshme, Lëngjet e atilla janë lëngje jo të njutnit.

gjene u takojnë lëngjeve jo të njutnit, kurse shumica mjediseve disperse dhe koloide-të lëngjeve jo të njutnit. Shumë lëngje biologjike (gjaku, limfa, lëngjet digestive dhe sekrete) paraqesin mjedise disperse.

Koeficienti i viskozitetit dinamik të mjedisit të disperzitet të dhënë nuk është madhësi konstante. Për mjedisi disperz në të cilin gjenden grimcat e suspenduara sferike, dimensionet e të cilave janë shumë të mëdhaja prej rrzes së molekulave të tretësit viskoziteti të shprehet me:

$$\eta_c = \eta_0 (1 + K c) , \quad (1)$$

ku η_c është koeficienti dinamik i viskozitetit të suspensioneve; η_0 është viskoziteti i mjedisit në të cilin janë suspenduar grimcat; K është koeficienti i proporcionalitetit, vlera e të cilit varet prej formës së grimcës (për grimcat sferike K=2,5, në rasti e gjakut si sistem i disperzuar, elementet ndërtuese eritrocitet kanë formën e thuprës ose elipsoidë rrotulles për ato K është ndërmjet 4 dhe 10); c është koncentracion i i vëllimit igrimcave të disperguara, të dhëna me barazimin $c = V_d / V_s$, ku V_d është vëllimi i përgjithshëm i grimcave të disperguara, V_s është vëllimi i mjedisit të disperzitet. Kur bëhet jalë për gjakun c quhet hematokrit.

VISKOZITETI DINSMIK

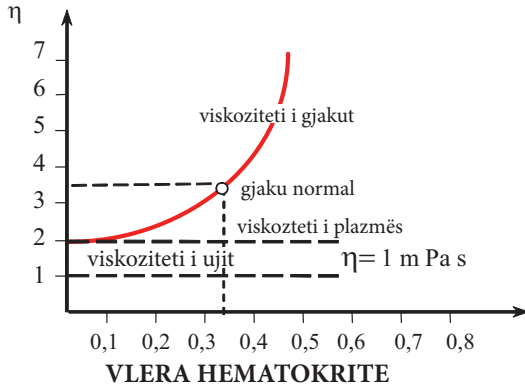


Fig. 1. Varësia e viskozitetit të gjakut me ndryshimin e vlerës së hematokrite e gjakut

Te lëngjet jo të njutnit të largimit të tensionit tangjencial nuk është funksion linear prej gradientit të shpejtësisë. Numri më i madh i lëngjeve homo-

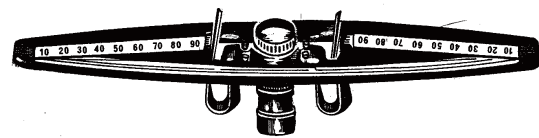


Fig.2. Hematokrit. Korniza për qeliza. që mund të vendoset në boshtin e centrifugës.

20.11. ZBATIMI I BARAZIMIT TË BERNULIT NË MEDICINË

Barazimi i Bernulit në medicinë ka zbatim të madh. Këtu do të përmendim disa, si për shembull, futja e barërave, largimi i i gjakut dhe lëngjeve tjera gjatë intervenimeve të ndryshme medicinale ose kirurgjike

nxjerrja e ujit ndërmjet hapësirës plevrene, kontruksioni i makinave për ndreqjen pa dhembje të dhëmbëve, kontruksion i pompave për qarkullimin e gjakut etj.

1. Futja e barnave pa gjilpërë

Futja e barit pa gjilpërë në organizëm mund të jetë në shumë mënyra. Futja e barëve (elektrilitë nëse nuk janë elektrolit parafaprakisht u futen jone) me ndihmën e rrymnës elektrike është e njohur si elektroforeza. Kjo dukuri është tani më e sqaruar dhe prandaj këtu nuk do të ndalemi në futjen e barëve me ndihmën e inhalatorit medicinal (fig.1).

Të kujtohem në barazimin e Bernulit e cila për gypin e vendosur horizontal $h_1=h_2$ mund të shkruhet:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (1)$$

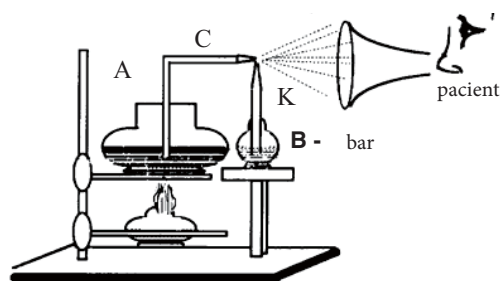


Fig. 1. Inhalatori mjekësor

Me barazimin e fundit, ligji i Bernulit merr formulim të ri: te gypi horizontal shuma e shtypjes statike dhe dinamike është madhësi konstante. Prandaj, nëse te ndonjë pjesë e gypit horizontal shpejtësia e qarkullimit zmadhohet, shtypja statike do të zvogëlohet ($S_1 < S_2$, $v_1 > v_2$ dhe $p_1 < p_2$)

Te inhalatori medicinal për llogari të shtypjes dinamike të zmadhuar, shtypja statike zvogëlohet.

Inhalatori medicinal-shërben për stërkjen e ndonjë lëngu (bar) për të marrë frymë. Ai funksionon si edhe pulverizator (shiko zbatimin e barazimit të Bernulit, ku në vend të ajrit nëpër gypin e horizontal C, lëshohet të qarkullon avulli i ujit e cila fitohet me nxemje

të ujit te gypi A.

Për shkak të shpejtësisë së madhe të avullit të ujit, shtypja rreth vrimës së gypit K është më e ulët se shtypja atmosferike. Poashtu, bari i cili është te baloni B hip nëpër gypin K dhe stërpiket në pika të imta dhe së bashku me avullin e ujit frymohet.

2. Principi i punës së turbo makinave për ndreqjen pa dhembje të dhëmbëve. Në stomatologji dhe medicinë shpeshherë disa intervenime shfrytëzohet pompa e bujzenit me vakuum me curil të ujit ose gaz të komprimuar (fi. 2)

Te turbomakinat për ndreqjen e dhëmbëve gazi prej kompresorit nën shtypje të madhe rrjedh prej gypit A që mbaron me vrimë të ngushtë ku krijohet shtypje dinamike e zmadhuar. Gazi hyn te gypi konik që pastaj të dale së bashku me lëngun që thithet prej rezervuarit R.

Hapësira C është balon që e përfshin gypin A, skaji i të cilit ngushtohet. Këtu për shkak të shtypjes dinamike të zmadhuar mbëzotëron shtypja statike e zvogëluar ku vjen deri te thithja e lëngut prej balonit R. Ky lëng kontribuon për ftohjen dhe përpunimin pa dhembje të dhëmbëve

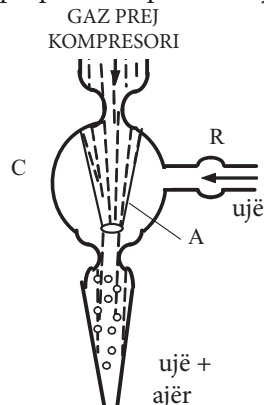


Fig. 2. Pompa e Bunzani-pjesa themelore e makinës për ndreqjen e dhëmbëve pa dhembje

Prej këtyre shkaqeve, nëse baloni C nëpërmjet R lidhet me sondën, mund të nxirret pështyma ose gjaku që mblidhet gjatë kryerjes së ndonjë intervenimi medicinal. Në të njëjtin princip nxirret edhe uji i mbledhur te hapësira ndërmjet të mushkurive të bardha.

21.1. BAZAT E MEKANIKËS RELATIVISTIKE

Të gjitha dukurtië fizike dhe proceset realizohen në hapësira të caktuara dhe zgjasin kohë të caktuar. Gjatë shqyrtimit të tyre, detyra kryesore është zbulimi i ligjeve të cilët, u nënshtrohen dukurive dhe proceseve, përkatësisht konstatimi i ligjeve me të cilët saktë mund të përshkruhen ndryshimet e objekteve materijale (substancat si trupa dhe fuisha) në vende të ndryshme në hapësirë dhe në momente të ndryshme kohore. Me zhvillimin e shkencës gradualisht njohuritë për hapësirën dhe kohën ndryshojnë.

Te mekanika klasike definohet hapësira absolute, d.m.th., hapësirë dhe kohës u përshkruhen veti të atilla me të cilat është e mundshme lehtë të përshkruhen dukuritë dhe proceset, sikurse janë lëvizjet e trupave. Disa prej të kuptuarit e rëndësishëm dhe parafytyrimeve për hapësirën absolute dhe kohën, gjatë shqyrtimit të lëvizjeve mekanike janë:

Hapësira dhe koha janë koncepte të pavarur njëri prej tjetrit.

Hapësira me vetitë e tij ekziston pavarësisht prej ekzistimit të materjes (trupat dhe fushat) dhe lëvizja e tij nëpër të; hapësira e Euklidit-të gjitha problemet gjeometrike zgjidhen me gjeometrinë e Euklidit; hapësira është e pafundshme, homogjene dhe izotrop në çdo pikë të tij ka çfarëdo numër të pikave tjera të afërta.

Koha rrjedh vetvetiu pavarësisht prej ekzistimit të lëvizjes së trupave; koha pa kthim rrjedh në një nëpërmjete të tanishmes nga ardhmëria; koha është e pandërprerë-ekzistojnë intervale të vogla të pafundshmenë çdo kohë; koha është homogjene-në momente të ndryshme vetitë e kohës janë plotësisht të caktuara.

Trupat në natyrë në çdo moment zënë pozitë të caktuar në hapësirë. Nëse tani, gjatë kohës pozita e ndonjë trupi ndryshon, atëherë themi se i lëviz. Prandaj, për shqyrtimin e lëvizjes është e nevojshme përcaktimi i pozitës, përkatësisht vendi ku ndodh trup gjendet.

Për shkak të vijueshmërisë dhe homogjenitetit të hapësirës asnjëherë nuk jemi në gjendje ta caktojmë gjendjen vetëm të një trupi në të, pasi nuk ka mundësi vendi i tij nuk ka mundësi vendi i tij në hapësirë ta dallojmë prej vendeve tjerë.

Në lidhje me të futet trupi referues, përkatësisht trupi me të cilin kushtimisht do të llogaritim se gjendet në ndonjë gjendje zero në hapësirën dhe në lidhje me të cilën, mund ta shqyrojmë lëvizjen dhe pozitën e trupave tjerë. Trupi referues gjithmonë zgjedh ashtu që në lidhje me të mund të gjendet më i thjeshtë të caktohet pozita e trupit të vërejtur.

Gjatë shqyrtimit të lëvizjes së trupave të Tokës, si trup referent më i thjeshtë sipërfaqja e Tokës. Te sistemi Diellor, gjatë të mësuarit e lëvizjes së planeteve, si trup referent e zgjedhim Diellin. Por, gjatë shqyrtimit të lëvizjes së trupave në Tokë, si trupa referent mund ta marrim cilido trup i Tokës. Nëse i eliminojmë dimensionet e trupit referent dhe e llogarisim për pikë materijale, atëherë fitojmë pikë referente.

Nëse pikën referente e mendojmë në fillimin e koordinatave të sistemit koordinativ kënddrejtë, atëherë i fitojmë sistem referent. Prandaj, kushtimisht e kontraktuar pozita zero gjendja në hapësirë është fillimi i koordinatave të sistemit koordinativ. Prandaj atë gjithmonë e shënojmë me zero. Te sistemi referent mundemi lehtë ta caktojmë gjendjen e pikës së dhënë ose trup në hapësirën ose ndryshimin e pozitës së trupave tjerë. Gjithmonë mundemi ta tregojmë ku ka ndodhur diçka.

Me siguri, gjatë shqyrtimit të dukurive dhe lëvizjeve paraqitet edhe një problem. Pikërisht, për shkak të kohës së pafundshme dhe homogjene, asnjëherë nuk jemi në gjendje të dallojmë vetëm një moment kohor, pasi të gjitha janë të barabarta ndërmjet veti. Kjo praktikisht do të thotë se nuk jemi në gjendje të themi kur ka ndodhur dukuria e dhënë, pasi nuk mund ta caktojmë momentin kohor në të cilin ndodh. Që të mundemi, themi kur ndodh diçka, është e nevojshme momenti kohor në të cilin ndodh ndonjë dukuri ta njehsojmë për zero moment kohor.

Çdo moment tjetër e caktojmë me intervalin e kohës që rrjedh prej mlomentit zero deri te i kërkuarai. Si moment zero, përkatësisht si moment kohor referent mund ta fiksojmë momentin në të cilin ka ndodhur ndonjë dukuri e njohur, mbi të cilën punon ndonjë aparat. Çdo sistem me të cilin mund të fiksohet momenti zero kohor dhe të maten intervalet e ndryshme kohore në lidhje me të, pavarësisht prej principin e konstruksionit, quhet orë.

Në bazë zë gjykimeve paraprake sistemin referent, tani mund të japim definicion të tërësis-hëm prej asaj që tani më e dim nga viti i parë:

Sistemi referent është tërësi e pandarë prej sistemit koordinativ dhe orës të lidhur për trupin referent të dhënë.

Dukuritë mekanike dhe lëvizjet gjithmonë i shqyrtojmë vetëm në sistemin e dhënë referent dhe atëherë flasim për lëvizjen relative dhe qetësimi relativ të trupave. Pa sistemin referent nuk jemi në gjendje ta caktojmë as vendin as kohën, përkatësisht nuk jemi në gjendje të konstatojmë ku ndodh ndonjë ngjarje dhe kur ndodh. Në bazë të kësaj përfundojmë se nuk ekziston qetësim absolut as lëvizje absolute ose se çdo lëvizje dhe çdo qetësim është relative.

21.1.1. Principi i relativitetit në mekanikën klasike dhe transformimet e Galileit.

Çdo lëvizje është proces objektiv që realisht ekziston pa dallim ndonjëri a e ka vërejtur, studion ose ndryshon. Çdo lëvizje rrjedh në hapësirën e dhënë dhe kohën..

Hapsira dhe koha si mënyrë e ekzistimit të materjes nuk mund të elemenohen, as, të apstrahohen të paktën edhe te studimet më të thjeshta fizike.

Paraprakisht vërejtëm se çdo lëvizje dhe qetësim është relative, që do të thotë se mund të shqyrtohet te detyra e dhënë e sistemit referent. Kështu për shembull, lëvizja e trenit mund ta përcjellim në lidhje me stacionin e trenit si sistem referent, të autobusit në lidhje

me stacionin e autobusit ose lokacioni i ndonjë aeroplani në hapësirën e radarit caktohet në lidhje me stacionin e radarit si sistem referent. Poashtu vëzhguesi dukuritë mekanike ose lëvizjet të cilat rrjedhin në sistemin referent mund t'i përcjell prej sistemit të njëjtë, por gjithashtu, edhe prej sistemi tjetër, i cili në lidhje me sistemin e parë ose lëvizja ose është në qetësi. Të dy sistemet të jenë qetësi. Të dy sistemet mund të jenë inercial ose jo inercial.

E kemi të njohur se të gjithë sistemet inerciale për të cilët vlen ligji i parë i Njutnit- ligji për inercion. Me fjalë tjera sistemi inercial referent do të ketë atëherë kur trupi referent, për të cilin i njëjti është i lidhur, është në qetësi ose lëviz drejtëvizorisht dhe njëtrajtësisht (ashgtu sikurse lëvizin trupat sipas inercionit). Çdo sistem tjetër që është i nxituar ose rrotullues është jo inercial. Kjo vlen për lëvizjen e trupave për dy lëvizje të trupave në lidhje me Tokën qëmendojmë se është në qetësi.

Nëse në lidhje me sistemin koordinativ referent, është dhënë trupi që lëviz njëtrajtësisht linearisht sistemi, por vijon dhe përfundimi logjik se edhe sistemi koordinativ kënddrejtë është inercialen.

Galile Galelie duke u nisur prej paraqitet klasike për hapësirën dhe kohën, në bazë të shqyrtimeve vizuale dhe eksperimenteve, ka dhënë konstatime të rëndësishme dhe relacione për rrjedhjen e dukurive mekanike në sisteme të ndryshme inerciale.

Njohuritë më të rëndësishme të Galileit për inercionin janë:

Te të gjithë sistemet inerciale koha rrjedh njëjloj shumë shpejtë. Kjo do të thotë se intervali i dhënë kohor i matur në një sistem është i barabartë me intervalin kohor të matur në tjetër sistem, nëse të dy sistemet ndërmjet veti qëndrojnë si sisteme inerciale.

Asnjëherë me kurrfarë prova mekanike nuk mundemi me siguri të konstatojmë cili prej dy sistemeve inerciale gjenden në gjendje të qetësimit, kurse cili në lëvizje, përkatësisht të konstatojmë dy sisteme inerciale (dy trupa) gjenden në gjendje të qetësimit, ose, të dy lëvizin njëtrajtësisht dhe drejtëvizorisht. Me fjalë tjera thëhur:

Të gjitha dukuritë mekanike si edhe ligjet të cilëve u nënshtrohen, njëjloj realizohen dhe një

lloj vlejné në të gjitha sistemet inerciale. Për këtë shkak asnjëri prej tyre nuk ka përparësi para të tjerëve. Çdonjëri prej tyre mundet kushtimisht të merren për të palëvizshme dhe të shfrytëzuar për përshkrimin e dukurive mekanike.

Qëndrimi i fundit në shkencë njihet si principi i Galileit të relativitetit ose principi klasik i relativitetit. Ai vlen vetëm për sistemin inercial dhe vetëm për dukuritë mekanike.

Ju mundeni ta njihni rëndësinë e tij në jetën e përditshme. Supozoni, udhëtoni me kamion në rrugë të drejtë me shpejtësi konstante. Nëse hedhni top prej lartësisë së kokës vertikalisht lartë në ajër, si do të lëviz ai? Ai bie drejt vertikalisht teposhtë dhe godet direkt në bazën nën pikën e hedhjes (fig. 1a). Lëvizja e topit tregohet se është krejtësisht e njëjtë si edhe te rasti nëse topi ishte hedhur prej njeriut që qëndron qetë në Tokë. Në këtë mënyrë eksperimenti ynë me kamionin në lëvizje është në pajtim me principin klasik të relativitetit. Me fjalë të tjera, ligji për gravitacion dhe barazimet për lëvizje gjatë nxitimit konstant janë ekuivalente prej asaj kamioni a është në qetësi ose lëviz njëtrajtësisht dhe drejtëvizorisht.

Tani ta marrim të njëjtin eksperiment të vërejtur prej vëzhguesit që qëndron në Tokë. Ky vëzhgues i palëvizshëm shikon se rruga është parabolë (fig. 1b).

Më tutje, sipas vëzhguesit, topi ka komponentë horizontale me shpejtësi të barabartë me shpeje kamionit.



Fig.1. Pamja e rrugës së topit i hedhur vertikalisht lartë: a) për vëzhguesin në sistemin lëvizës, b) gjatë eksperimentit i njëjtë për vëzhguesin e palëvizshëm prej Tokës rruga të topit është parabolë

Edhe pse të dy vëzhguesit dakordohen në disa aspekte të eksperimentit, ato janë dakorduar për vlershmërinë e ligjit të Njitnit dhe principert klasike për ruajtjen e energjisë dhe ruajtjen e impulsit. Pajtueshmëria e këtillë nënkupton se asnjë eksperiment mekanik nuk mund të tregohet ndonjë ndryshim ndërmjet dy sistemeve inerte referente. Vetëm diçka që mund të jetë vërejtur është lëvizja relative e një sistemi në lidhje me tjetrin. Kështu koncepti për lëvizjen absolute në hapësirë është e pa rëndësishme, sikurse është i parëndësishëm për sistemin e privilegjuar referent.

Mund të përfundojmë: edhe pse rrugët specifike janë të ndryshme, kjo nuk e thyen principin e relativitetit klasik, sipas të cilit ligjet e mekanikës, janë të njëjtë në të gjitha sistemet inerciale.

Të supozojmë se vërejmë dhe përshkruajmë ndonjë dukuri mekanike, si për shembull, lëvizja e trupit të dhënë në hapësirë, që gjendet në sistemin inert S, i cili është i palëvizshëm në lidhje me ne. Pyetemi, se si do ta përshkruan këtë dukuri vëzhguesi, i cili gjendet te sistemi tjetër inercial S', që lëviz në lidhje me të parin me shpejtësi konstante v dhe a ekziston ndonjë lidhje ndërmjet barazimeve që e përshkruajnë lëvizjen e trupit në të dy sistemet e përmendura?

Thënë ndryshe, a është e mundshme, nëse dihen barazimet që e përshkruajnë lëvizjen mekanike të trupit në lidhje me një sistem referent, me ndihmën e supozimeve të thjeshta matematikore dhe transformimet të fitohen barazime që

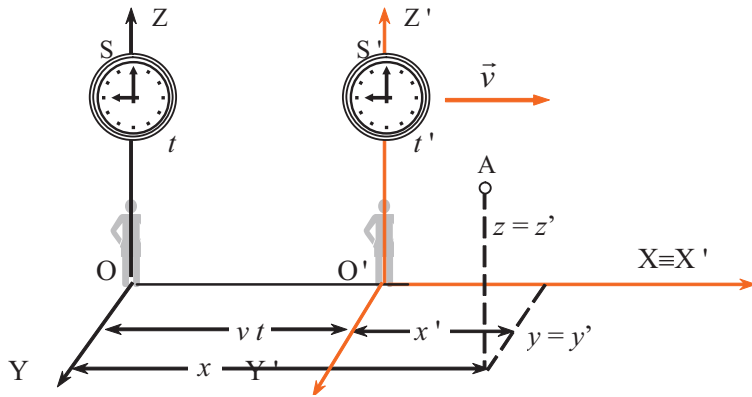


Fig. 2. Koordinatat e pikës A në dy sisteme referente

do ta përshkruajnë lëvizjen në lidhje me tjetër sistem? Tregohet se është e mundur, edhe barazimet, që mundësojnë ajo të bëhet, quhet transformime të Galileut. Sipas principit të Galileut të relativitetit, atë që do ta shikon dhe përshkruan vëzhguesi prej sistemit S, por ndodh në tjetër sistem S', do ta shikon dhe përshkruan vëzhguesi prej sistemit S', por ndodh te sistemi S.

Lëvizja e trupave i përshkruam, duke llogaritur se si pikat materiale, me barazime të cilat janë lidhur madhësitë që e përcaktojnë pozitën dhe gjendjen e të njëjtëve.

Nëse të përshkruarit njëherë e kryejmë në lidhje me sistemin inercial S, kurse herën e dytë në lidhje me sistemin S' për të gjithë ligjet të ngelin invarijant (të pandryshueshëm) në lidhje me të dy sistemet inerciale (sipas principit të Galileut të relativitetit), janë të nevojshme barazime të përshtatshme. Ato do t'i fitojmë në këtë mënyrë. Të dy sistemet S dhe S' te ndonjë moment fillestar $t_0 = 0$ plotësisht puthiten. Pas ndonjë kohe t sistemi S', duke lëvizur me shpejtësinë relative v të njëtrajtshme dhe drejtvizore në drejtim të boshtit X, do të gjendet në largësi $OO' = vt$. Në drejtim të boshteve Y dhe Z nuk ka zhvendosje, kurse boshtet Y dhe Y', si edhe Z dhe Z' ngelin ndërmjet veti paralele (fig. 2).

Në momentin e kohës t vëzhguesit e sistemit S e përshkruan ngjyrjen te pika A e përcaktuar me

koordinatat e saja (x, y, z) . Në të njëjtin moment vëzhguesi te sistemi S' për përshkrimin e të njëjtës ngjarje te pika A i përdor koordinatat (x', y', z') . Është e qartë se $y = y'$ dhe $z = z'$. Ndryshimi i madhësisë së koordinatave ndodh vetëm në drejtim të boshtit X'. Koordinata x' e pikës A varet prej kohës, pasi sistemi S' lëviz me shpejtësi v . Prandaj, sikurse mund ta shohim edhe prej fig. 2, këto koordinata janë të lidhura me barazimet:

$$x' = x - vt' \quad (1)$$

$$y' = y; \quad z' = z; \quad t' = t,$$

pasi koha rrjedh njëjtë $t' = t$.

Nëse pika A është e palëvizshme te sistemi S', atëherë koordinatat e saja te sistemi S, që lëviz me shpejtësi konstante $-v$ në lidhje me sistemin S' (majtas sipas fig. 2), shprehen në këtë mënyrë:

$$x = x' + vt' \quad (2)$$

$$y = y'; \quad z = z'; \quad t = t'$$

Nëpërmjet transformimet e barazimeve (1) gjatë përshkrimit të dukurive mekanike në sistemin S kalojmë në sistemin S', kurse me transformimet e barazimeve (2), anasjelltas. Barazimi i fundit ($t' = t$) tregon se koha në të dy sistemet rrjedh njëjloj.

Është e qartë se barazimet (1) dhe (2) janë identike, pasi në prej (2) shprehen x', y', z' dhe t fitohen barazimet (1).

Këto transformime të barazimeve janë **transformime të Galileut**. Ato janë, në rralitet, lidhja matematike ndërmjet koordinatave të pikës materiale të dhënë, me të cilat është përcaktuar pozita e saj në të njëjtin moment kohor në dy sisteme inerte të cilët ndërmjet veti lëvizin me shpejtësi konstante në drejtimin e dhënë. Me fjalë të tjera, barazimet (1) dhe (2) e shprehin shndërrimin e koordinatave dhe kohës në mekanikën klasike gjatë kalimit prej njërit në tjetrin sistem inercial.

Transformimet e Galileut bazohen në dy qëndrime në bazë të të cilëve është ndërtuar mekanika klasike:

1. apsolutizmi i kohës;
2. apsolutizmi i largësisë në hapësirë.

Sipas mekanikës klasike koha rrjedh nëpër të njëjtën mënyrë në të gjitha sistemet inerciale: orët e lëvizjes S dhe të atij që lëviz S'vëzhguesi tregojnë të njëjtën kohë. Apso lutizmi i kohës shprehet me barazimin $t'=t$.

Nëse $OA=x$, $OO'=vt$ dhe $O'A=x'$, në të njëjtin sistem inercial, atëherë barazimet (1) qartë do të jenë të sakta.

Realisht, $OA=x$ matet në sistemin inercial S, kurse OO' dhe $O'A$ -te sistemi inercial S'. Vijon se barazimet (1) nuk mund të fitohen pa e shfrytëzuar qëndrimin se segmenti ka një gjatësi të njëjtë në të gjitha sistemet inerciale (apsolutizmi i largësisë).

21.1.2. Ligji klasik për mbledhjen e shpejtësive

Të supozojmë se pika materiale lëviz në lidhje me të dy sistemet inerciale. Thjesht do të llogarisim se pika lëviz paralelisht me boshtin $O'X'$, me shpejtësinë u në lidhje me sistemin S', i cili lëviz me shpejtësinë v në lidhje me S. Si do të jetë poashtu shpejtësia e saj u në lidhje me sistemin e palëvizshëm S?

Në momentin e kohës t_j pika materiale le të gjendet në pozitën A_1 , kurse në momentin e kohës t_2 në pozitën A_2 (fig.3). Nëse në sistemin S pozita A_j ka koordinata $A_j(x_j, y_j, Z_j)$, atëherë për koordinatat e pikës materiale në pozitën e njëjtë

në pozita te sistemi S', në pajtim me transformimet e Galileut kemi:

$$x'_1 = x_1 - vt_1 \quad (3)$$

$$y'_1 = y_1; z'_1 = z_1; t'_1 = t_1$$

Në mënyrë analoge për koordinatat e pikës materiale në pozitën A_2 te sistemi S' kemi:

$$x'_2 = x_2 - vt_2 \quad (4)$$

$$y'_2 = y_2; z'_2 = z_2; t'_2 = t_2$$

Nëse prfj barazimeve (2) i zbresim barazimet (1) fitohet lidhja ndërmjet intervaleve hapësinore

$$\Delta x = x_2 - x_1 \text{ dhe } \Delta x' = x'_2 - x'_1$$

dhe intervalet kohore

$\Delta t = t_2 - t_1$ dhe $\Delta t' = t'_2 - t'_1$, të cilët i ndajnë të dy ngjarjet të matur në sistemet inerciale S dhe S'. T'i caktojmë ndryshimet e vlerave të koordinatave x'_2 dhe x'_1

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1 - v(t_2 - t_1)$$

ose

$$\Delta x' = \Delta x - v\Delta t \quad (5)$$

$$\Delta t = \Delta t' \quad (6)$$

përkatësisht

$$\frac{\Delta x'}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} - v \quad (7)$$

Ma barazimin (5) është dhënë lidhja ndërmjet intervaleve hapësinore, kurse me (6)-ndërmjet intervaleve kohore. Ato barazime i shprehin transformimet e Galileut gjatë kalimit prej një sistemi inercial në tjetrin. Pasi:

$$\frac{\Delta x'}{\Delta t'} = u' \text{ dhe } \frac{\Delta x}{\Delta t} = u,$$

atëherë

$$u' = u - v \text{ ose } u = u' + v \quad (8)$$

Nuk është e vështir të kuptohet çka ndodh

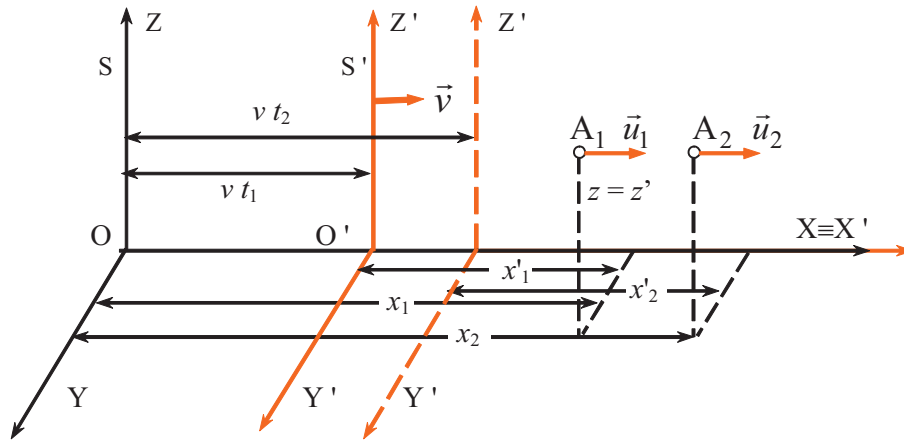


Fig. 3. Koordinatat e pikës lëvizëse në momente të ndryshme të kohës

nëse pika materiale lëviz në sistemin S' në çfarëdo drejtim me shpejtësi konstante u' , por vetëm sistemi në çfarëdo drejtim në lidhje me sistemin S me shpejtësi v atëherë për komponentet e shpejtësive përgjati boshteve X,Y dhe Z fitohmë:

$$\begin{aligned} u_x &= u'_x + v_x \\ u_y &= u'_y + v_y \\ u_z &= u'_z + v_z \end{aligned} \quad (9)$$

Këtu, u_x , u_y dhe u_z janë komponentet e shpejtësisë të pikës materiale prej pozitës A_1 deri te pozita A_2 , nëpër boshtet e koordinatave të sistemit S, kurse u'_x , u'_y dhe u'_z - paralele me boshtet e koordinatave të sistemit S'.

Përndryshe barzimi (9) paraqet se vektori \vec{u} është e barabartë me shumën e vektorëve \vec{u}' dhe \vec{v} , d.m.th.

Principi klasik i relativitetit, si edhe ligji klasik për mbledhjen e shpejtësive qëndron edhe për dukuritë e zërit.

Është e njohur se zëri si valë mekanike shpërndahet me shpejtësi të caktuar u . Me matjen e shpejtësisë së zërit prej sistemeve të ndryshme mund të vërtetojmë saktësinë e ligjit të Galileit për mbledhjen e shpejtësive. Për shembull, platforma P, le të lëviz me shpejtësi konstante v në lidhje me ajrin,

horizontalisht dhe drejtëvizorisht te kahja e shënuar (fig. 4).

Në mesin e platformës gjendet burimi i impulseve të zërit, për shembull zëri Z. Në të dy skajet gjendet nga një vëzhgues me stoperka. Në një moment prej autoparlantit emetohet impuls zëri të shkurtër. Edhe të dy vëzhguesit e masin kohën për të cilët deri te ato do të arrijnë i njëjti impuls. Vëzhguesi 1 në të cilin vala e zërit vjen në prag të valës së zërit do të mat ndonjë kohë Δt_1 , kurse vëzhguesi 2, i cili ik prej valës së zërit, do të mat vëzhguesi 2, i cili ik prej valës së zërit, do të mat kohë më të gjatë Δt_2 të arritjes në të njëjtin impuls deri te ai ($\Delta t_2 > \Delta t_1$).

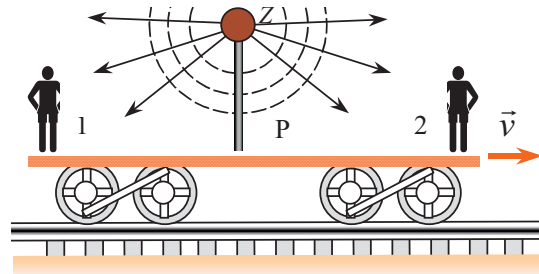


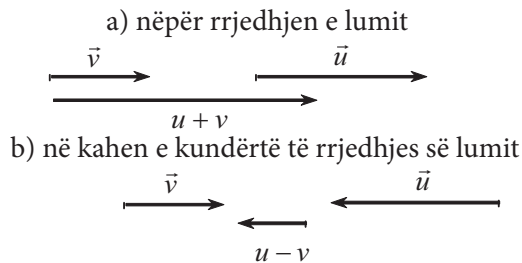
Fig. 4. Shpejtësia e zërit të matur në sisteme të ndryshme referente

Në rastin e parë vëzhguesi 1, i cili e mat shpejtësinë e zërit në kahë të lëvizjes së platformës do të gjen shpejtësi më të madhe të zgjerimit të valëve të zërit, se sa i dyti, i cili e mat shpejtësinë e zërit përballë kahës së lëvizjes së platformës, anasjelltas

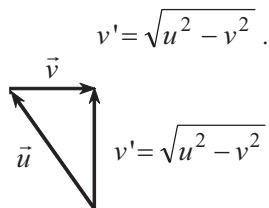
$u_1 > u_2$. Kështu që tensioni parë $u_1 = u + v$, i dyti $u_2 = u - v$. Këtu u është shpejtësia që e caktojnë vëzhguesit në platformën të palëvizshme, si sistem te i cili kryhet matja. Prandaj është e qartë se shpejtësia me të cilën lëviz sistemi në të cilin kryhen matjet që ndikojnë në vlerën e matur të shpejtësisë së zërit. Nëse, tani platforma është e qetë në lidhje me ajri ($v=0$), të dy vëzhguesit do të masin të njëjtën kohë Δt .

SHEMBULLI 1. Barka me motor lëviz nëlum që rrjedh me shpejtësi v dhe atë: a) sipas rrjedhjes së lumit, b) kundër rrjedhjes së lumit, c) normalisht në rrjedhjen e lumit. Barka me motor lëviz në ujë të qetë me shpejtësi u . Të vëzhgohet shpejtësia e barkës në [të tre rastet dhe të përgjigjet në cilin rast barka ka shpejtësi maksimale, përkatësisht minimale.

Zgjidhje: Te rastet nën a) dhe b) shpejtësia e barkës fitohet si shumë, përkatësisht ndryshimi idy vektorëve kolonar.



c) në këtë rast bëhet fjalë për mbledhjen e vektorëve sipas rregullës së paralelogramit, dhe shpejtësia me të cilën barka lëviz normalisht në rrjedhjen e lumit është



Barka ka shpejtësi maksimale kur lëviz sipas rrjedhjes së lumit, kurse më e vogël-përballë rrjedhjes së lumit.

Pyetje dhe detyra

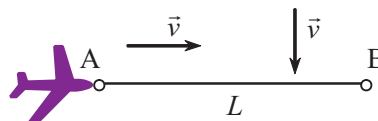
- 1.Çka është ajo sistem referent dhe cili është inercioni ?
- 2.Si thotë principi i Galileit (klasik) i relativitetit?
- 3.Të sqarohen ttransformikmet e Galileit. Në cilat qëndrime ato bazohen?
- 4.Hapësira dhe koha në mekanikën klasike janë ndërmjet veti të pavarura?
- 5.Ju jeni në vagon të mbyllur, pa dritare, të një treni që lëviz drejtvizorisht me shpejtësi konstante sipas hekurudhës horizontale.

A ekziston eksperiment fizikë i cili mund ta bëni te vagoni që tëpërcaktoni në cilën kahe lëviz treni?

- 6.Njeriu duke lundruar me barkë me shpejtësi 5 km/h në ujë të qetë. Dëshiron të kalon lumin me gjerësi 1 km, që rrjedh me shpejtësi 3 km/h. a) Nën çfarë këndi në lidhje me bregun duhet të orientohet barka që të arrin normalisht te bregu tjetër i lumit? b) Të caktohet shpejtësia e barkës në lidhje me bregun, c) Sa kohë i është e nevojshme njeriut me barkë që ta kalon lumin?

(Përgjigje: a) $\alpha=45^\circ$; b) $u=8$ km/h; c) $t=0,25$ h)

- 7.Aeroplani fluturon me shpejtësi u në lidhje me ajrin e qetë prej pikës A deri te pika B dhe kthehet. Krahasoe kohën e nevojshme për fluturim të aeroplanit kur era fryn prej A nga B me shpejtësi v me kohën e fluturimit kur era fryn me të njëjtën shpejtësi normal në vijën AB.



(Përgjigje: a) $t_p = \frac{2L}{u \left(1 - \frac{v^2}{u^2} \right)}$; b) $t_n = \frac{2L}{u \sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2}}}$
 $t_p > t_n$).

21. 2. PRINCIPET E AJNSHTAJNIT

Në mekanikë erdhëm deri në dijëni se të gjitha dukuritë mekanike dhe lëvizjet e trupave, në pajtim me principin e relativitetit të Galileit, një lloj rrjedhin në të gjitha sistemet referente, të cilat në lidhje me sistemin inert të dhënë lëvizin njëtrajtësisht dhe drejtvizorisht. Kjo do të thotë se në mekanikën klasike çdo sistem i atillë mund ta llogarisim si inercial.

Sikurse është e njohur, dukuritë në botën tonë nuk janë vetëm mekanike, por edhe elektrodinamike. Shkencëtarët prej gjysmës së dytë të shekullit XIX i interesonte për dukuritë elektromagnetike a vlen principi i Galileit të relativitetit dhe ligji klasik për mbledhjen e shpejtësive. Përkatësisht, dukuritë elektromagnetike a rrjedhin në të njëjtën mënyrë të gjitha sistemet referente të cilët lëvizin njëtrajtësisht dhe drejtvizorisht në lidhje me sistemin inercial të dhënë?

Eksperimenti i dëgjuar i Majkelsonovit për interferometrinë ka dhënë rezultat negativ. Ai rezultat, qe, nuk është dakorduar me teorinë ekzistuese. Pikërisht, patjetër është dashur të përvetësohet si fakt i sigurt, se nuk ekziston dallim në shpejtësinë e dritës në sistemin të lidhur me Tokën.

Me eksperimentet e interferometrisë në laboratorët bashkohore, me dritë të laserit dhe rreze-gama është konstatuar se shpejtësia e dritës me saktësi afërsisht $1 m/s$ në vakuum në lidhje me Tokën është e barabartë në cilindo drejtim.

Gjatë matjes së e/m për elektronot (ku e - mbushja elektronike, kurse m - masa e tij) është treguar se gjatë shpejtësisë së madhe të lëvizjes së elektronit, raporti e/m zvogëlohet me zvogëlimin e shpejtësisë. Nga pikëpamja e mekanikës klasike ajo ka qenë e pakuptueshme, nëse mbushja elektronike e elektronit e edhe masës m ngel që të mbesin të pandryshueshme, ashtu që ato të mos varen prej shpejtësisë së lëvizjes së tyre.

Që të sqarohen këto kundërthënie është e nevojshme teoria e re, e bazuar në parakushte të ndryshueshme prej atyreve të përvetësuara në

mekanikën klasike. Atë e ka krijuar në fillim të shekullit XX A. Ajnshtajni nëpërmjet futjes së postulateve të reja.

Në vitin 1905 A. Ajnshtajni, duke menduar për nevojën e rishqyrtimit të kuptimeve themelore të fizikës klasike për vetitë e hapësirës dhe kohës, i ka propozuar këto dy postulate nën të cilat duhet të bazohet principi i relativitetit:

1. Ligjet e fizikës plotësisht janë të barabarta me të gjitha sistemet inerciale. Me çfarëdo eksperimente fizike (mekanike, elektrike, optike) të realizuara me cilëndo sistem inercial e pamundshme është që ai sistem të jetë i qetë ose të lëviz njëtrajtësisht dhe drejtvizorisht.

2. Shpejtësia e dritës në vakuum c ka të njëjtën vlerë në të gjitha sistemet inerciale. Ajo nuk varet prej asaj se burimi i dritës ose vëzhguesi a lëvizin ose janë në qetësi.

Postulati i parë është i njohur si principi i Ajnshtajnit i relativitetit, kurse i dyti është i njohur si principi i shpejtësisë konstante të dritës.

Teoria, e krijuar prej A. Ajnshtajnit për përshkrimin e dukurive në sistemet inerciale, të bazuara në të dy postulatet, përkatësisht në bazë të principit të relativitetit të Ajnshtajnit, është quajtur teoria speciale e relativitetit.

Rëndësia e postulatit të parë është ky që vijon. Të gjitha ligjet fizike (por jo vetëm ligjet prej mekanikës) patjetër të jenë të shprehura me formula të atilla të cilat kanë formë të njëjtë matematike në të gjitha sistemet inerciale, pavarësisht prej asaj a lëvizin ato ose jo në lidhje me tjetrin. Asnjë sistem inercial nuk ka kurfar përparësi në lidhje me sistemet tjera të atillë, domethënë nuk ekziston sistem inercial absolut. Të gjithë sistemet inerciale janë ekuivalent dhe ndërmjet veti të barabartë. Ky princip i Ajnshtajnit i relativitetit në lidhje me principin e Galileit të relativitetit dallohet sipas asaj për sa u takon të gjitha dukurive natyrore, por jo vetëm për mekaniket.

Postulati i parë i Ajnshtajnit kërkon edhe futje të relacioneve transformimit, të ndryshme prej të Galileit

Me siguri postulati i dytë i Ajnshtajnit, domethënë se shpejtësia e dritës është e pavarur

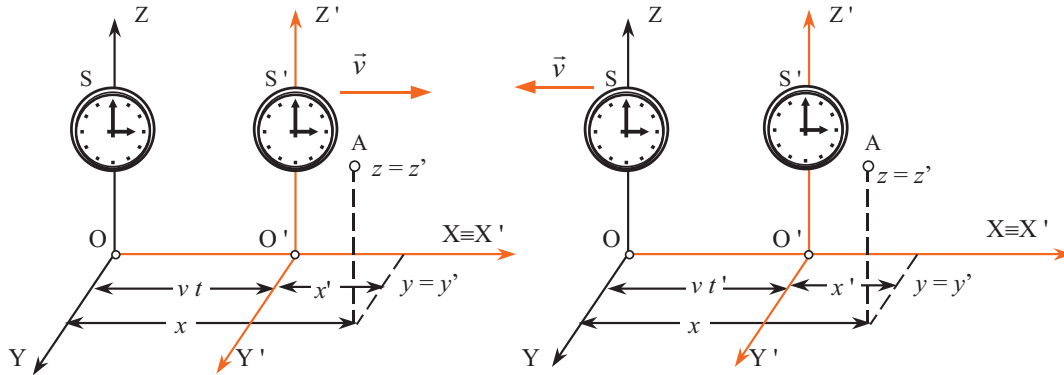


Fig. 1. Skema kah realizimi i ntransformacioneve të Lorencit

prej asaj sa është shpejtësia te sistemi inercial dhe në cilën kahe ai lëviz.

Por, në lidhje me atë parashtrohet kjo pyetje: Pse konstanta e shpejtësisë e dritës në vakuum merret si postulat, kur e dim se ajo vërtetuar eksperimentalisht? Eksperimentet e realizuara kanë dhënë rezultate të caktuara, kushte konkrete, që nuk e përjashtojnë mundësinë se edhe në disa të tjera, deri më sot kushte të anjohura, megjithatë mund të gjendet se ajo shpejtësi nk është konstante. Megjithatë, në teorinë e relativitetit postulohet se **shpejtësia e dritës në vakuum gjithmonë është konstante, pavarësisht prej çfarëdo lloj kushtesh dhe është e barabartë me $c = 299\,792\,458\text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$.**

21.2.1. Transformimet e Lorencit

A. Ajnshtajni në bazë të analizës matematike të realizuar për dukuritë natyrore, të cilët rrjedhin në sisteme inerciale, menjëherë ka treguar se transformimet e Galileit nuk u përgjigjen postulateve prej teorisë speciale të teorisë së relativitetit, të nevojshme janë edhe relacione tjera të transformimit të koordinatave dhe kohës gjatë kalimit prej njërit në tjetrin sistem inert.

Relacionet e atilla, sot të njohura si transformimet e Lorencit, i pari i ka rfealizuar fizikani holandez H.Lorenc në vitin 1890 duke sqaruar

disa dukuri nga elektromagnetizmi, para paraqitjes së teorisë së Ajnshtajnit për relativitetin. Megjithatë, Ajnshtajni i cili e ka njohur domethënie e tyre fizike dhe ka marrë hap të guximshëm për interpretimin e e tyra në kuadër të teorisë së relativitetit.

Që t'i realizojmë këto transformime do të shqyrtojmë d sisteme inerciale S dhe S', të cilët lëvizin relativisht njëri në lidhje me tjetrin me shpejtësi konstante v . Te sistemi inercial S dhe S' përkatësisht sistemet koordinatat kënddrejte XYZ dhe X'Y'Z' janë vendosur ashtu që boshtet X dhe X' puthiten njëri me tjetrin dhe me drejtimin e lëvizjes, kurse boshtet Y dhe Y', Z dhe Z' janë paralele (fig. 1). Sistemi S' me shpejtësi v , relative me S, lëviz në kahen pozitive të boshtit X , d.m.th. djathtas. Supozohet se momenti fillestar i kohës ($t=0$) fillimet koordinative O dhe O' puthiten. Kështu pas një kohe t e matur në sistemin S koordinata e pikës O' do të jetë vt .

Të shqyrtojmë një ngjarje që ndodh me pikën A me koordinata $x'=O'A$ në sistemin S'; dhe e kërkojmë koordinatën x në atë pikë të sistemit S. Nëse vëzhguesi është në sistemin S, në ndonjë moment t (i matur sipas orës së tij) ai i ka vërejtur pozitit e skajeve të segmentit O'A - koordinatat x (për pikën A) dhe vt (për pikën O'), atëherë gjatësitë e atij segmenti, të matur prej sistemit S do të jetë e përcaktuar me shprehjen $(x - vt)$ (shiko figurën 1).

Në mekanikën klasike gjatësia e ndonjë segmenti, nuk varet prej sistemit inercialë në të cilin ai matet, dhe na do të mund t'i barazojmë x' dhe $(x - vt)$ dshe në këtë mënyrë të fitojmë relacion prej transformimeve të Galileit.

Vërejtëm se transformimet e koordinatave të Galileit nuk janë në pajtim rezltatet e eksperimentit për shpejtësitë të krahasuara me shpejtësinë e dritës dhe vlejné për $0 < v < c$. Për shkak të kësaj duhet të gjenden barazime transformuese të cilat do të vlejné prej $v=0$ deri $v=c$.

Nga pikëpamja e teorisë së relativitetit nuk është e mundshme të vërtetohet se gjatësitë e segmentit O'A, të matur në sisteme të ndryshme inerte, puthiten. Por, megjithatë, duhet në çdo rast të jenë proporcionale. Prandaj mund të shkruajmë:

$$x' = k(x - vt), \quad (1)$$

ku k është konstante e proporcionalitetit. Tani t'i ndërrojmë rolet e sistemit S dhe S'. Marrim te sistemi S pikë A me çfarëdo koordinata x . Sistemi S le të lëviz me shpejtësi konstante $-v$ në lidhje me S' (në kahen negative të boshtit X' d.m.th., majtas (fig.1). Edhe pas ndonjë kohe t të matur në sistemin S' koordinata e pikës O do të jetë e barabartë me $-vt'$. Gjatësia, pra e segmentit OA në sistemin S është e barabartë me x . Gjatësia e këtij segmenti e matur prej vëzhguesit në sistemin S' do të jetë e barabartë me $(x' + vt')$ dhe mund të llogarisim se:

$$x = k(x' + vt'), \quad (2)$$

ku k është konstanta e njëjtë e proporcionalitetit, pasi sistemet inraciale S dhe S' janë plotësisht të barabarta (në pajtim me postulatit e parë të Ajnshtajnit).

Që ta caktojmë konstanten e proporcionalitetit k do ta shfrytëzojmë postulatit e Ajnshtajnit. Fillimet e koordinatave O dhe O' të sistemit S dhe S' le të puthiten ($X = X' = 0$) në momentin kur orët në të dy sistemet tregojnë kohën e njëjtë $t = t' = 0$. Në këtë moment shndrit llamba që gjendet te pika e palëvizshme A. Në ndonjë moment të ardhshëm t (të përcaktuar te sistemi S), përkatësisht t' (i përcaktuar te sistemi S')

drita arrin deri te vëzhguesi në fillimin e koordinatave të sistemit S i cili është i larguar për x , edhe te vëzhguesi në fillimin e koordinatave të sistemit S' - për x' .

Atëherë në bazë të postulatit të dytë të Ajnshtajnit ($c=c'$) mund të shkruajmë $x=ct$ dhe $x'=ct'$, të cilat i zëvendësojmë te relacionet (1) dhe (2) për x dhe x' :

$$ct' = k(ct - vt); \quad ct = k(ct' + vt')$$

Me nxjerrjen e kohës para kllapës dhe dhe shumëzimi i këtyre relacioneve fitohet

$$c^2 tt' = k^2 tt'(c - v)(c + v)$$

ose

$$c^2 = k^2(c^2 - v^2)$$

prej ku për konstanten e proporcionalitetit fitohet:

$$k = \frac{c}{\pm \sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{1}{\pm \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (3)$$

Duke e marrë vetëm vlerën pozitive për rrënjën prej relacionit (3), përfundimisht kemi:

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

Me vendosjen e kësaj vlere për k te (1) dhe (2), i fitojmë relacionet për koordinatat:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5)$$

Relacionet e transformimeve të Lorencit, të cilët i lidhin kohërat t dhe t' , mund t'i gjejmë në këtë mënyrë. Me pjesëtimin e anës së majtë dhe anës së djathtë te relacioni (5), për koordinatën x me shpejtësinë e dritës c , kemi:

$$\frac{x'}{c} = \frac{\frac{x}{c} - \frac{v}{c}t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{ose} \quad t' = \frac{x'}{c} = \frac{t - \frac{v}{c}t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Pasi $t' = \frac{x'}{c}$, por $t = \frac{x}{c}$, relacionin e fundit mund ta shkruajmë kështu:

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (6)$$

Nëmënyrë analoge për t prej relacionit (5), për koordinatën x kemi:

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (7)$$

Për shkak të sistemeve inerciale lëvizin sipas drejtimit të përbashkët të boshteve të abshisave, dy koordinatat tjera prej njërit sistem janë të barabarta me koordinatat përkatëse të sistemit tjetër: $Y' = Y$ dhe $Z' = Z$, $Y' = Y$ $Z' = Z$

T'i shkruajmë frelacionet e transformimeve të Lorencit për lëvizjen drejtvizore dhe të njëtrajtshme të sistemit inercial sipas drejtimit OX:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad Y' = Y \quad Z' = Z \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (8)$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad Y = Y' \quad Z = Z' \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (9)$$

Te ato x, y, z janë koordinatat e pikës në sistemin inercial S , te e cila intervali kohor t ndodh ndonjë dukuri elektromagnetike, kurse x', y', z' - koordinatat e pikës së njëjtë në sistemin S' , i cili në lidhje me të parin lëviz me shpejtës v , kurse e njëjta dukuri elektromagnetike e përcjellur prej sistemit të dytë ndodh në momentin t' .

Vërejtëm se te mekanika klasike hapësira dhe koha ndërmjet veti janë të pavarura. Prej transformimeve të Lorencit $\text{время} \text{ сема} \text{т} \text{у} \text{с} \text{е} \text{б} \text{н} \text{о} \text{ н} \text{е} \text{з} \text{а} \text{в} \text{и} \text{с} \text{и} \text{в} \text{и} \text{я} \text{н} \text{т}$ se hapësira duhet gjithmonë

të shqyrtohen të pandara lidhjet në një hapësirë katërdimensionale-bota e kohës, të njohur si bota e Minkovskit.

Transformimet e Lorencit mundësojnë të gjitha ligjet e fizikës për dukuritë të cilat rrjedhin në dy sisteme inerciale që lëvizin me shpejtësi v , të shprehin me relacione të njëjta.

Te transformimet e Galileit nuk ekziston kufizim i shpejtësisë me të cilën lëvizin sistemet inerciale njëri në lidhje me tjetrin. Shpejtësia mund të ketë vlera të ndryshme. Por, prej transformimet e Lorencit, për shkak të ekzisti-

mit të shprehjes nën $\left(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)$, vija thyesore

vijon se patjetër ekziston kufizim. Transformimet e Lorencit kanë kuptim fizik vetëm nëse shprehja nënrrënjësore është reale, kurse ajo vlen:

$1 - \frac{v^2}{c^2} \geq 0$. Prej këtu vijon se për $v=c$ shprehja do

të jetë. Kjo do të thotë kuifiri i sipërm i shpejtësive që mund t'i arrin cilido sistem është shpejtësia e dritës në vakuum.

Me teorinë e vet të relativitetit A. Ajnshtajni ka futur kuptime të reja, të zgjerura për hapësirën dhe kohën dhe vetitë e tyre, në lidhje me atë mekanika (Njutnit), për të cilën folëm te pjesa hyrëse e këtij kapitulli. Prej teorisë së tij del se është relative: koncepti njëkohshmëri ka karakter relativ; gjatësia është relative; masa është relative. Të gjitha këto madhësi varen prej shpejtësisë së lëvizjes së trupave të clëve u takojnë. Në mekanikën klasike të gjitha këto madhësi janë konstante. A. Ajnshtajni me teorinë e vet për relativitetin ka krijuar mekanikë të re të njohur si mekanika relativistike, e cila nuk e hedh mekanikën klasike, por vetëm i konstanton kufijtë e zbatimit të sak, përkatësisht, transformimet e Galileit janë vetëm rast special prej të Lorencit. Nëse $v \ll c$ vijon se $\frac{v^2}{c^2} \rightarrow 0$, transformimet e Lorencit kalojnë në të

Galileut. Kjo do të thotë se transformimet e Lorencit do të zbatohen në cilëndo

dukuri ose lëvizje e cila kryhet me shpejtësi shumë të afërt deri te shpejtësia e dritës në vakuum. Në çdo tjetër rast kur $v \ll c$, do të vlejë ligjet e mekanikës klasike.

Pyetje dhe detyra

1. Si thotë postulati i parë, kurse si i dyti i Ajnshtajnit dhe si është quajtur teoria e krijuar në bazë të atyre postulateve?
2. Pse u futën transformimet e Lorencit?
3. Kur transformimet e Lorencit kalojnë në të Galileut?
4. Si duhet të shqyrtohen hapësira dhe koha në meka nikkën relativistike?
5. Cili është sistemi koordinativ katërdimensional?

21.3. RELATIVITETI I NJËKOHSHMËRISË SË NGJARJEVE

Te mekanika klasike koncepti njëkohshmëri ka kuptim absolut. Kjo do të thotë se nëse dy ngjarje, përkatësisht dy dukuri mekanike ndodhin njëkohësisht në një sistem inercial, njëkohësisht ndodhin edhe në sistemin tjetër inercial.

Sipas transformimeve të Lorencit edhe koha edhe hapësira janë relative, përkatësisht varen prej sistemit inercial të cilët maten. Prej pasojave të shumta dhe të pazakonshme të relativitetit më të çuditshme dhe më të vështira „të pranueshme“ janë ato të cilët sillen në njokohshmërinë, zgjatja e ngjarjeve dhe radhitja kohore. Prej transformimeve të Lorencit, të cilat A. Ajnshtajni i merr si bazë të teorisë psciale të relativitetit, drejtpërdrejt vijon përfundimi:

Koncepti njëkohshmëri të ngjarjeve nuk ka kuptim absolut, kurse kjo do të thotë se nëse dy ngjarje (dy dukuri) ndodhin njëkohësisht në një sistem inercial, nuk janë njëkohësisht edhe në sistemet tjera inerciale përveç nëse ndodhin në të njëjtin vend në hapësirë. Në saktësinë e këtij përfundimi do të bindemi në këtë mënyrë:

Se njëkohshmëria e ngjarjeve që ndodhin në vende të ndryshme në hapësirë ka vetëm karakter relativ. A. Ajnshtajni na bind me eksperimentin e tij të paramenduar, të njohur si treni i Ajnshtajnit. Që në çka qëndron ai: Vëzhguesi M_1 qëndron pranë hekurudhës së stacionit të trenit-sistemi S, saktë në mes majtas dhe djathtas prej tij ndërmjet dy vendeve-pikat A dhe B (fig. 1a). Kushtet kohore janë të atilla që në çdo moment vëzhguesi M_1 pret të shohe rrufe. Edhe me të vërtetë në një moment te vendi A dhe në vendin B paraqitet xixa elektrike (ndodh zbraza elektrike ndërmjet Tokës dhe retë evarura), d.m.th., paraqitet signali i dritës.

Të supozojmë tani nëpër binar kalon treni, me shpejtësi v , me kahe prej A nga B. Te vagoni i trenit-sistemi S' , gjendet vëzhguesi M_2 . Në momentin kohor kur ka ndodhur zbraza elektrike të dy rrufetë le ta kenë goditur vagonin e trenit në tëdy skajet e tij A' dhe B' (fig. 1a) në ëtërast vëzhguesi te treni që lëviz është në mes ndërmjet A' dhe B' , përballë vëzhguesit M_1 - përveç binarit-sistemi S. Ngjarjet që i kanë vërejtur vëzhguesit janë signale drite prej zbrazes elektrike në vendet A dhe B, përkatësisht të skajeve A' dhe B' të vagonit të trenit. Të dy vëzhguesit M_1 dhe M_2 nëpërmjet sistemit të pasqyrave mund t'i vijnë ngjarjet në të dy vendet.

A. Ajnshtajni supozon se vëzhguesi M_1 edhe të dy rufetë i ka vërejtur njëkohësisht, pasi signalet e dritës i ka vërejtur njëkohësisht prej pikave A dhe B arrijnë deri te pika M_1 në të njëjtën kohë (fig. 1b).

Tani marrim si të njëjtat ngjarje janë shikuar te vagoni i sistemit S' i cili lëviz me shpejtësi v , në lidhje me sistemin S, rufetë nuk paraqiten njëkohësisht. Për të njëjtën kohë për të cilën signali i dritës vjen deri te vëzhguesi M_1 , vëzhguesi M_2 te sistemi lëvizës S' - vagoni lëviz, sikurse që është treguar te fig. 1b. Kështu signali i dritës prej B' tanimë ka kaluar pranë vëzhguesit M_2 , ndërsa drita prej A' akoma një ka arritur se ri te M_2 .

Me fjalë tjera kur vëzhguesi M_2 , në sistemin S' së bashku me trenin largohen prej A, kurse afrohet te B, është e kuptueshme se signali i dritës (rufeja) prej A' do të arrin deri te sytë e tij me vonesë prej disa pjesëve të sekondës, në lidhje me rufenë prej B'. Porandaj vëzhguesi M_2 përfundon rufeja godit në skajin e vagonit-pika B', para se të godet në skajin e prapmë-pika A'.

Nëse supozojmë se treni lëviz me shpejtësi të pamundshme $v = c$ në të njëjtën kahe, vëzhguesi M_2 në përgjithësi nuk do ta vëren rufenë te A, pasi treni „ik“ para signalit të tij të dritës me të njëjtën shpejtësi, Prandaj vëzhguesi M_2 prej signalit S' do të konstanton se rufeja paraqitet vetëm te B. Por, gjatë çdo shpejtësi $v < c$ i njëjtë vëzhgues do të konstatojë se gjithmonë rufeja te B m[ë] herët paraqitet. Kjo do të thotë se, nëse signalet e dritës janë njëkohësisht për vëzhguesin M_1 prej sistemit S, nuk janë njëkohësisht edhe për vëzhguesin M_2 prej sistemit S' . Në këtë qëndron edhe relativiteti i ngjarjeve të njëkohësishme.

Ta shqyrtojmë tani problemin e njëkohshmrisë duke shfrytëzuar transformimet e Lorencit. Për vëzhguesin M_1 të sistemit S, të dy rufetë ndodhin në të njëjtin moment kohor t_0 , në vende të ndryshme A dhe B, koordinatat e të cilave janë x_1 dhe x_2 . Në çfarë momenti kohor do të paraqiten këto ngjarje do të paraqiten këto ngjarje për vëzhguesin M_2 prej sistemit S' ?

Pasi ai lëviz me shpejtësi v në lidhje me sistemin S (binari), kurse drejtimi i binarit puthiten me boshtin X për të rufeja te A, me koordi-

nata x_1 të matur në te sistemi S do të ndodh në momentin:

$$t'_1 = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1)$$

për vëzhguesin M_2 prej sistemit S' , rufeja te vendi B me koordinata x_2 të matura në sistemin S do të ndodh në momentin:

$$t'_2 = \frac{t_2 - \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

Shihet se t'_1 e ndryshueshme prej t_2 pasi x_1 është e ndryshueshme prej x_2 . Domethënë ngjyrjet, të cilat janë për vëzhguesin M_1 njëkohësisht ($t_1 = t_2 = t_0$), për vëzhguesin e dytë M_2 nuk janë njëkohësisht, përkatësisht prej relacionit (1) dhe (2) vijon se $t'_1 \neq t'_2$. Kjo është kështu pasi te anët e djathta te relacionet e sipërme gjenden koordinatat x_1 dhe x_2 , kurse ato në rastin e përgjithshëm janë të dryshme. Domethënë edhe nëse $t_1 = t_2 = t_0$, për shkak, $x_1 \neq x_2$ vijon se edhe $t'_1 \neq t'_2$.

Prej relacioneve shihet se dy ngjarje janë të njëkohshme vetëm nëse ndodhin në të njëjtin vend në hapësirë. Pikërisht, atëherë $x_1 = x_2$ dhe prej relacionit:

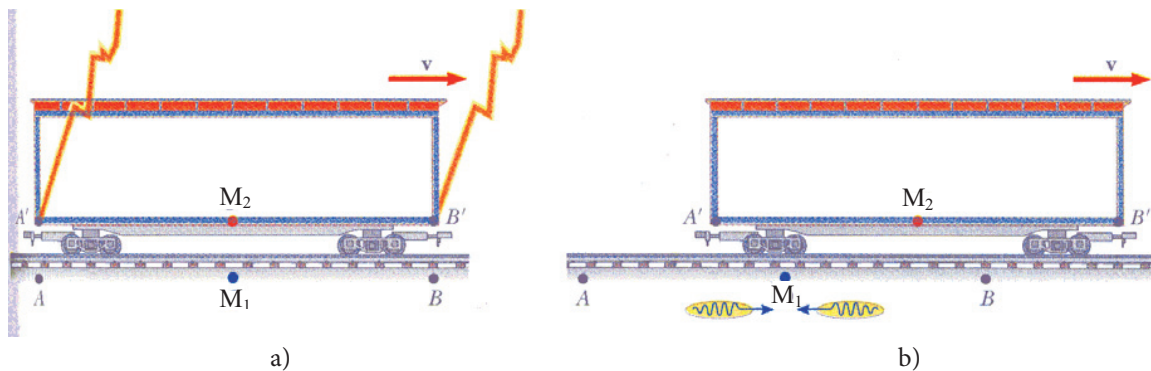


Fig. 1. Treni i Ajnshtajnit (eksperioment i paramenduar)

$$t_2' - t_1' = \frac{(x_1 - x_2) \frac{v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (3)$$

vijon se $t_2' - t_1' = 0$, d.m.th., $t_2' = t_1'$ se edhe për vëzhguesin M_2 prej sistemit S' ndodhin në të njëjtin moment (t_1').

Përvoja e përditshme na tregon se ngjarjet gjatë kohës „vargëzohen“ njëri pas tjetrit në mënyrë të caktuar. Poashtu ekziston e kaluara, e tanishmja dhe ardhmëria dhe gjithmonë mund të konstatohet se ndonjë ngjarje i paraprin tjetrit ose ndodh pas tij. Por, sipas teorisë speciale të relativitetit, ngjarjet të cilat radhitja kohore të ngjarjeve mund të jenë të ndryshme për vëzhguesët të cilët lëvizin njëri në lidhje me tjetrin kjo nuk do të thotë se të gjitha skenat nga praktika e përditshme janë të parregullta.

Së pari, ngjarjet të cilët ndodhin në të njëjtin vend mundet për të gjithë vëzhguesit të jenë njëkohësisht ose të kenë radhitje kohore të njëjtë. E dyta, për një vëzhgues koha nuk „rrjedh“ në kahe të kundërtë. Domethënë për radhitjen e shkakut dhe pasoja për ngjarjen e dhënë nuk mund të jetë as për një vëzhgues. As për një prej atyre pasoja nuk i paraprin shkakut. Kjo do të thotë se vargu i ngjarjeve të lidhura të shkaktarëve, të cilët në sistemin e dhënë referent ndodhin në momentet e njëpasnjëshëm t_1, t_2, t_3, \dots do të jenë të vërejtura në të njëjtën radhije edhe nga ana e të gjithë vëzhguesëve të tjerë. Megjithatë, intervalet kohore (ndryshimi ndërmjet dy momenteve të caktuara) $t_2 - t_1, t_3 - t_2, t_4 - t_3, \dots$ mund të jenë të ndryshme, për vëzhguesit e veçant. Asnjëri prej vëzhguesëve i cili është larguar prej vendit të ngjarjes nuk mund të pranon informatë për ngjarjen para vëzhguesit i cili gjendet më afër deri te ai vend. Ajo është kështu, pasi çfarëdo signal të jetë nuk mund të bartet me shpejtësi e cila është më e madhe se shpejtësia e dritës, por, shpejtësia e dritës është e pafundshme.

Prandaj signalet të cilët bartin informata për cilëndo ngjarje përfundimisht u është e nevojshme kohë që të arrijnë.

21.3. 1. Relativiteti i intervaleve kohore

Në fizikën klasike, me zbatimin e transformimeve të Galileut, fitohet se zgjatja e intervalit kohor është i njëjtë për vëzhguesin prej të gjithë sistemeve inerciale. Zgjatja e intervalit kohor të dhënë caktohet me momentin kohor t_1 prej të cilit fillon edhe momenti kohor t_2 me të cilin mbaron. Intervali kohor shënohet me Δt dhe është $\Delta t = t_2 - t_1$.

SDipas teorisë speciale të relativitetit vëzhguesit prej dy sistemeve inerciale, S dhe S' , të cilët lëvizin njëri në lidhje me tjetrin nuk do të pajtohen sipas pyetjes për intervalin kohor, d. m.th., për kohën të kaluar ndërmjet dy ngjarjeve të dhëna. Në lidhje me këtë pyesim: Cili prej tyre ka të drejtë? Sa është „reale“ koha e kaluar? Përgjigja është: në të drejtë janë të dy, çdonjëri në lidhje me sistemin e tij referent, pasi „koha reale e kaluar nuk ekziston“. Në këtë qëndron edhe relativiteti i intervalit kohor, përkatësisht të kohës.

Vëzhguesit prej sistemeve inerciale S dhe S' le t'i krahasojnë rezultatet prej matjeve të tyre për intervalin e kohës që rrjedh ndërmjet dy ngjarjeve të cilat te sistemi S' ndodhin në atë vend është x' . Ngjarjet mund të jenë për shembull, dy hedhje të njëpasnjëshme të raketave prej skelesistemit S' i cili lëviz në lidhje me S me shpejtësi v nëpër boshtin X .

Sipas orës prej sistemit S' raketa e parë hidhet në momentin, t_1 , kurse e dyta në momentin t_2 . Për vëzhguesin prej sistemit S' intervali kohor ndërmjet të dy hedhjeve $\Delta t = t_2 - t_1$. Për vëzhguesin prej sistemit S këto ngjarje ndodhin në vende të ndryshme, pasi skelja e lansimit-sistemi S' lëviz në lidhje me sistemin S për kohën

ndërmjet të dy hedhjeve të raketave. Për këtë hedhje të raketave qoftë në momentet t_1 dhe t_1' , të cilët janë të ndryshëm prej t_1' dhe t_2' , përkatësisht në intervalin kohor $\Delta t = t_2 - t_1$.

Prej transformimeve të Lorencit fitohet:

$$t_1 = \frac{t_1' + \frac{v}{c^2}x_1'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ dhe } t_2 = \frac{t_2' + \frac{v}{c^2}x_2'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ngjarjet në sistemin në të njëjtin vend në hapësirë Svend në hapësirë, vijon $x_2' = x_1' = x'$ dhe $x_2' - x_1' = 0$. Për këtë shkak, nëse relacioni i dytë zbritet i pari fitohet:

$$t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ dhe } \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

Prej relacionit (4) vijon se intervali kohor nuk është i barabartë për të dy vëzhguesit. Vëzhguesi prej sistemit S gjen se ai interval është më i gjatë.

Intervali kohor $\Delta t'$ ndërmjet dy ngjarjeve të njanjësme të cilët ndodhin në të njëjtin sistem S' , i cili lëviz me shpejtësi v në lidhje me sistemin S, është më i shkurtër dhe quhet interval i kohës personale.

Prej relacionit (4) shihet se $\Delta t' < \Delta t$, d.m.th., intervali i kohës personale për sistemin S' është më e vogël prej intervalit kohor Δt për sistemin S i cili relativisht është në qetësi. Kjo do të thotë se vëzhguesit prej të gjithë sistemeve, në lidhje me të cilët sistemi S' lëviz, me matje fitojnë interval kohor më të gjatë ndërmjet dy ngjarjeve të cilët ndodhin tge ato dhe në S' .

Si dy ngjarje mund të merren, për shembull, dy trokitje të njëpanjësme të një ore „të lidhur“ me një sistem referent, që lëviz me shpejtësi të caktuar në lidhje me sistemet inerciale të ndryshme për të cilët kushtimisht llogarisim se janë në qetësi. Relacioni i fituar (4) tregon se vëzhguesi prej cilitdo sisteminercial, në lidhje me të cilin ora lëviz, do të konstatojë se ecja (ritmi)

i asaj ore është e ngadalësuar, përkatësisht do të konstatojë interval kohor më të gjatë ndërmjet të dy trokitjeve në krahasim me të krejtësisht ora identike.

Për këtë shkak efekti i përshkruar është quajtur ngadalësimi relativistik, dilatacioni relativistik i kohës.

Përndryshe efekti i dilatacionit relativistik i kohës thotë se orët të cilët lëvizin relativisht në lidhje me cilindo vëzhgues punojnë shumë ngadal (në krahasim me orët në qetësi).

Ky efekt është pasojë e drejtpërdrejt e shpejtësisë konstante të dritës te të gjithë sistemet inerciale. Pasi ato sisteme janë të njëtrajtshëm, vijon se për vëzhguesit prej sistemit S' ritam të ngadalësuar do të kenë orët te sistemi S.

Kjo do të thotë se intervali ndërmjet dy ngjarjeve nuk ka karakter absolut, por varet prej sistemit referent në të cilin matet. Te sistemi S' që lëviz me shpejtësi v afër deri te shpejtësia e dritës në vakuum c , koha rrjedh më ngadal, përkatësisht intervali kohor ndërmjet dy ngjarjeve është më i gjatë prej intervalit kohor ndërmjet të dy ngjarjeve të njëjta, të matur nga sistemi S, për të cilin kushtimisht llogarisim se është në qetësi. Nëse kjo është kështu, atëherë te sistemet që lëvizin me shpejtësi atëherë te sistemet që lëvizin me shpejtësi afërsisht me shpejtësinë e dritës të gjitha proceset që prej kohës janë të varura janë të ngadalësuar. Njëri prej proceseve natyrore tipike kohore të varur janë të ngadalësuar. Njëri prej proceseve natyrore tipike të varur është lindja, rritja, zhvillimi dhe plakja e njeriut.

SHEMBULL 1. Ylli gjendet në largësi prej Tokës 100 vjetë drite (100 ly). Anija kozmike lëviz me shpejtësi $v=0,6 c$; $v=0,8 c$; $v=0,99 c$. Të caktohet: a) koha e nevojshme e astronautit të arrin deri te ylli, d.m.th., intervali kohor Δt ; c) të vlerësohet se njeriu për kohën e jetës së tij do të mund jeta e tij të arrin deri te ylli.

Zgjdhje: $1 \text{ ly} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 3,15 \cdot 10^8 \text{ s} = 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}$
 $100 \text{ ly} = 9,5 \cdot 10^{17} \text{ m}$

a) Sipa mekanikës së Njutnit astronauti largësinë 1 deri te ylli e kalon për kohën për kohën Δt me shpejtësi v .

$$1. \quad \Delta t = \frac{l}{v} = \frac{l}{0,6c} = \frac{9,5 \cdot 10^{17} \text{ m}}{0,6c} = 5,28 \cdot 10^9 \text{ s}$$

$$\Delta t = 168 \text{ vjet}$$

Pas relacionit (4) koha personale Δt_0 të udhëtimit të astronautit deri te ylli është:

$$\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 168 \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}} = 134 \text{ vjet}$$

$$2. \quad \Delta t = \frac{l}{0,8c} = \frac{9,5 \cdot 10^{17} \text{ m}}{0,8c} = 3,96 \cdot 10^9 \text{ s},$$

$$\Delta t = 126 \text{ vjet}$$

$$\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 126 \sqrt{1 - \frac{0,64c^2}{c^2}} = 75,6 \text{ vjet}$$

$$3. \quad \Delta t = \frac{l}{v} = \frac{9,5 \cdot 10^{17} \text{ m}}{0,99c} = 3,17 \cdot 10^9 \text{ s}; \Delta t = 100,6 \text{ vjet}$$

$$\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100,6 \sqrt{1 - \frac{0,98c^2}{c^2}} = 4,5 \text{ vjet}$$

b) Te shembulli i përmendur më së paku 100vjet janë të nevojshme vetëm për udhëtim me anijen kozmike me shpejtësi $v \approx c$. Prandaj kjo nuk është e mundur njeriu të arrijë deri te ylli.

21.3.2. Relativiteti i gjatësive

Prej transformimeve të Lorencit vijon edhe efekti relativistik. Ai qëndron në atë që vëzhguesit prej sistemeve të ndryshme fitojnë rezultate të ndryshme gjatë matjeve të rezultateve në drejtim të lëvizjes së tyre relative.

Që ta caktojmë gjatësinë e thuprës së dhënë (ose vilido trup) dhe t'i caktojmë koordinatat e pikave të tij të skajshme në të njëjtin moment kohor. Në sistemin që relativisht është në qetësi S te boshti i tij X le të jetë venduar thupër. Nëse thupra është në qetësi, koordinatat e e skajeve të saja x_1 dhe x_2 në sistemin S nuk varen prej kohës. Për vëzhguesin e palëvizshëm prej sistemit S gjatësia e

thupra është:

$$L_0 = x_2 - x_1 \quad (5)$$

Gjatësia e matur në këtë mënyrë paraqet gjatësinë e qetësisimit të thuprës. Shpesh quhet gjatësia personale e thuprës dhe shënohet me L_0 .

Tani thupra është e qetë sipas gjatësisë së boshtit X' të sistemit S' që lëviz me shpejtësi v në lidhje me sistemin S. Atëherë koordinata e skajeve të thuprës në sistemin S' janë x'_1 dhe x'_2 . Në këtë rast parashtrahet pyetja: Se si vëzhguesi i palëvizshëm mund ta mase gjatësinë e thuprës që lëviz me shpejtësi v në lidhje me sistemin S? Që ta realizon atë vëzhguesi i palëvizshëm në një moment, d.m.th., njëkohësisht i vëren pozitave të koordinatave të fillimit dhe mbarimit të thuprës x'_1 dhe x'_2 , kurse pastaj e mat largësinë ndërmjet atyre pozitave L, që paraqesin gjatësitë e thuprës në lëvizje nëlidhje me sistemin që është në qetësi. Gjatësia e matur e thuprës në lëvizje është:

$$L = x'_2 - x'_1 \quad (6)$$

Nëse te relacioni (1) në vend të x_1 dhe x_2 i vendosim vlerat që dalin prej transformimeve të Lorencit (9, kapitulli 21.2). kemi

$$L_0 = x_2 - x_1 = \frac{x'_2 + vt_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{x'_1 + vt_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$L_0 = \frac{x'_2 - x'_1 + v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (7)$$

Pasi skajet e thuprës x'_1 dhe x'_2 ishin të caktuara njëkohësisht, atëherë $t_2 = t_1$. Për këtë shak prej (7) kemi:

$$L_0 = x_2 - x_1 = \frac{x'_2 - x'_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (8)$$

ose

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (9)$$

Sipas (9) gjatësia e thuprës është më e madhe ($L = L_0$) nëse matet te sistemi referent S, në lidhje me atë që është e palëvizshme. Në çdo sistem tjetër inercial S', që në lidhje me sistemin referent S lëviz me shpejtësi v , gjatësia L e thuprës është më e

shkurtër se L_0 për faktorin $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Me fjalë të tjera sa është më e madhe shpejtësia me të cilën lëviz thupra në lidhje me cilindo sistem referent, aq më i vogël është gjatësia e tij e matur në atë sistem.

Përvoja e këtyrë e gjatësisë së thuprës në drejtim të lëvizjes quhet kontraksioni i gjatësisë.

Kontraksioni i gjatësisë, si edhe dilatacioni i kohës, nuk vërehet në jetën e përditshme, pasi fak

tori $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ te barazimi (9) do të dallohet

shumë prej 1,00 vetëm ku v është më e madhe. Në të gjitha rastet tjera për $v \ll c$ faktori $\sqrt{1 - v^2/c^2} \approx 1$ me të edhe $L = L_0$

Nëse thupra është rrotulluar për 90° , d. m.th., nëse është venduar normalisht në boshtin X dhe në drejtim të lëvizjes, përkatësisht përsëgjati boshtit Y ose Z, atëherë gjatësia e tij nuk ndryshon në lidhje me L_0 . Domethënë në të dy sistemet do të matet gjatësia e njëjtë pasi $Y' = Y$ dhe $Z' = Z$.

Prandaj, gjatë matjes të dimensioneve të trupit që lëviz tregohet se krijohet kontraksioni vetëm në dimensionet e trupit sipas kahjes së lëvizjes të sistemit inercial. Nëse bëhet fjalë për matjen e vëllimit të trupit të dhënë që lëviz me shpejtësi v në lidhje me sistemin referent S, atëherë do të ketë vlerën:

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (10)$$

ku V_0 është vëllimi personal i trupit, i matur në

sistemin në lidhje me atë që është në qetësi (në lidhje me sistemin referent S).

Prandaj mund të përfundojmë se: Hapësira e kufizuar, që e formon çdo trup, si pjesë e hapësirës së pafundshme, është relativ dhe varet prej shpejtësisë së lëvizjes v të trupit. Gjithashtu, edhe forma e asaj hapësire është relative dhe varet prej shpejtësisë.

Shembulli 1. Astronauti udhëton me anije kozmike deri në Sirius, i larguar 8 Iy prej Tokës. Astronauti e mat kohën edhe pas udhëtimit të tij deri në Sirius do të duhet të zgjate 6 vjet. Anija kozmike lëviz me shpejtësi konstante $v=0,8c$. A mundet largësia prej 8 Iy të kalohet për kohën prej 6 vjet të matur prej astronautit?

Zgjidhje: 8 Iy është largësia prej Tokës deri te Siriusi është i matur prej vëzhguesi për të cilin ato janë të palëvizshëm. Largësia për vëzhguesi prej Tokës deri te Siriusi është $L_0 = v\Delta t$ (Δt -koha është e nevojshme për kalimin e largësisë $L_0=8Iy$).

Astronauti e shikon Siriusi duke i afruar nga ai me shpejtësi me shpejtësi $0,8c$, por ai, gjithashtu, vëren se largësia thjeshtohet. Astronauti mat më pak kohë - „koha personale“ $\Delta t'$, kurse me të dhe largësi më të vogël $L = v\Delta t'$ Prej relacionit (4, kapitulli 21.3), „koha personale në anijen kozmike është:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2};$$

$$L = v\Delta t' = v\Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2} = v \frac{L_0}{v} \sqrt{1 - v^2/c^2};$$

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 8 Iy \sqrt{1 - (0,8)^2} = 5 Iy$$

Kështu, koha për udhëtim i matur me orën e astronautit është

$$t = \frac{L}{v} = \frac{5 Iy}{0,8c} = \frac{5 \cdot 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}}{0,8 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 6 \text{ vjet.}$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Koncepti njëkohësisht i ngjarjeve ka kuptim absolut në teorinë speciale të relativitetit?

2. Kur dy ngjarje (dy dukuri) janë njëkohësisht për dy vëzhgues?

3. Çka është personale, kurse çka kohë relativistike?

4. Koha e jetesës së kosmanutëve a shkurtohet ose vazhdohet prej pikëpamjes së teorisë së relativitetit?

5. Në cilin sistem koha rrjedh ngadal: në sistemin që lëviz me shpejtësi v afër shpejtësisë së dritës në vakuum c ose në sistemin kushtimisht në qetësi?

6. Astronautët në anijen kozmike udhëtojnë të larguar prej Tokës me shpejtësi $v=0,6 c$. Në shenjë të stacionit kontrollues ato pushojnë një orë. Sa zgjat pushimi i tyre e matur prej kohës?

(Përgjigje: $\Delta t' = 1$ h; Δt - intervali i kohës i matur prej sistemit referent të Tokës. $\Delta t = 1,25 \Delta t'$. Koha për pushim e matur prej Tokës 1,25 h).

7. Për cilin faktor thupra është më e shkurtër gjatë lëvizjes dhe në qetësi të sistemit referent?

8. Si është hapësira e kufizuar që e formon çdo trup dhe prej çka varet?

9. Figura e ka formën e katrorit me bazë $d_0=5$ km. Çfarë forme dhe çfarë madhësie do të ketë figura për astronautin në anijen kozmike në të cilën lëviz me shpejtësi $2 \cdot 10^8$ m/s dhe atë paralele me bazën e figurës? (Përgjigje: Drejtkëndësh me bazë 3,73 km dhe lartësi 5 km)

8. Sqaro se si formulat për kontraksion të gjatësisë dhe dilatacionit të kohës duhet të jenë të zbatuara që të tregohet se është shpejtësia kufitare në univerzum.

<http://www.physicsweb.org>

<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/SpecRel/Flash/Simultaneity.html>

hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/.../ltrans.htm

<http://musr.physics.ubs.ca/~jess/hr/skept.html>

21.4. LIGJI I AJNSHTAJNIT PËR MBLEDHJEN E SHPEJTËSIVE

Ligji i Galileit për mbledhjen e shpejtësive në mekanikën klasike bazohet në të kuptuarit se koha dhe hapësira janë absolutisht të pavarura prej sistemit inercial në të cilën maten. Kështu, ligji i Galileit për mbledhjen e shpejtësive të zbatuar në dukuritë optike jep rezultate të cilat janë kundërtë nëse të fakteve eksperimentale dhe vëzhgimeve direkte. A. Ajnshtajni duke u nisur prej transformimeve të Lorencit realizoi tjetër relacion për mbledhjen e shpejtësive që shkëlqeshëm pajtohen me principin e relativitetit dhe fakteve eksperimentale. Ajo është e njohur barazimi i Ajnshtajnit për mbledhjen e shpejtësive.

Të supozojmë se dysisteme inerciale S' dhe S lëvizin njëri në lidhje me tjetrin me shpejtësi v .

Sikurse edhe më hetër për sistemet inerciale zgjedhim sisteme koordinative - $X'Y'Z'$ për S' dhe XYZ për S , ashtu që boshtet X' dhe X puthiten njëra me tjetrën dhe me drejtimin e lëvizjes relative të sistemeve inerciale. Poashtu Y dhe Y' , përkatësisht Z dhe Z' ngelin paralele njëra me tjetrën.

Tani në sistemin S' për së gjati X' boshti lëviz pika me shpejtësi u në lidhje me sistemin S . Në momentin e kohës t_1 dhe t_2 të matur në sistemin S' pozitat e pikës do të jenë të caktuara me koordinatat x_1' dhe x_2' . Shpejtësia e pikës në sistemin S' do të jetë:

$$u' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{x_2' - x_1'}{t_2' - t_1'} \quad (1)$$

Në momentet e kohës t_1 dhe t_2 të matur në sistemin S pozitat e pikës do të jenë të përcaktuara me koordinatat përkatëse x_1 dhe x_2 të matur në sistemin S , që relativisht pushon në lidhje me S' . Shpejtësia u e pikës e përcaktuar prej sistemit S do të jetë:

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Me shfrytëzimin e transformimeve të Lorencit

(8) dhe (9) prej kapitullit 21.2, mund ta gjejmë lidhjen ndërmjet shpejtësive v , u dhe u' .

Me futjen e shprehjeve për koordinatat x_1 dhe x_1 edhe për momentet e kohës t_1 dhe t_1 , në pajtim me transformimet e Lorencit, te relacioni (2) pas rregullimit fitohet:

$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{x_2' - x_1' + v(t_2' - t_1')}{t_2' - t_1' + \frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')} \quad (3)$$

Pas pjesëtimit të numëruesit me emërues prej anës së djathtë të (3) me $(t_2' - t_1')$, në pajtim me (1) dhe (2), fitohet:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}} \quad (4)$$

Me (4) është dhënë barazimi i Ajnshtajnit për mbledhjen e shpejtësive.

Nëse shpejtësia e trupit \vec{u}' është në kundërshtim me kahun e shpejtësisë \vec{v} të sistemit S' , atëherë në këtë formulë ajo e merret me shenjë minus.

Kur janë dhënë u dhe v , shpejtësia u' njihsohet sipas relacionit:

$$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{vu}{c^2}} \quad (5)$$

që fitohet në të njëjtën mënyrë sikurse edhe relacioni (4) pçër njehsimin e u .

Sikurse shohim prej relacionit (4) shpejtësia e rezultantës nuk përbëhet prej mbledhjes së thjeshtë të numrave, por ajo është e korrigjuar me faktorin

$$\left(1 + \frac{vu'}{c^2}\right) \text{ që paraqitet si emërues.}$$

Të tregojmë në disa rezultate interesante prej këtij ligji për mbledhjen e shpejtësive. Le të supozojmë se shpejtësia e një sendi në anijen kozmike $u' = c/2$, por, gjithashtu, $v = c/2$. Atëherë sendi i shikuar prej

Toka lëviz me shpejtësi:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}} = \frac{\frac{c}{2} + \frac{c}{2}}{1 + \frac{1}{4}} = \frac{4}{5}c \quad (6)$$

Edhe kjo është një e paradoks interesant, kështu që pas teorisë së relativitetit „një gjysmë“ dhe „një gjysmë“ nuk japin „një të plotë“, pëor „4/5“.

Nëse shpejtësitë v , u' dhe u janë të vogla në krahasim me shpejtësin e dritës c , atëherë relacioni (4) i ligjit të relativitetit për mbledhjen e shpejtësive kalon në relacion përkatës të ligjit klasik për mbledhjen e shpejtësive.

Lëvizjet me shpejtësi të vogla me saktësi të madhe përshkruhen në mekanikën klasike. Shpejtësitë të cilat janë të krahasueshme me shpejtësinë e dritës në vakuum quhen shpejtësi relative. Lëvizjet me shpejtësi relative mësohen në mekanikën relative.

Ta shqyrtojmë tani rastin kuftar. Pikërisht, vëzhguesi prej Tokës (sistemi S) le ta mat shpejtësinë e dritës prej burimit që lëviz në sistemin S' . Në lidhje me sistemin S' burim qëndron qetë, shpejtësia e signalit të dritës është c , domethënë $u'=c$. Atëherë shpejtësia e signalit të dritës u matur në Tokë është:

$$u = \frac{c + v}{1 + \frac{cv}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c \quad (7)$$

Domethënë shpejtësia e dritës për vëzhguesin prej sistemit S është e njëjtë sikurse edhe për vëzhguesin prej sistemit S' pavarësisht prej madhësisë së shpejtësisë së ztyre relative v , kurse kjo është nëpajtim me postulatit e dytë të teorisë speciale të relativitetit për shpejtësinë konstante të dritës në të gjitha sistemet inerciale. Me fjalë të tjera, ligji i Ajnshtajnit (relativistik) për mbledhjen e shpejtësive, barazimi (4), është nëpajtim me principin për invariatet të shpejtësisë së dritës.

Këtu do të vërejmë se u do të jetë e barabartë me

c , nëse shpejtësia e lëvizjes relative e dy sistemeve krejtësisht të afërt me c (d.m.th., gjatë $v=c$). Kjo e vërteton faktin se sipas teorisë së relativitetit gjatë mbledhjes të çfarëdo shpejtësive rezultati i fituar i dritës në vakuum do të jetë c .

Duhet të vërehet se shpejtësia e dritës në vakuum është shpejtësia kufitare, e cila nuk mundet të jetë e tejkaluar. Shpejtësia e dritës në cilëndo mjedis tjetër, është e barabartë me c/n (ku n -indeksi absolut i thyerjes së dritës në atë mjedis) dhe ajo nuk paraqet madhësi kufitare, pasi gjithmonë $n > 1$, $c_{mes} < c$.

SHEMBULLI 1. Të supozojmë se motoristi lëviz me shpejtësi $v=0,80 c$ pranë vëzhguesit të palëvizshëm (fig. 1).

a) Motoristi hedh topin në drejtim të lëvizjes, në drejtim të boshtit X, me shpejtësi $u_x' = 0,70c$ në lidhje me të. Sa është shpejtësia e topit në lidhje me vëzhguesin e palëvizshëm?

b) Motoristi e kyçen signalin e dritës ashtu që rrezja e dritës largohet para tij me shpejtësi c në të njëjtën drejtim.

Sa është shpejtësia e dritës të matur prej vëzhguesit të panjohur?

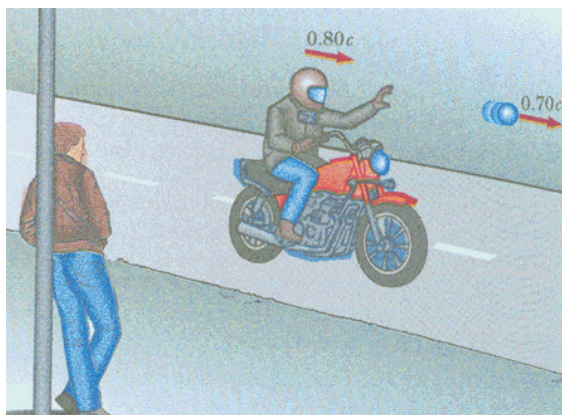


Fig. 1

Решение: a) Në këtë rast $v=0,80 c$ është shpejtësia e motoristit në lidhje me vëzhguesin e palëvizshëm. $u_x' = 0,70c$ është shpejtësia e topit në sistemin referent të lëvizshëm

(motoristin). Shpejtësia u_x e topit në lidhje me vëzhguesin e palëvizshëm, sipas relacionit (4) është:

$$u_x = \frac{u_x' + v}{1 + \frac{v u_x'}{c^2}} = \frac{0,70c + 0,80c}{1 + \frac{(0,70c) \cdot (0,80c)}{c^2}}$$

$$u_x = 0,96c$$

b) Te barazimi i sipërm tani $u_x' = c$ - shpejtësia e dritës te sistemi referent i lëvizshëm (motoristi). Shpejtësia e dritës për vëzhguesin e palëvizshëm (te sistemi referent i palëvizshëm) sipas relacionit (4) është

$$u_x = \frac{u_x' + v}{1 + v u_x' / c^2} = \frac{c + v}{1 + (v \cdot c) / c^2} = \frac{c(c + v)}{v + c} = c$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Aeroplani i shpejtë fluturon me shpejtësi 1000 m/s (afërsisht 3 herë më i madh se shpejtësia e zërit) për së gjati boshtit X në lidhje me vëzhguesin e Tokës. Aeroplani tjetër fluturon me shpejtësi 500 m/s në lidhje me aeroplanin e parë në të njëjtën kahe dhe drjtim.Me çfarë shpejtësie fluturon aeroplani i dytë në lidhje me vëzhguesin e Tokës? Dhe atë: a) sipas mekanikës klasike; b) sipas mekanikës relative.

(Përgjigje: a) $u_x = u_x' + v = 1500$ m/s;

b) $u_x = \frac{u_x' + v}{1 + v u_x' / c^2} = 1500$ m/s.

Rezultati klasik dhe relativ është i njëjtë pasi fakti $v u_x' / c^2 = 5,5 \cdot 10^{-12}$ është shumë i vogël).

2.Drita lëviz sipas boshtit X me shpejtësi $u=c$. Sa është shpejtësia e dritës te sistemi referent i lëvizshëm S'? (Përgjigje: $u'=c$)

3.Barka me motor lëviz sipas rrjedhjes së lumit magjik. Shpejtësia e rrjedhjes së ujit është $v=0,9 c$, kurse shpejtësia e barkës me mtor ndaj ujit është $u'=0,2 c$.

Sa është shpejtësia e barkës me motor në lidhje me bregun? (Përgjigje: $u = 0,93 c$)

4. Dy anije kozmike A dhe B lëvizin në kahe të kundërta (fig. 3). Shpejtësia A, e matur prej vëzguesit të Tokës është $0,75 c$, kurse e B është $0,85 c$.

Të caktohet shpejtësia e B nëlidhje me A, dhe atë: a) sipas mekanikës relative; b) sipas mekanikës klasike.

Sistemi mlëvizës S' është lidhur me anijen kozmike A.

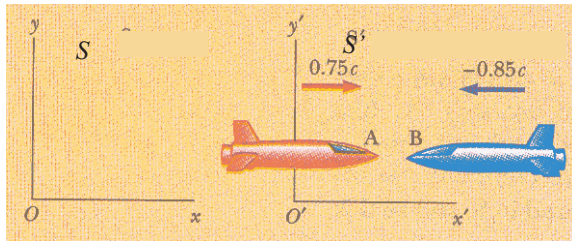


Fig. 1

Përgjigje: a) $u_x' = \frac{u_x - v}{1 - vu_x/c^2} = -0,980 c$;

b) $u_x' = u_x - v = -0,850c - 0,750c = -1,60 c$.

Sipas modulit të shpejtësisë së aeroplanit është mshpejtësia e dritës në vakuum c . Kjo do të thotë, transformimet e Galileiut nuk mund të jenë të zbatueshme për ngjarjet relative.

21.5. MASA NË TEORINË SPECIALE TË RELATIVITETIT

Sipas postulatit të parë të teorisë speciale të relativitetit ligjet për të gjitha dukuritë fizike kanë formën e njëjtë në të gjitha sistemet inerte. Kjo do të thotë është plotësuar kushti për invariatet të relavioneve për ligjet fizike në lidhje me transformimet fizike. Megjithatë, a është kjo kështu edhe për ligjet e dinamikës klasike? Poashtu ka treguar se nëse transformimet e Lorencit zbatohen te ligjet e Njutnit prej dinamikës klasike forma ndryshon.

Te dinamika klasike njëri prej ligjeve themelore është ligji II i Njutnit, i cili shprehet

kështu: $\vec{F} = m \vec{a}$ (1)

Për Isak Njutnin masa m është madhësi absolutisht e pandryshueshme. Masa është njëra prej madhësive karakteristike për çdo trup dhe është masë për inertësin e tij. Nëse trupit me masë konstante m i vepron forca konstante \vec{F} , do të fiton edhe nxitim konstant \vec{a} . Sipas ligjit themelor të dinamikës (ligji i II i Njutnit) nuk ekziston kufizim të shpejtësive me të cilët do të lëvizin trupat. Nëse forca aq më shumë zmadhohet dhe nxitimi aq më shumë zmadhohet, kurse kjo do të thotë aq më shumë do të zmadhohet.

Kështu gjatë ndonjë force mjaft të madhe, shpejtësia e trupit do të jetë aq e madhe që do ta tejkalon shpejtësinë e dritës. Por, ajo është e kundërt me postulatit e dytë të teorisë speciale të relativitetit për shpejtësinë konstante të sritës dhe për vlerën e saj kufitare në vakuum. Për këtë shkak ligji II i Njutnit, të dhënë me relacionin (1), mund të zbatohet vetëm në mekanikën klasike, por jo edhe në mekanikën relative, d.m.th., në mekanikën e shpejtësive të mëdhaja.

A. Ajnshtajni përfundon se për të qenë ligji II i Njutnit invariant, duhet të merret se masa e trupave nuk paraqesin madhësi invariant, d. m.th., masa e trupave në lëvizje nuk është e njëjtë me masën në qetësi. Masa e trupoave varet prej shpejtësisë së tyre vetëm atëherë kur ato lëvizin me shpejtësi të madhe. Ajo varësi, sipa A. Ajnshtajnit, është dhënë me:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

Relacioni(2), në realitet, matem,atikisht e shpreh ligjin e Ajnshtajnit për masën. Këtu masa invariante m quhet masa e trupit në qetësi ose masa personale, d.m.th., ajo është masa e trupit të matur në sistemin e dhënë referent në të cilin trupi është në qetësi. Masa jo invariante m e trupit të njëjtë që është i varur prej shpejtësisë së tij v në lidhje me sistemin e dhënë referent quhet masa relative ose masa e lëvizjes.

Ligji i Ajnshtajnit për masën njëlloj vlen edhe për trupat elektroneutral edhe për të elektrizuar dhe grimca. Nëse te ralcioni (2) e analizojmë, atëherë vjen deri te këto njohuri:

1. Në të gjitha rastet kur $v \ll c$, d.m.th., deri sa shpejtësia e lëvizjes së trupit është e vogël në krahasim me shpejtësinë e dritës, masa e trupit mund të llogaritet për konstante, përkatësisht vijon se $m = m_0$. Në këtë rast masa e trupit është edhe më e vogël. Kjo është kështu në mekanikën klasike.

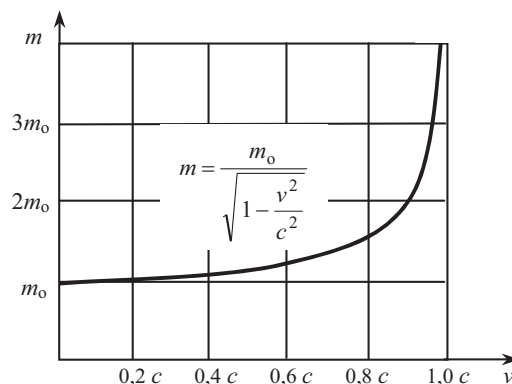
2. Kur shpejtësia e trupit gjatë lëvizjes zmadhohet dhe gradualisht afrohet nga shpejtësia e dritës c , masa m , në pajtim me relacionin (2), bëhet më e madhe. Për këtë shkak përsëri edhe për rritje të shpejtësisë së trupit është e nevojshme aq fuqi edhe më të madhe. Prandaj nëse te trupi vepron forcë konstante, atëherë nxitimi do t'i zvogëlohet gjatë kohës, por nuk do të ngel konstante, sikurse ajo që është në mekanikën klasike, relacioni (1). Efekti relativ i masës përkatësisht vjen në shprehje kur shpejtësia e trupit afrohet deri te shpejtësia e dritës në vakuum. Për shembull, nëse $v=0,86c$ prej relacionit (2) fitohet se $m = 2 m_0$. Atëherë trupi do të ketë dy herë inercion më të madh se sa kur lëviz me shpejtësi të vogël.

3. Të supozojmë se trupi e ka arritur shpejtësinë e dritës, përkatësisht $v=c$, prej barazimit (2) vijon se $m \rightarrow \infty$. Në rastin e këtillë trupi do të ketë inercion të pafundshme, për shkak të masës së madhe të pafundshme. Por, kjo m nuk është e mundur për shumë shkaqe. Prandaj ajo nuk është e mundur në cilëndo mënyrë të detyrohet trupi të lëviz me shpejtësi të dritës.

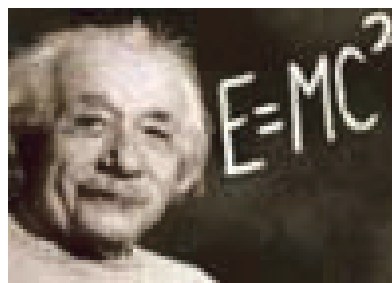
Te figura 1 është paraqitur grafiku i vafësisë së madhësisë së masës relativistike m , sipas relacionit (2) prej v/c .

Ligji i Ajnshtajnit për masën relative mundeshte eksperimentalisht të jetë i kontrolluar sa edhe pas zbulimit të grimcave elementare dhe instrumentet për nxitimin e tyre-akceleratorët. Kështu grimcat prej mikrobotës, për shembull, elektronet, protonet, deutronet, grimcat alfa, mund ta arrin shpejtësinë e dritës afër deri te shpejtësia e dritës.

ku masa e tyre e njehsuar sipas relacionit (2) plotësisht pajtohet me efektin eksperimental që i shkakton.



21.5.1. Relacioni i Ajnshtajnit për lidhjen ndërmjet masës dhe energjisë



Përveç kësaj që mekanika relative paraqet zgjerim të mekanikës klasike, ajo përmban edhe në bazë krejtësisht fakte të reja. Kështu zmadhimi i masës së trupave me zmadhimin e shpejtësisë gjatë lëvizjes është njëri prej fakteve që nuk i ka mekanika klasike. Është e njohur se masa e energjisë të mekanika klasike shqyrtohen si dy madhësi të pavarura me të cilat karakterizohen trupat. A. Ajnshtajni vërteton se te mekanika relative ato dy madhësi nuk mund të shqyrtohen pavarësisht njëri prej tjetrit.

Gjatë lëvizjes së trupit të dhënë që të zmadhohet shpejtësia e tij, në atë duhet të vepronjë forca të jashtëme. Por, pasi që trupit të zmadhohet shpejtësia, atëherë i zmadhohet edhe masa e tij. Poashtu që të gjendet çfarë pjese

e punës që e kryejnë forcat e jashtëme pasi prej zmadhimit të masës, do të nisemi prej relacionit (2), me të cilën është dhënë ligji i Ajnshtajnit për masë relative. Atë mundemi ta shkruajmë në këtë mënyrë:

$$m = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

Nëse relacionin (1) zbërthehet sipas formulës së binomit, atëherë fitohet:

$$m = m_0 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \right) \quad (4)$$

Me rregullimin e mëtutjeshëm matematik të relacionit (2) fitohet:

$$mc^2 = m_0 c^2 + \frac{m_0 v^2}{2} \quad (5)$$

Me shprehjen $\frac{m_0 v^2}{2}$ është dhënë energjia e trupit

kur ai lëviz me shpejtësi v më e vogël se shpejtësia e dritës. Por, kur shpejtësia e trupit do të bëhet përafërsisht me shpejtësinë e dritës, $v \approx c$ atëherë m_0 duhet të zëvendësohet me m , dhe energji kinetike të trupit është $E = \frac{mv^2}{2}$.

Anëtari i parë prej anës së djathtë të relacionit (5) e shënojmë me E_0 ($E_0 = m_0 c^2$). Duke u nisur prej idesë se masa është forma e caktuar e energjisë së Ajnshtajnit anëtari $m_0 c^2$ e ka quajtur energjia në qetësi e trupit. Ai tregon se çdo trup që është në qetësi posedon energji „të mësëhur” ose energji gjatë pushimit të njoër si energji personale e trupit, e cila gjithmonë ngel e lidhur me atë trup deri sa ai ekziston. Në këtë kuptim edhe atomet paraqesin vet shembull për grimcat në të cilat është koncentruar sasia e madhe e energjisë. Nëse trupi ose grimca prej çfarëdo shkaku të pushojnë që të ekzistojnë, atëherë njëkohësisht e lirojnë energjinë e vet

energji E_0 . Megjithatë, edhe ajo energji edhe masa, kalojnë në trupa tjerë ose grimca, por nuk zhduken pa lënë gjurmë.

Tani relacionin (5) mundemi ta shkruajmë në mënyrë skematike kështu:

$$mc^2 = E_0 + E_k \quad (6)$$

Shuma prej energjive gjatë qetësisë E_0 dhe energjia kinetike E_k e paraqet *energjinë e përgjithshme të trupit* që lëviz me shpejtësi v . Prandaj mc^2 , në realitet, është energjia e përgjithshme e trupit, kurse atë e shënojmë me E dhe quhet **energji relativistike**. Domethënë madhësia

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (7)$$

quhet energjia relativistike.

Energjia relative e një trupi është e barabartë me shumën e energjisë së tij në qetësi dhe energjisë së tij kinetike.

$$E = mc^2 = E_0 + E_k \quad (8)$$

Ligji i njohur prej mekanikës klasike për ruajtjen e energjisë mekanike përgjithësohet në teorinë e relativitetit. Ligji relativistik thotë: energjia relativistike e sistemit të mbyllur nuk ndryshon gjatë kohës.

Prej relacionit (8) ndryshimi ndërmjet energjisë së përgjithshme gjatë qetësisë që lëviz edhe energjia e tij gjatë qetësimit është e barabartë me energjinë kinetike:

$$E_k = E - E_0 = c^2 (m - m_0) = c^2 \Delta m \quad (9)$$

Kjo do të thotë se energjia kinetike e trupit që lëviz me shpejtësi v e krahasueshme me c është proporcionale me ndryshimin e masës së tij gjatë lëvizjes.

Kështu ekzistimi i energjisë në qetësi $m_0 c^2$ dhe energjia relative mc^2 e trupit që lëviztregon për përfundimin e rëndësishëm: Masa dhe energjia e çdo trupi nuk mund të shqyrtohen si dy karakteristika të çpavarura të materjes, por si dy forma të një madhësie të njëjtë fizike.

Në përgjithësi çdo ndryshim i energjisë së trupit (grimca ose sistemi i trupit) në cilëndo formë ΔE realizohet me ndryshimin proporcional të masës $\Delta m = \Delta E/c^2$ dhe anasjelltas, çdo ndryshim i masës relative Δm realizohet me ndryshimin e energjisë së trupit:

$$\Delta E = c^2 \Delta m \quad (10)$$

Me këtë relacion është dhënë ligji i Ajnshtajnit për lidhjen ndërmjet masës dhe energjisë relative.

Relacioni i Ajnshtajnit (10) vlen jo vetëm për energjinë kinetike, por edhe për të gjitha llojet e energjive. Kjo do të thotë se ky barazim është univverzale dhe shfrytëzohet jo vetëm në mekanikën relative, por gjatë të gjitha proceseve të cilët te të cilët krijohet ndonjë lloj ndryshimi i masës dhe energjisë, sikurse te makrobota, kështu edhe në makrobotën. Kjo vlen, për shembull, edhe gjatë reaksioneve kimike, por edhe gjatë reaksioneve nukleare, ku krijohet të paktën edhe ndryshim të vogël të masës.

Relacioni i Ajnshtajnit gjatë lidhjes ndërmjet masës dhe energjisë ndërmjet veti i lidh të dy ligjet themelore në natyrë, ligji për ruajtjen e energjisë ligji për ruajtjen në natyrë, ligjin për ruajtjen e masës dhe ligjin për ruajtjen e energjisë. Te fizika klasike ato janë të ndara në veçani, pavarësisht njëri prej tjetrit.

Rezultatet e fituara gjatë eksperimenteve me grimca elementare dhe reaksionet nukleare padyshim e vërteton rregullshmërinë e relacioneve relative sikurse për masën (2), ashtu që dhe energjia edhe për lidhjen ndërmjet masës dhe energjisë (10). Me këtë e tërë teoria e Ajnshtajnit ka fituar vërtetim të sigurtë

SHEMBULLI 1.

Elektroni lëviz me shpejtësi $v = 0,85 c$. Të caktohet

energja e tij e përgjithshme dhe energjia kinetike te V. Energjia kur trupi është në qetësi të elektronit $E_0 = 0,511 \text{ MeV}$.

Zgjidhje: Energjia gjatë qetësimit për elektronin $E_0 = m_0 c^2 = 0,511 \text{ MeV}$. Pas relacionit

(5)

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0,511 \text{ MeV}}{\sqrt{1 - \frac{(0,850c)^2}{c^2}}} = \frac{0,511 \text{ MeV}}{\sqrt{1 - 0,722}} =$$

$$E = 0,969 \text{ MeV} = 0,970 \cdot 10^6 \text{ eV}$$

Prej relacionit (8), energjia kinetike e elektronit është

$$E_k = E - E_0 = 0,970 \text{ MeV} - 0,511 \text{ MeV}$$

$$E_k = 0,459 \text{ MeV} = 0,459 \cdot 10^6 \text{ eV}$$

Shembulli 2. Energjia e përgjithshme e protonit

Është tre herë më e madhe se energjia e tij në qetësi. a) Sa është energjia e protonit në qetësi është eV ? b) Me çfarë shpejtësie lëviz protoni në eV? c) Sa është energjia kinetike e protonit në eV? Zgjidhje: a) Energjia në qetësi e protonit $E_0 = m_p c^2$

$$\text{Masa e protonit } m_p = 1,007276 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$E_0 = m_p c^2 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 9,38 \cdot 10^8 \text{ eV} = 938 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}; 1 \text{ J} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$

b) Sipas relacionit (7), pasi energjia e përgjithshme e protonit është tre herë më e madhe se energjia e tij gjatë qetësimit, fitohet:

$$E = 3E_0;$$

$$\frac{m_p c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 3m_p c^2; 3 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{9}; v = \frac{\sqrt{8}}{3} c = 0,94 c; v = 2,83 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

c) Prej relacionit (8)

$$E_k = E - E_0 = 3m_p c^2 - m_p c^2 = 2m_p c^2$$

$$E_k = 2E_0 = 1876 \text{ MeV}$$

Prandaj energjia e përgjithshme e protonit është

$$E = E_0 + E_k = 2814 \text{ MeV} = 3E_0.$$

Pyetje, dedytira, aktivitete

1. Relacionet për ligjet e fizikës klasike në lidhje me transformimet e Lorencit a ngelin invariantë?

2. Pse ligji i II i Njutnit, te forma e tij, $F = ma$, nuk mund të zbatohet në mekanikën relative?

3. Kur vjen në shprehje efekti relativ i masës dhe kur ai ishte eksperimentalisht i kontrolluar?

4. Gjatë cilës shpejtësi trupi do të ketë masë relative $m = 1,6 m_0$? (Përgjigje: $v=0,78 c \text{ ms}^{-1}$)

5. Si shqyrtohet masa dhe energjia te mekanika klasike?

6. Çka vërteton Ajnshajtani në lidhje me masën dhe energjinë te mekanika relative?

7. Cila është energjia e quajtur relative dhe me çka është e barabartë?

8. Si thotë ligji relativ për ruajjen e energjisë?

9. Atomi i hidrogjenit i përbërë prej protonit dhe elektronit e ka energjinë e lidhjes prej 13,6 eV. Për çfarë përqindje të sasisë masa e protonit dhe elektronit është më e madhe se masa e atomit të hidrogjenit? Energjia gjatë protonit $E_p = 938,28 \text{ MeV}$, kurse elektronit $E_e = 0,511 \text{ MeV}$. Masa gjatë qetësimit të hidrogjenit është $m_H = 13,6 \text{ eV}/c^2$.

(Përgjigje: $\left(\frac{m_H}{m_p + m_e} \right) \% = 1,45 \cdot 10^{-6} \%$).

Ndryshimi i përqindjes është aq më e vogël që është vështirë e matshme).

10. Kuazarët janë galaksione shumë të larguara dhe prej tyre ndahet energjia e dritës afërsisht prej $1 \cdot 10^{40} \text{ J}$ në çdo sekondë. Për sa kilogramë zvogëlohet masa e kuazarit për një minutë?

(Përgjigje: $\Delta m = 0,11 \cdot 10^{24} \text{ kg/s} = 6,6 \cdot 10^{24} \text{ kg/min}$ -përafërsisht me masën e Tokës)

Më shumë informata për teorinë relative të Ajnshajtinit dhe relacionin e Ajnshajtinit për lidhjen ndërmjet masës dhe energjisë kërkoni në lëto Internet adresa:

www.dsUPER.net/~tinom/ph2000/GALILEAN.html

<http://musr.physics.ubs.ca/~jess/hr/skept.html>

www.dsUPER.net/~tinom/ph2000/GALILEAN.html

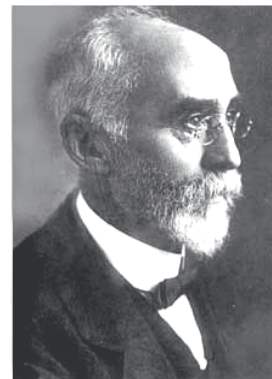
<http://musr.physics.ubs.ca/~jess/hr/skept.html>

<http://www.nobelprize.org>

www.alberteinstein.info/gallery/gallery.htm

www.dsUPER.net/~tinom/ph2000/GALILEAN.html

<http://musr.physics.ubs.ca/~jess/hr/skept.html>



H. Lorenc (Hendrik A. Lorentz)
(1853-1928)

H. Lorenc ka qenë profesor i Univerzitetit të Lajdenit. Në vitin 1902 për hulumtimet prej fushës së ndikimeve magnetike nën fenomeneve të rrezatimit ka marrë shpërblimin Nobël për fizikë që e ka ndarë me Petër Zeman (P. Zeeman).

22.1. PROBLEMET GLOBALE KLIMATIKE

Metodat e para shkencore për klimatologjinë-shkencë e cila e studion klimën dhe ndryshime e saja, llogaritet se janë paraqitur në vitin 1831 me futjen e definicionit të ri të klimës nga ana e Aleksandër Humbolt. Sipas tij, termi paraqet ndonjë *veti specifike e atmosferës, që varet prej veprimit të përbashkët të vijueshmëm të sipërfaqes së lëvizshme të detërave dhe rrezatimit të nxehtësisë prej zonave të thata të Tokës.*

Pasi karakteristikat e atmosferës është njëra nga shkaqet kryesore që e caktojnë klimën te ndonjë regjion, të shohim disa karakteristika të tyre. Sipas teoris, atmosfera mund të formohet rreth çfarëdo trupi qiellor që ka mjaftë gravitacion të fortë.

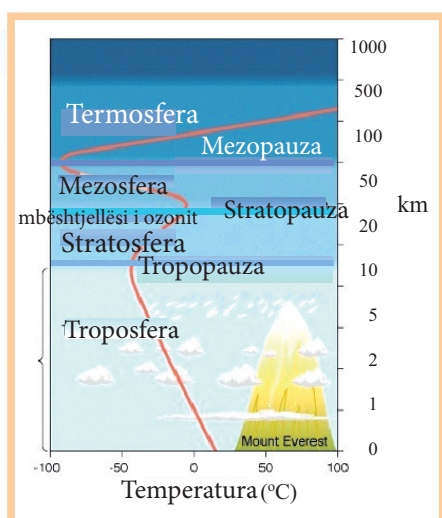


Fig. 1, Atmosfera e Tokës

Atmosfera e Tokës përbëhet prej pesë shtresave (fig. 1). Ajo ka dinamikë të proceseve dhe gradient të temperaturës. Dendësia dhe përbërja e atmosferës ndryshojnë me lartësinë prej sipërfaqes së Tokës. Mbështjellësi më i ulët në të cilën jetojmë quhet troposferë (dhe përhapet deri 10 km lartësi). Gazërat në këtë shtresë, janë kryesisht, molekulare oksigjen (21%) dhe azot molekular (78%), kurse te

tjetra një përqindje ka argon, karbon dioksid, avulli i ujit dhe gjurma prej hidrogjenit, ozonit, metanit, karbon monoksidit, heliumit, neonit, kriptonit dhe ksenonit. Në klëtë shtresë ka 90 % prej gazërave të atmosferës së Tokës dhe 99% prej avullit të ujit. Kur bëhet fjalë për disa bashkëdyzime që sot ekzistojnë në atmosferë, por janë më të rralla, sikurse, për shembull, hidrogjen sulfat ose disa okside të sulfurit dhe azotit, supozohet se ato së pari janë paraqitur në rrethinën të vullkaneve ose këlnetave, dhe pastaj nëpërmjet qarkullimit të masave ajrore, ujore ose të reshurave të borës bartur në largësi të mëdha.

Të gjitha ndryshimet kohore ndodhin këtu. Zvogëlimi i temperaturës me rritjen e lartësisë është rezultat prej zvogëlimit të shtypjes. Kur pjesë prej masës së ajrit lëviz lartë, zgjerohet në llogari të shtypjes së ulët, me të cilën ftohet. Ska-ji i sipërm i kësaj shtrese është tropopauza. Më e ulët te polet, rreth 5 km mbi sipërfaqen, kurse më e lartë në ekuador - 16 km.

Shtresa mbi troposferën deri në над тропосферата се до 50-tin kilometër quhet **stratosfera**. Ai është vendi ku formohet **mbështjellësi i ozonit**. Deri te stratosfera arrin rrezatimi diellor me gjatësi valore nën 240 nm dhe i shpëput molekulat e oksigjenit duke krijuar ozon (O_3). Ozoni arrin koncentrim më të madh në lartësi prej 25 km. Mbështjellësi i ozonit përhapet në lartësi prej 11 deri 60 km. Ajo e absorbon rrezatimin ultravjollcë të dëmshme dhe nxehet (me lartësinë pas rënies së temperaturës ka rritje, fig. 1).

Shtresa mbi stratosferën është **mezosfera**. Këtu temperatura bie me lartësinë, duke arritur minimumin prej -90 oC.

Termosfera gjendet mbi mezopauzën dhe është shtresë në të cilën përsëri ka rritje të temperaturave me lartësi, të shkaktuar prej absorbimit të UV dhe rrezeve X të diellit. Në lartësi prej 80 km gazërat janë aq të rralla që për periudhë të shkurtër kohore mund të ekzistojnë elektrone të lira para se të jenë të robëruara prej jnit pozitiv. Ekzistimi i grimcave të elektrizuara në këto lartësi, dhe mbi ato, signalizon për fillimin e **jonosferës**, shtresë që ka tipare të gazit dhe plazmës.

Regjioni mbi 500 km prej Tokës është egzosfera. Toka sillet si fushë magnetike i koncentron grimcat e elektrizuara të cilat vijnë prej kozmozit në shtresa prej rreth 3000 dhe 16000 km prej sipërfaqes. Ky regjion i jashtëm rreth Tokës, ku grimcat qarkullojnë përrreth vijave të forcës së fushës magnetike. Mënjanimi i grimcave të elektrizuara në fushën magnetike - Forca e Lorencit).

Shkaqet për ndryshimet globale klimatike. Rrezatimi diellor që hyn në sistemin klimatik të Tokës dhe e lëshon, duke u kthye në gjithësi si rrezatim infrakuq. Poashtu, sistemi klimatik ngel në baraspeshë nëse nuk është i detyruar të ndryshon. Që të arrihet temperaturë stabile temperatura te sipërfaqja e Tokës, patjetër të vendoset baraspesha e Tokës dhe rrezatimit që e lëshon. Në të kundërrën sipërfaqja e Tokës do të vazhdoon të nxehtet (më shumë energji hyn se sa që del) ose anasjelltas të ftohet.

Është e logjikshme të supozohet se në masë të madhe, kanë qenë të shkaktuara nga ndikimet natyrore, por shumë pak si rezultat i aktivitetit të njeriut-ndikime antropogjene e shprehi nëlpërmjet efektit të kopshti të qelqit dhe ndryshimin e shtresës së ozonit. Për disa prej këtyre ndikimeve do të bëhet fjalë më poshtë

1. Aerosoli. Në atmosferë së bashku me pikat e ujit dhe grimcat e akullit që gjenden në retë dhe mjegullë, ekziston edhe sasi më e madhe e grimcave të ngurta dhe të lëngëta me përbërje të ndryshme kimike. Ato me një emër quhen **aerosolë**. Pjesa më e madhe e këtyre grimcave kanë diametër 10-4 deri 10-5 cm. Ato në atmosferë mund të paraqiten si rezultat i proceseve natyrore-erupsione vulkanike ose si rezultat i aktivitetit njerëzor.

Në rastin e përgjithshëm, ndikimi në aerosolët, sillet në ndryshimet e temperaturës. Shkaku për atë është ndryshimi i rrezatimit të atmosferës.

Pjesa më e madhe prej aerosolëve atmosferik aerosoli është në shtresat e troposferës, ku jeta është relativisht e shkurtër. Njëra prej shkaqeve për atë, krejtësisht, është forca e gravitacionit

që prej atmosferës i tërheq grimcat më të vësh-tira nga sipërfaqja. Ato më të lehtë, pra, deri te Toka arrijnë deri te veprimi i qarkullimit ajror dhe të reshurat, që si procese kanë rol të madh në pastrimin e atmosferës prej aerosilëve. Aerosolët te troposfera kanë ndikim të klimës të karakterit lokal.



Fig. 2. Erupsionet vulkanike kontribuojnë për rrezatim të atmosferës

Shumë më e vogël është sasia e aerosolëve në stratosferë. Dimensionet e këtyre grimcave janë shumë të vogla (prej 10-4 deri 10-5 cm), prandaj gravitacioni mbi ato ndikon shumë dobët. Nga ana tjetër qarkullimi vertikal i ajrit në stratosferë mungon, por gjithashtu, nuk ka të reshura. Kjo kontribuon ndikimi i aerosolëve të stratosferës, kryesisht oksidet e sulfurit (SO_2 , SO_3 , ose SO_4), të jenë i pranishëm mbi ndryshimet e klimës.

2. Oqeanet dhe kriosfera. Nëse merret parasysh se masa e ujit është më e madhe prej masës së atmosferës, por përveç kësaj edhe kapacitetit të nxehtësisë specifike të ujit është më i madh prej asaj të atmosferës (për 4 herë), atëherë bëhet e qartë se detërat dhe oqeanet janë rezervoare të mëdhaja të nxehtësisë. Karakteristika e tyre themelore fizike është që kanë inercion të madh të nxehtësisë relative ngrohen, por ngadal ftohen, por dobët e rreflektojnë rrezatimin ndërhyrës.

Ato ngadal e ngrohin atmosferën. Oqeanet dhe detërat kanë rol edhe në pastrimin e atmosferës prej CO_2 . Ndikim të veçant mbi klimën kanë rrymat e ujit të ngrohët dhe të ftohët.

Jo më pak rol në formimin e klimës ka edhe kriosfera (mbulesat kontinentale të ftohta si Grenndlandi dhe Antarktiku, akullnajat malore dhe mbulesat e borës). Mekanizmi me të cilët kriosfera ndikon mbi klimën ka shumë, por si më të rëndësishme do t'i përmendim: veprimi termik mbi masat ajrore dhe ujore, zmadhimi i albedos së tokës dhe absorbimi i gazërave.

3. Shirat e tharët. Disa prej gazërave në atmosferë (CO_2 , SO_2 , oksidet e azotit NO_x , NH_3 etj.), bashkëdyzimet organike avulluese dhe pluhuri alkaik mund të kontribuojnë për shirat e tharët. Shirat e tharët kanë $\text{pH} < 5$. Deri sa nuk reduktohet ndotja ajrore e shirave do të jenë problem për njerëzimin.

Burimet natyrore të oksideve të sulfurit janë erupsionet vulkanike, zbërthimi i organizmave të ndryshëm. Burimet natyrore të oksideve të azoteve janë bakterjet prej tokës dhe reaksionet kimike në shtresat e sipërme të atmosferës.

Megjithatë, burimet natyrore është vetëm përqindje e vogël për ndotësit. Këlshtu, për shembull, njeriu është shkaktar për 90% prej emetimit të sulfurit dhe 95% prej emisionit të azotit. Oksidi sulfurik lëshohet gjatë djegëjes së karbonit, rafinerimi mi naftës. Oksidet e azotit krijohen gjatë djegëjes së lëndmëve të pafra gjatë temperaturave të ulëta. Afërsisht 40% prej këtyre oksideve azotike antropogjene janë prej automobilitave, kamionëve dhe treneve, 25% prej termoelektraneve dhe 35% prej proceseve industriale me djegëje, zbërthimi i mbeturinës nëpër deponi.

4. Ndikimet kosmologjike mbi klimën.

Sipas njohurive të sotshme, aktiviteti i Diellit është vetëm njëra prej të ashtuquajturave faktorë kosmologjike. Është e njohur se te Dielli ekzistojnë 11, 22 dhe 80 - ciklluse vjetore prej të cilëve më mirë e hulumtuar është i pari. Kur bëhet fjalë për 11 vjetorin ciklusi i aktiviteteve diellore, dihet se ajo ndikon mbi dinamikën e proceseve në stratosferë dhe jonosferë.

Këtu marrin pjesë, ndërmjet tjerave, edhe ndikimet e gravitacionit të planeteve fqinje, ndryshimi i ekscentricitetit dhe inklinacionit të orbitës Tokësore.

Ndryshimet klimatike: paraqesin kërcënim global. Sikurse është e njohur, jeta në planetin Tokë është e mundshme për shkak të efektit natyror të kopshtit të qelqit. Paraqitja natyrore e gazërave të cilët e shkaktajnë paraqitjen e gazërave të cilët shkaktajnë efektin e kopshtit të qelqi („gazërat e qelqit“ - ngjashëm sikurse qelqi që nuk lejon nxehtësia të dal jashhtë prej kopshtit të qelqit kështu edhe këto gazëra kontribuojnë për nxehtësinë e Tokës), parasëgjithash avulli i ujit (H_2O), dioksidi i karbonit (CO_2), metani (CH_4), oksidi i azotit (N_2O) dhe ozoni i troposferës (O_3) mundëson energjinë e diellit të vjen deri te sipërfaqja e Tokës si dritë e dukshme, prandaj të jetë e robëruar prej atmosferës si rrezatim infrakuq. Ky fenomen e mban nxehtësinë në planetin tonë.

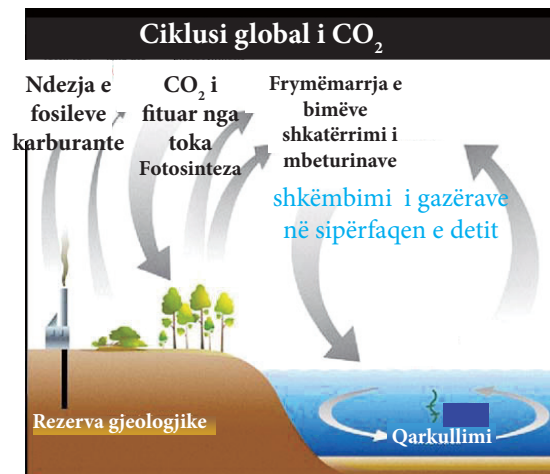


Fig. 3. Qarkullimi i CO_2 në atmosferë

Pse presim se klima do të ndryshohet? Me inustrializimin e emisionit të „gazërave të qelqit“ prej djegëjes së djegëjeve fosile, prerja e pyjeve dhe pastrimi i tokës për bujqësi, rregullisht zmadhohet.

Në 100 vitet e fundit gazërat e qelqit emetohen në atmosferë më shpejtë se sa që proceset natyrore mundet t'i largojnë. Poashtu gazër të emetuarara janë edhe gaëza të reja sintetike sikurse janë klorurfluori karboni (CFC). Për fatë keq, koncentrimi i këtyre gazërave në atmosferë rregullisht zmadhohen. Është konstatuar se edhe ato e mbështesin efektin e kopshtit të qelqit. Pikërisht, sasia e zmadhuar e të gjitha këtyre gazërave nuk lejon nxehtësia të dal prej troposferës që kontribuon për ngrohjen globale të Tokës dhe ndryshimet globale në ekosistemin (fig. 5).

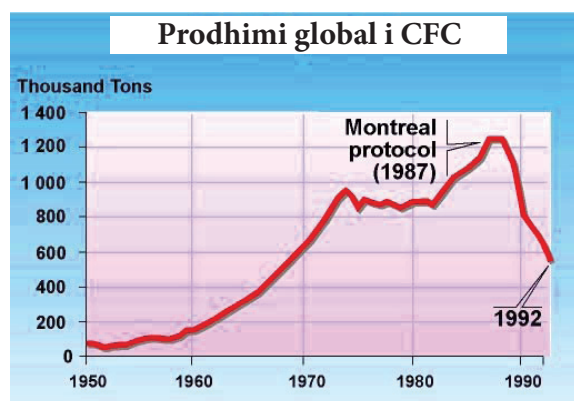


Fig. 4. Prodhim global i CFC

Të dhënat për klimën para 160 vjet tregojnë lidhje të ngushtë ndërmjet koncentrimin të „të gazërave të qetë“ (para së gjithash avulli i ujit, dioksid karboni si edhe metani, oksidi i azotit etj.) në atmosferë dhe temperaturat globale. Qysh në vitin 1896 kimisti i madh suedez S. Arrhenius ka parashikuar se me dyfishimin e koncentracionit të CO₂ në atmosferë nëpërmjet djegëjes së fosileve, është e mundshme temperatura globale të rritet për 5,5°C. Kjo nuk është larg prej vlerave 1,5°C deri 4,5°C të cilët tani fitohen prej simulimeve kompjuterike të klimës për zmadhim të dyfishtë të CO₂ në atmosferë.

Në vitin 1995 bashkësia botërore e shkencëtarëve lajmëroi se ndryshimi tani më është e pranishme dhe e planeti Tokë në shekullin e kaluar është grohur për 0,5°C. Në janar të vitit 2001 trupi Ndërqeveritar për ndryshimet klimatike pranë Kombeve të bashkuara ka deklaruar se

ndikimi i njeriut paraqet faktor kryesor për ngrohjen e sotshme globale.

Në vitin 1995 janë bërë vlerësimi se temperatura globale e ajrit të Tokës do të zmadhohet edhe për 1°C-3,5°C deri në vitin 2100. Ajo ka për të qenë më shpejt ndryshimi i klimës në 10000 vitet e fundit.

Ngrohja në këto përpjesë do të ndikon shumë mbi aspektet e jetës tonë, pasi do të shkakton ndryshime të temperaturave në dhe ndryshime në shpërndarjen e ujit të freskët. Me siguri të rëndësishme do të jenë ndikimet mbi shëndetin e njerëzve, voitaliteti i pyjeve dhe zonave tjera natyrore, si edhe produktiviteti në bujqësi.

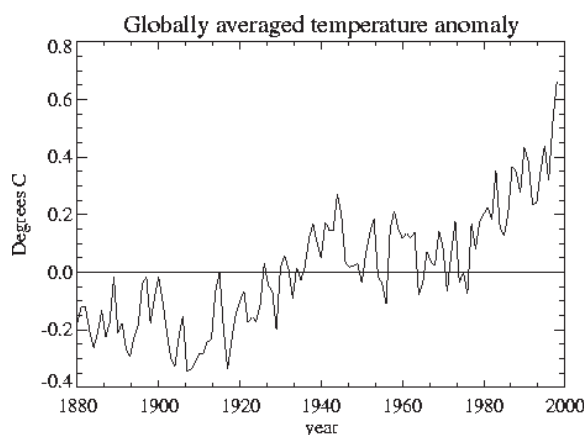


Fig. 5. Ndryshime globale të temperaturës prej vitit 1880deri në vitin 2000

Planeti më i ngrohët Toa e përshpejton ciklusin global të ujit: shkëmbimi i ujit dhe tokës. Temperaturat më të larta shkaktojnë avullim më të lartë dhe tharje më të shpejtë të tokës. Sasia e zmadhuar e ujit në atmosferë domethënë më shumë shi ose borë. Ndoshta në këtë moment i vërejmë shenjat e para të ndryshimeve në ciklusin e ujit . Ato dukuri mund të shkaktojnë vërshime, erozion të tokës, pra edhe humbje të disa llojeve të organizmave të gjallë. Në disa fusha tjera, pra, zmadhimi i avullimit sjell deri në tharje, pasi të reshurat e mjaftueshme bien edhe në vende tjera.

Në100vitetefunditngrohjaglobaleenivellit të detit mesatarisht është ritur për 10 deri 25 cm,

pjesërisht për shkak të zgjerimit të ujit kur aji ngrohet. Shkrirja e glerëve në shekulln e fundit, gjithashtu, kontribuon për rritjen e nivelit të ujit. Më herët toka e ngrirë (akull i përjetshëm) në pjesët e arktikut të Aljaskës dhe Sibirit, gjithashtu, filloi të shkrihet, duke e prishur ekosistemet dhe infrastrukturën. Shkrirja e përmendur dhe ngrohja e tundreve do të sjell deri te shkatërrimi i materjeve organike dhe lirimi i karbonit të robëruar dhe metanit, duke krijuar burim plotësues të „gazërave të qelqit“. Sikurse riziqet prej ndryshimeve klimatike globale bëhen aq më shumë të dukshme, paraqitet nevoja e vërtetë prej fokusimit të aksioneve për zvogëlimin e emisioneve të gazërave të qelqit dhe minimizimi i ndikimeve të dëmshme prej ndryshimeve klimatike.

Edhe pse e pamundshme të bëhen parashikime më të preciza të sistemit klimatik global, përsëri është e qartë se mirë duhet ta ruajmë dhe të kujdesemi për mjedisin në të cilin jetojmë.



Inicativat ndërkombëtare në lidhje me ndryshimet klimatike. Gjatë viteve 80, për shkak të vërtetimeve shkencore për ndryshimet globale klimatike dhe pasojave prej tyre, është paraqitur shqetësim i zmadhuar ndërmjet shkencëtarëve, politikanëve dhe publike. Në vitin 1992, në Rio de Zhaneiro ishte miratmarrëveshja kornizë për ndryshimet klimatike (United National Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) qëllimi i fundit të të cilit është: ...stabilizimi i koncentrimit të „gazërave të qelqit“ në nivel të të cilës do ta pengon pjesëmarrjen kërcënuese antropogene në ndryshimet klimatike.... Me siguri, pjesëmarrja e vendeve të zhvilluara (të cilat janë kryesoret „prodhuesit“ e gazërave të qelqit) u tregua e pamjaftueshme dhe për këtë shkak në vitin 1995 është futur mandati i Berlinit, i cili vendosi proces negociator për angazhman më të madh në kornizat e Marrëveshjes në periudhën pas vitit 2000. Ky proces, solli deri te nënshkrimi i Kjoto protokollit (Kyoto protokol) në vitin 1997.

Kjoto protokollit paraqet hap me të vërtetë të rëndësishëm në kufizimin e emisioneve të „gazërave

të qelqit“ (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, ClFC₄). Pasi atmosfera nuk din për kufij është e qartë se ai është problem i të gjitha planetit Tokë.

Pyetje dhe detyra

1. Si është strukturta në atmosferë?
2. Nëse një balon në ora 7 në mëngjez e shihni mbi Shkup, ku do të jetë në ora 19 në mbrëmje? Pse?
3. Pse grimcat e elektrizuara prej kozmosi nuk arrijnë në Tokë?
4. Cilat janë shkaqet për ndryshimet klimatike globale?
5. Çka janë ato „gazërat e qelqit“ ?
6. Si njeriu ndikon mbi ndryshimin e klimës?
7. Çfarë ndikimi ka mbështjellësi i ozonit për jetën në Tokë?
8. Si zhduket ozoni dhe cilat janë pasojat prej zhdukjes akoma më të madhe në mbështjellësin e ozonit të Tokës?

Vet termi klimë bukvalisht do të thotë mënjanim i rrezeve të diellit, dhe për herë të parë është futur prej astronomit grek Hiparkus në shekullin II p.e.r.. Deri në shekullin XVIII karakteristikat e klimës kanë qenë të sqaruara vetëm nëpërmjet mënjanimit, përkatësisht këndit ndërhyrës në rrezet e diellit në zonën e dhënë.

Aleksandër Humbollt Хумболт (Alexander Humboldt) shkencëtar natyre dhe ushëpërshkrues.

Më shumë informata për ngrohjen globale (Climate Change), mbështjellësi i ozonit (Ozone layer) dhe masat për mbrojtjen e tyre me protokollin e Kjotos (Kyoto protocol) kërkoni në Internet ose literaturë tjetër.

Bëni seminar në këtë temë me të cilën edhe Ju dotëkontribuoni për mbrojtjen e mjedisit jetësor.

22.2. EFEKTI I KOPSHTIT TË QELQIT



A keni parashtruar pyetjen: në cilën zonë spektrale rrezatojnë trupat rreth nesh? Për shembull, trupat në temperaturë 330 K dhe 6000 K kanë intensitet maksimal të rrezatimit, të parat në pjesën infrakuqe (IC), kurse tjerët në pjesën e dukshme të spektrit. Ky ndryshim i gjatësisë valore ka pasoja të mëdhaja prej të cilave njëra është **efekti i kopshtit të qelqit**.

Gjatësia valore λ_{\max} për të cilën emetimi i rrezatuar ka intensitet më të madh është dhënë me **ligjin e Vinit të zhvendosjes**

$$\lambda_{\max} = \frac{C}{T}, \quad (7)$$

ku $C=2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$ është konstanta e Vinit, T temperatura absolute. Sipas ligjit të Vinit me rritjen e temperaturës maksimumi i intensitetit në spektrin e rrezatimit zhvendoset nga gjatësitë valore më të vogla (fig. 1).

Rrezatimi i diellit me intensitet maksimal të 483 nm lehtë kalojnë nëpër qelq. Brenda në kopshtin e qelqit atë e absorbojnë trupat që pastaj reemitojnë energji. Megjithatë, temperatura e tyre është më e ulët, pra emisioni iu rrezatimit të tyre është me gjatësi valore më të vogël (në IC pjesën e spektrit). Këto gjatësi valore nuk mund të kalojnë nëpër qelqin, d.m.th., *qelqi i absorbon rrezet IC*. Kështu brendësia e kopshtit të qelqit ngrohet. Njëjtë sikurse qelqi e mban nxehtësinë prej Diellit në kopshtin e qelqit, kështu edhe atmosfera e mban nxehtësinë e Tokës.

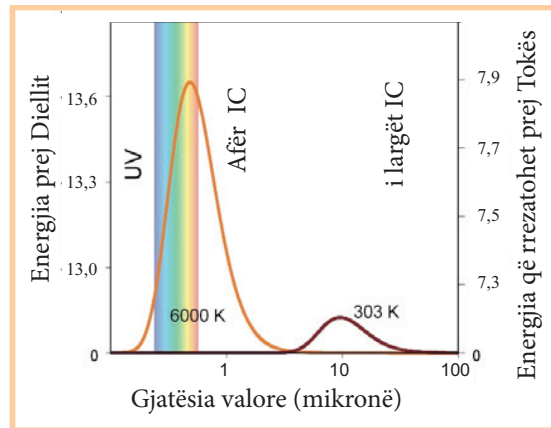


Fig. 1

A keni ditur se edhe në njerëzit jetojmë në kopshtin e qelqit? Efekti i kopshtit të qelqit është fenomen natyror shumë i rëndësishëm dhe në atmosferën e Tokës. Ai realizohet në këtë mënyrë (shiko figurën 2)

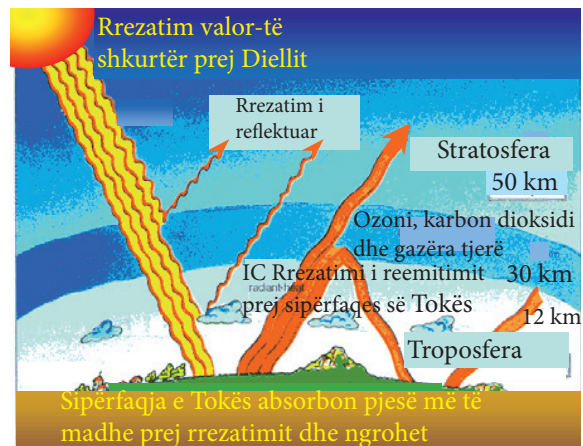


Fig. 2. Efekti i kopshtit të qelqit

-Rrezatimi i diellit nëpër atmosferën e Tokës si rrezatim me gjatësi valore të shkurtër, më së shumti në zonën e afërt infra kuqe prej spektrit. Një pjesë prej këtij rrezatimi para se të arrijë deri te sipërfaqja e Tokës absorbohet prej atmosferës, duke përfshirë retë, kurse një pjesë reflektohet dhe kthehet pas në gjithësi. Megjithatë, pjesa më e madhe e rrezatimit arrin deri te sipërfaqja e Tokës.

-Rrezatimi që arrin absorbohet prej sipërfaqes së Tokës dhe sipas ligjit të Vinit rrezatohet në zonën infra kuqe (si energji e nxehtësisë) te troposfera.

-Molekulat e avullit të ujit- H_2O ; dioksid karboni- CO_2 ; metani- CH_4 , diazot oksidi N_2O , ozoni - O_3 etj. („gazërat e qelqit“) të cilët në mënyrë natyrore ekzistojnë në troposferë, e absorbojnë rrezatimin me gjatësi valore të gjatë (të nxehtësisë) që bie mbi ato në rrugën pas në gjithësi ashtu që troposfera ngrohet. Rrezatimi që e lëshon troposferën është në zonë e afërt të infrakuqes ($8-12 \cdot 10^{-6}$ m).

-Molekulat e gazërave te kopshti i qelqit e japin energjinë e nxehtësisë që e absorbon në troposferë. Pikërisht, mbështjellësi ajror e mban temperaturën e Tokës. Megjithatë, mungesa e gazërave prej kopshtit të qelqit do ta zvogëlon temperaturën mesatare të planetit tonë për afërsisht $33^\circ C$, duke e shndërruar Tokën edhe në një planetë pa tela të sistemit Diellor.

-Sasia e kufizuar e gazërave prej kopshtit të qelqit në tropopauzë lejon pjesë prej rrezatimit të nxehtësisë të dalë në stratosferë edhe jashta saj.



Fig. 3. Ndotës të cilët kontribuojnë për zmadhimin e sasisë së gazërave në atmosferë

Efekti i kopshtit të qelqit është fenomen natyror dhe i përkushtohet asaj që temperatura e Tokës është e përshtatshme për jetë. Vërtetimet për ekzistimin e efektit të kopshtit të qelqit vijnë edhe prej planeve tjera. Për shembull, planeta Venera kur 90% prej atmosferës është CO_2

temperatura e sipërfaqe është për $523^\circ C$ më e madhe se kur nuk do të ishte atmosfera.

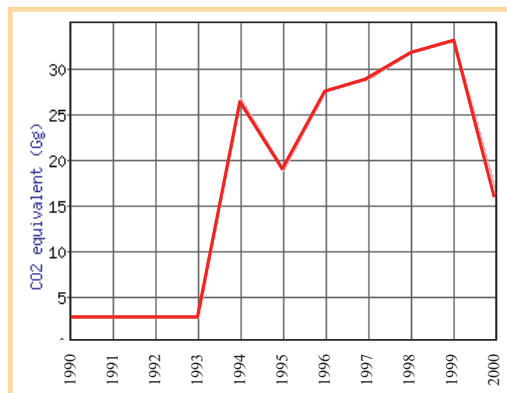


Fig. 4. Rritja e sasisë së dioksidit të karbonit në atmosferë

Çka është ajo efekti i kopshtit të qelqit të përfuruar? Besohet se përbërja themelore e atmosferës nuk ndryshon me miliona vite, edhe pse disa komponenta të rralla, sikurse është CO_2 varon. Sot sasia e dioksid karbonit, metani, oksidi i diazotit në atmosferë rritet shumë shpejtë se sa në çdo rast në të kaluarën (fig. 4). Ky fakt shkakton shqetësim në lidhje me ndryshimin global të klimës. Përveç CO_2 , në atmosferë lëshohen gazëra sintetik si kloro-fluorokarbon (CFC) (freonet), të cilët kanë kapacitet për absorbim të nxehtësisë 7000 herë më e madhe se ai i CO_2 . Pikërisht, sasia e zmadhuar e të gjitha këtyre gazërave nuk lejon nxehtësia të dalë prej troposferës që kontribuon për ngrohjen globale të Tokës dhe ndryshimet globale të ekosistemit.

Vërejtëm se energjia që hyn në sistemin klimatik të Tokës dhe e lëshon, duke u kthye në gjithësi si rrezatim infrakuq. Që të arrihet temperaturë stabile e sipërfaqes së Tokës, patjetër duhet të vendoset baraspeshë ndërmjet rrezatimit që e lëshon. Në të kundërtën sipërfaqja e Tokës do të vazhdo të ngrohet (më shumë energji hyn se sa që del).

Çka mund të bëhet?

Në Rio de Zhaneiro në vitin 1992 në marrëveshjen korizë për ndryshimet klimati-ke ishte lajmëruar ky vendim: është e sigurtë se zmadhimi i sasisë së gazërave të lëshuara nga ana e aktiviteteve të njeriut do ta përforcon efektin e kopshtit të qelqit, por si pasojë e asaj edhe ngrohja plotësuese e Tokës.

Efekti i kopshtit të qelqit që me miliona vite ishte pasuri e Tokës, dukej se në shekullin e fundit u shndërru në kërcënim serioz, i përforcuar nga aktivitetet e njeriut. Me industrializimin dhe rritjen e banorëve, emisioni i sasive plotësuese të gazërave prej djegëjes së fosileve, prerja e pyjeve dhe gazërat e reja sintetike, rregullisht zmadhohet. Në 100 vitet e fundit mëtej sasi të gazërave të kopshtit të qelqit emeton më shpejtë aq që proceset natyrore mund të largohen. Dioksidi i karbonit shkëmbehet ndërmjet tërë jetës në Tokë, të njohur si biosferë, dhe atmosfera nëpërmjet numrit më të madh të proceseve, prej të cilëve më i rëndësishë është fotosinteza dhe frymëmarrja. Atmosfera, gjithashtu, shkëmben CO_2 me oqeanet dhe lumenjtë. Një pjesë prej CO_2 , i absorbuar prej sipërfaqes së detit, në shumë natyra transportohet në thellësinë e oqenave. Përveç asaj CO_2 mund të shndërrohet edhe në shumë bashkëdyzime tjera.

Në fund, në mënyrë të pashmangëshme është edhe pyetja: çfarë ndryshime mund të priten si rezultat i ndryshimeve të kopshtit të qelqit?

Për tu përgjigjur drejt duhez të dihet se lidhje ndërmjet koncentrimin të gazërave në atmosferë dhe ngrohja që ato e provokojnë nuk është një lloj. Nga ana tjetër, dhe lidhja ndërmjet ngrohjes globale dhe ndryshimit global të klimës akoma është më e ndërlikuar.

Për dallim prej shumë fushave tjera në shkencë, eksperimente në lidhje me efektin e kopshtit të qelqit në kushte laboratorike nuk mund të bëhen. Prandaj mënyra më e mirë për hulumtimin e ngrohjes globale, e shkaktuar nga efekti i përforcuar e kopshtit të qelqit është nëpërmjet modeleve numerike të cilët kryhen me kompjuter të fortë.

Vlerësimet më të reja të temperaturës së ajrit në viti 2100 do të jetë 1 dhe $3,5^\circ\text{C}$ në lidhje me temperaturës e sotshme mesatare. Sipas skenarit „status quo“ në vitin 2100 si rezultat i rritjes së temperaturës niveli detar do të rritet për 15 deri 95 cm në lidhje me nivelin e sotshëm. Prognozuesët e mëparshëm parashikojnë rritje më të madhe të nivelit të detit për shkak të çrregullimit të shkëmbit të akullnajave në Antarktik por sot llogaritet se çrregullimet e atilla janë shumë me gjasë në përpjesë mileniumi. Edhe pse e pamndshme të bëhen parashikime më precize të sistemit global klimatik, sigurisht është e qartë se duhet ta ruajmë dhe të kujdesemi për mjedisin në të cilin jetojmë.

Pyetje dhe detyra

1. Si sqarohet efekti i kopshtit të qelqit dhe çka kontribuojnë për zmadhimin e temperaturës të kopshtit të qelqit?

2. Nëse temperatura e trupit është 30°C , sa është gjatësia valore e rrezatimit? Nëse temperatura e Diellit është 6000 K, ku është maksimumi i këtij rrezatimi? Çka përfun don? ($C=2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$).

(Përgjigje: Trupat në Tokë emetojnë IC rrezatim me gjatësi valore $\lambda = 9,5 \mu\text{m}$; kurse Dielli rrezaton me $\lambda = 480 \mu\text{m}$. Sikurse shihet dhe prej grafikut të fig. 1 e para është në IC, kurse tjetri te pjesa e dukshme e spektrit.)

3. Çka është ai efekt i kopshtit të qelqit të përforcuar?

4. Çfarë ndryshime mund të priten si rezultat prej ndryshimeve të kopshtit të qelqit?

5. Pse ndërmjet temperaturës së ditës dhe natës së Hënës ka dallim të madh?

Më shumë informata për efektin e kopshtit të qelqit (Grynhaus effect) kërkoni në Internet ose literaturë tjetër. Bëni projekt në këtë temë.

22.3. MBËSHTJELLËSI I OZONIT NDRYSHON

Ozoni ndodhet, kryesisht, në stratosferë e absorbon rrezatimin ultravjollcë të dëmshëm (UV) prej Diellit dhe është mbrojtës në jetën në Tokë. Por, vitet e fundit njerëzit e kanë rrezikuar mbështjellësin e ozonit duke lëshuar në atmosferë substanca të cilat e dëmtojnë baraspeshën të vendosur nga natyra. Koncentrimi i tyre varet prej gjerësisë geografike, stina e vitit dhe lartësia mbidetare.

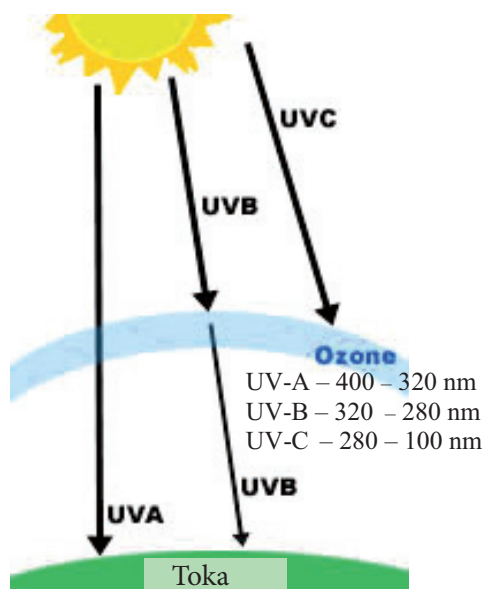


Fig. 1. Absorbimi i UV rrezatimit me energji të madhe prej mbështjellësit të ozonit

Ozoni (O_3) është forma e oksigjenit elementar i cili ka 3 atome të çdo molekuli, në vend të 2 si molekul të oksigjenit (O_2). Ozoni krijohet në stratosferë (10-15 km prej sipërfaqes së Tokës) në reaksion ndërmjet molekulave të oksigjenit dhe rrezatimit të diellit (UV) me gjatësi valore 176-244 μm në procesin e quajtur fotosintezë. Poashtu molekulat O_2 zërthehen në atome të cilat me të tjerët O_2 molekula formojnë ozon O_3 (fig.2).

Edhe pse rrezatimi ultravjollcë rregullisht prodhon ozon të ri këto molekula në mënyrë kontinuitive zhduken në varg të reaksioneve

katalitike nga ana e bashkëdyzimeve natyrore të cilët përmbajnë oksigjen, azot, hidrogjen, klor dhe brom. Këto substanca prej gjithmonë kanë qenë të pranishme në atmosferë, shumë më herët para se të fillon njeriu ta ndot atmosferën. Ato vijonë prej tokës dhe oqenave, në formë të metilkloridit, metilbromidit, azot monoksidit dhe e vendosin baraspeshën natyrore stabile e cila shumë pak është dëmtuar aktiviteti ciklik të Dielli.

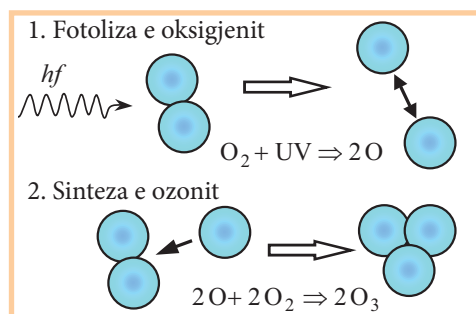


Fig. 2. Fotosinteza e ozonit

Afërsisht 90% prej ozonit ndodhet në stratosferë me koncentrim maksimal ndërmjet 19 dhe 25-tin kilometër të shikuar nga sipërfaqja e Tokës. Fundi i rezervuarit të ozonit të stratosferës është përcaktuar me lartësinë e tropopauzës-zona kufitare izoterme ndërmjet troposferës dhe stratosferës, me lartësi prej 8 deri 10 km mbi gjysmat dhe gati 18 km mbi ekuadorin.

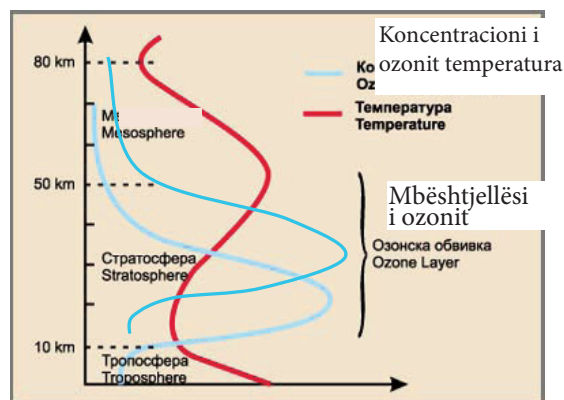


Fig. 3. Ozoni e përcakton strukturën e temperaturës së stratosferës

Pasi gjatë procesit të fotoanalizës lirohet nxehtësia, ozoni e çërcakton strukturën e temperaturës të stratosferës. Pas rënies në troposferë, në stratosferë rritet temperatura (fig. 3). Prej grafikut shihet se atje ku temperatura është më e ulët mbështjellësi i ozonit është më e trashë.

Si është gjendja e mbështjellësit global të ozonit sot?

Sot më shumë është e qartë se niveli global i ozonit është shumë i ulët se niveli i konstatuar para vitit 1980. Kërcënim për mbështjellësin e ozonit janë aktivitetet e ndryshme të njeriut sikurse janë për shembull, substancat të cilat shfrytëzohen në frigoriferë dhe spreje (klorfluor karbon-CFC). Ato janë shumë intern dhe të pazbërthyeshem në ujë dhe gazërta, të cilët nëpërmjet konvencës (qarkullimit të ajrit transportohen në stratosferë. CFC në stratosferë absorbojnë fotone me energji të lartë prej rrezatimit të Diellit (230 nm) dhe fitohet klor i lirë. Njëherë klori i lirë e zhdok ozonin (si katalizator) në serinë katalitike (fig. 4). Reaksionet realizohen në stratosferë gjatë temperaturave ekstreme të ulëta (-80°C).

Bromi prej bromfluori i karbonit të cilët shfrytëzohen për shuarjen e zjareve me UV rrezatim, gjithashtu mund të lirohet në stratosferë. Bromi ka 30 herë aftësi më të madhe për zhdukjen e ozonit prej klorit. Derivatet halogene të karboneve të clët në vend të fluorit dhe klorit përmbajnë tjetër element halogne si për shembull, brom, jod etj., mund të ekzistojnë më shumë se qindra vite në stratosferë. Të lëvizura prej qarkullimeve të ajrit CFC gazërat janë kërcënim për mbështjellësin e ozonit dhe në dekadat e ardhshme.

Kërcënim për ozonin është edhe N₂O prej aeroplanave supersonik të cilët fluturojnë në pjesë të ulëta të stratosferës. Oksidet e azotit krijohen prej mjeteve transportuese, termoelektranet, proceseve industriale të djegëjes.

Sasia e këlytre gzhërave është shumë herë më e madhe se klori dhe bromi që arrin normalisht prej oqeanëve në formë të metilkloridit dhe metil bromidit. Këto gazëra sintetik të lëshuar në atmosferë e zjhdokin ozonin me pasoja globale serioze.

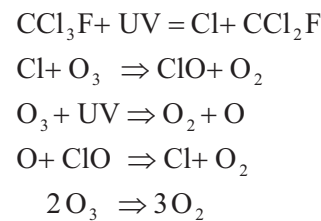
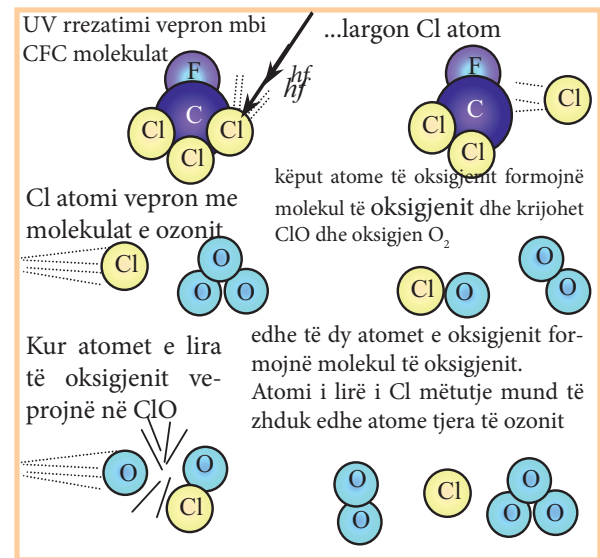
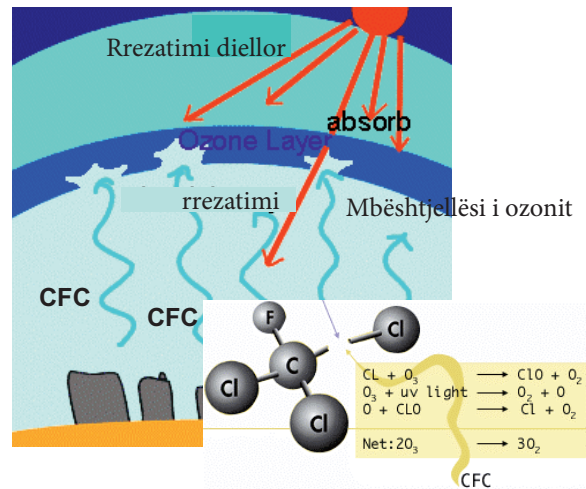
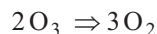
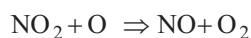
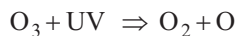
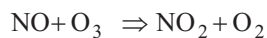


Fig. 4. Zhdukja e ozonit gjatë reaksionit të CFC dhe UV rrezatimit

Zhdokja e ozonit që është rezultat gjatë reaksionit të monoksidit të azotit (NO) si katalizator dhe UV rrezatim rrjedh kështu:



Për krijimin e NO ndikim ka edhe rrezatimi kozmik (rrezet kozmike të polet hyjnë gati paralelisht me vijat e forcave magnetike). Shpërndarja hapësinore gjatë formimit të NO tregon se fusha magnetike e Tokës ka ndikim indirekt në koncentracionin e NO, por sipas asaj edhe ozoni. Hulumtimet tregojnë se se produksioni i NO është më e madhe te polet, por logjikisht vijon se vrimat e ozonit janë pikërisht atje. Njëkohësisht për zhdukjen e ozonit mbi polet kontribuojnë dhe prania e sasive të mëdha të klorit dhe bromit reaktiv.

Ozoni krijohet nëpërmjet tërë viti në stratosferë mbi brezin e ekuadorit. Nëpërmjet qarkullimeve ajrore ai transportohet nga gjerësitë gjeografike polare.

Humbja e ozonit veçanërisht janë të mëdha mbi Antarktik. Për këtë kontribuojnë retë polare të stratosferës polare të cilat e thithin avullin e ujit dhe i absorbojnë bashkëdyzimet e azotit. Me ardhjen e të ashtuquajturëve pranvera në shtator (paraqitja e diellit dhe UV rrezeve), rezervuaret stabile kalojnë në lloje aktive të klorit dhe bromit në sipërfaqet e reve stratosferike polare dhe me efikasitet të madh e zhdukin ozonin. Rezultatet prej kësaj janë: humbja e më shumë se 40% ozoni gjatë kohës shtator dhe tetor (kurshakullinë e fuqishme polare të erërave të perëndimit e mban ozonin) dhe më e madhja gjër më tani vrima e ozonit me sipërfaqe prej 24 милиони km² (shiko figurën 5, 6, 7).

Megjithatë, zhdukja e ozonit mbi Arktik nuk është shumë e madhe, për dy shkaqe: temperatura në stratosferë rrallë e arrin vlerat nën -80°C për shkak të ndryshimit të rregullt të mjaftueshëm të masave ajrore prej gjerësive gjeografi Antarktikut.

Globalisht prej vitit 1970, gjithësej ozoni ka tendencë për rënie çdokundi përveç mbi ekuador (mbështjellësi i ozonit sot duket

si lecka të vjetra të plunosura). Nëse përjashtohet brezi ekuatorial, ku nuk ka ndryshime të rëndësishme të ozoni, rënia mbi gjerësitë gjeografike të mesme dhe polare në periudhën 1984-1993 në lidhje në vitin 1964 është më shumë se 2 herë.



Fig. 5. Vrima e ozonit mbi Antarktik.

Te troposfera, përkundër, koncentracioneve të ozonit në gjerësitë gjeografike veriore dhe të mesme, në 100 vitet e fundit janë zmadhuar për më shumë se 2 herë dhe janë me tendencë të rritjes. Ky ozon nuk mund të kompenzon humbjet në stratosferë.

Për dallim prej ozonit në stratosferë, që ka rol filtrues pozitiv të UV rrezatimit, ozoni i troposferës, edhe pse identiteti kimik ka krejtësisht formë tjetër, veti destruktive. Ai fuqimisht reaktiv me molekulat tjera dhe koncentrimet e tyre të larta janë toksike për sistemet e gjalla dhe i dëmton qelizat e tyre.

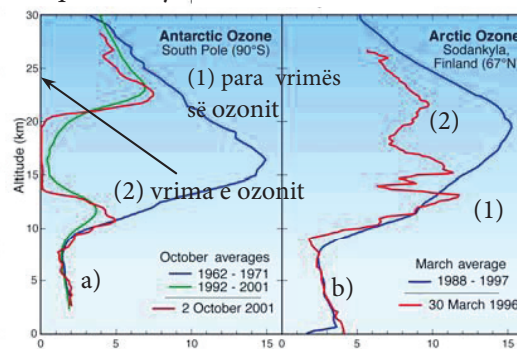


Fig. 6. Profili vertikal i ozonit në stratosferë a) mbi Antarktikut (1) tetor 1962-1971 dhe (2) 2 tetor 2001; b) mbi Arktikut - (1) mars 1988-1997 dhe (2) 30 mars 1996

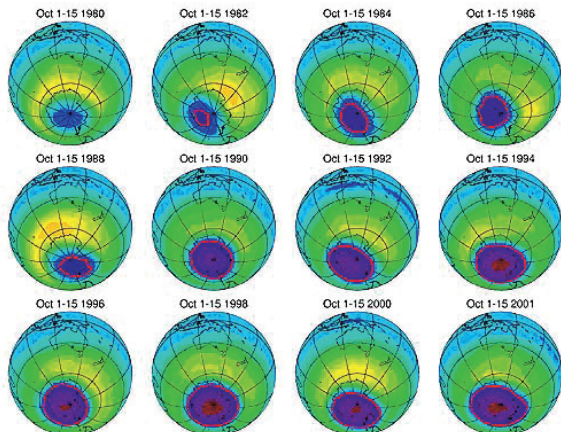


Fig.7. Zgjerimi i vrimës së ozonit mbi Antarktik në vitin 1980, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 2000, 2001.

Pasoja prej zhdukjes së ozonit. Ozoni ndikon mbi baraspeshën e pranimit dhe kthimit të nxehtësisë prej sistemit Tokë-atmosferë me pasoja të paparapara. Ozoni e reflekton rrezatimin infrakuq që reemiton prej Tokës dhe ekthen pas prej saj, duke ndihmuar në ngrohjen e shtresave më të ulëta (efekti i kopshtit të qelqit). Kështu zmadhimi i ozonit në troposferë, veçanërisht në afërsi të tropopauzës shkakton ngrohje, derisa zvogëlimi i ozonit të stratosferës shkakton ftohje.

Pasi ozoni fuqishëm e absorbon UV-rrezatimin prej spektrit të Diellit me gjatësi valore më të shkurtëra prej 280 μm lejon vetëm pjesë të tij të vogël të vjen deri te sipërfaqja e Tokës. Zhdukja e ozonit shkakton nivel të zmadhuar të UV-B rrezatimit në sipërfaqen e Tokës e cila është me pasoja të mëdhaja për botën e gjallë: kanceri në lëkurë, katarakta e syve (mjegullimi i leqës së syrit), dëmtimi i DNK, zvogëlimi i efikasitetit të sistemit imunologjik, shkatërrimi i disa ekosistemeve, veçanërisht të fitoplanktonit detar është përçuesi kryesor i CO₂ dhe pasoja prej ndryshimit të klimës.

Çkamundtëbëhetpërmbrojtjenembështjellësës së ozonit? Kujdesi për zhdukjen e mbështjellësit të ozonit i angazhon së pari shkencëtarët dhe profesionistët, por pastaj edhe organizatat botërore. Që të gjendet dalje prej gjendjes së ndodhur në lidhje me mbështjellësin e ozonit.Këshilli qeveritr i UNEP- United National Environmental Program-

me - organizata për mjedidin jetësor pranë OKB, në vitin 1977i vendosi bazat e aksionit ndërkombëtar për mbrojtjen e mbështjellësit të ozonit. Në vitin 1985 me konventën e Vienës obligohen vendet ta mbrojnë shëndetin e njerëzve dhe mjedisit jetësor dhe të përgatisin masa konkrete.

Me protokollin e Mon trealit prej viti 1987 të dhëna masat konkrete dhe kërkon CFC deri në fund të vitit 1994 të zvogëlohet për 20 % , por deri në vitin 1998 për 50 %. Edhe përveç masave të këtitilla vështir është të parashikohet kur mbështjellësin e ozonit do të përtrihet dhe kthehet në gjendjen paraprake.



Paul Crutzen Mario Molina Sherwood Rowland

Për kontributet në ndriçimin e reaksioneve kimike gjatë zhdukjes së ozonit mimiin Nobël për kimi në vitin 1995 e ndan Paul Crutzene (1933-) prej Maks Plank instituti,Mario J. Molina (1943 -) prej Masaçuset, Instituti për teknologji dhe F. Sherwood Rowland (1927-) prej Universitetit të Kalifornisë.

Pyetje dhe detyra

- 1.Si sqarohet krijimi i ozonit dhe ku ndodh kjo?
- 2.Çfarë ndikimi ka mbështjellësi i ozonit për jetën në Tokë?
- 3.Si zhduket ozoni dhe cilët janë pasoja prej zhdukjes më të madhe të mbështjellësit të ozonit në Tokë?

Më shumë informata për mbështjellësin e ozonit (Ozone layer) kërkonit edhe në Internet. Shkruani projekt për mbrojtjen e mbështjellësin e ozonit.

22.4. NDIKIMI I ZHURMËS MBI ORGANIZMAT E GJALLË

Me zhurmë nënkuptohet zëri me intensitet të madh dhe veprim të gjatë. Valët e zërit të cilat veprojnë si zhurmë mund t'i kenë të gjitha funksionet e mundshme në fushën e tëzimit të dëgjimit.

Zhurma është njëri ndër faktorët e mjedisit rrethor të cilët kanë ndikim negativ mbi punën dhe jetën e njeriut. Zhurma është problem serioz në mjediset **urbane**. Hulumtimet tregojnë se mjetet transportuese kanë ndikim më të madh në krijimin e zhurmës, afërsisht 90 %.

Zhurma mund të jetë: urbane, që e kanë shkaktuar, para së gjithash, automjetet motoristike nëpër komunikacion, dhe **industriale** që krijohet prej makinave të ndryshme dhe motoreve gjatë punës së tyre.

Intenzive, por veçanërisht zhurma e gjatë dëmshëm vepron mb i organizimin e njeriut: *shkakton stresse nervore dhe sëmundje, e hip shtypjen e gjakut dhe e dobëson dëgjimin, Zhurma e madhe mund të shkakton aritminë e zemrës dhe tensionin e muskujve.*

Në pajtim me teorinë e rezonansës, fije qimesh të veçanta prej membranës bazilare (ajo është përgjegjëse për atë që veshi i njeriut i dallon tonet e veçanta), të detyruara të lëkundën në kohë të gjatë, atrofirin, kurse me të i humbin vetitë elastike dhe aftësinë për lëkundje. Për shembull, njerëzit që përpunojnë kazana zakonisht vuajnë prej shurdhërisë së pjesërishme për madhësinë e frekuencave të zërit që i përgjigjet zhurmës të krijuar prej rrahjeve të çekiçit në muret e kazanit. Të përkujtohem vetëm në disa karakteristika fizike të valëve të zërit.

Fuqia ose intensiteti I i valës së zërit si karakteristikë energjetike është proporcionale me katrorin e amplitudës së shtypjes akustike p_{\max} dhe në proporcion të zhdrejtë me rezistencën akustike të zhdrejtë të mjedisit $R_a = \rho v$. Për valën e rrafshët longitudinale vlen:

$$I = \frac{1}{2} A^2 \omega^2 v = \frac{P_{\max}^2}{2\rho v} = \frac{P_{\max}^2}{2 R_a}, \quad (1)$$

ku A është amplituda e valës së zërit, ω është frekuanca rrethore, v është shpejtësia e përhapjes së valës. Domethënë, duke matur amplitudën e shtypjes akustike lehtë përcaktohet intensiteti i zërit.

Niveli i volumit. Veshi i njeriut është i ndjeshëm në interval të gjerë të frekuencave (20 Hz < f < 20 kHz) të cilët kanë edhe intenzitet të caktuar. Zëri intensiteti i të cilëve është marrë se është njësia $I_{\max} = 1 \text{ W/m}^2$ shkakton dhembje. Ky intensitet maksimal i zërit që veshi e regjistron me ndjeshmëri të dhembjes quhet kufiri i dhembjes ose kufiri i sipërm i dëgjueshmërisë.

Vlera minimale e intensitetit të valës së zërit që shkakton ndjeshmëri për zërin është pragu i ndjeshmërisë. Ai gjatë frekuencës prej $f=1000 \text{ Hz}$ është $I_{\min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Për shkak të volumit të madh të intensitetit të zërit të fusha e dëgjimit, shfrytëzohet niveli i theksimit i zërit. Niveli i theksimit L me çfarëdo intensitet I përcaktohet me:

$$L = k \log \frac{I}{I_{\min}} \quad (2)$$

ku k është konstante; I intensiteti i zërit; I_{\min} intensiteti i zërit referent - pragu i ndjeshmërisë për $f=1000 \text{ Hz}$. Kur te barazimi (2) do të merret $k=1$ niveli i theksimit shprehet me njësinë bel (B), kurse kur $k=10$, ky nivel shprehet me decibel (dB).

Megjithatë, këto nivele më së shpeshti shprehen me dhjetë herë më të vogël se njësia, e shtuquajtur decibel (dB), pra të shprehura në decibelë intensiteti minimal dhe maksimal i zërit përkatësisht janë 0 dhe 120 dB.

Zvogëlimi i zhurmës bazohet në dy ligje themelore që në kufi të gjerë janë valide edhe për të dhënat tjera të energjisë-valë mekanike, valë elektromagnetike (dritë, rëntgen dhe rreze- γ).

Ligji i parë i zvogëlimit të intensitetit I me katrorin e largësisë r :

$$I \sim \frac{1}{r^2} \quad (3)$$

Si mund ta kontrollojmë atë ligj? Në largësi $r_1 = 1\text{m}$ prej burimit S normal në përhapjen e zërit është vendosur sipërfaqja A (fig.1). Sipërfaqja A është katror me brinjë x dhe syprinë x^2 . Nëse për kohën prej 1 s vala e zërit nëpër sipërfaqen A bart energji 1J, në pajtim me definicionin intensiteti i zërit nëpër A do të jetë $I_1 = \frac{1}{x^2} \text{Wm}^2$.

Në të njëjtën mënyrë, të shqyrtojmë në largësi dyherë më të madhe ($r_2 = 2\text{m}$) katrori B me brinjë $2x$. Nëpër të 1 s bartet e njëjta energji e valës së zërit. Sipas definicionit intensiteti i zërit nëpër sipërfaqen $4x^2$ do të jetë $I_2 = \frac{1}{4x^2} \text{Wm}^2$.

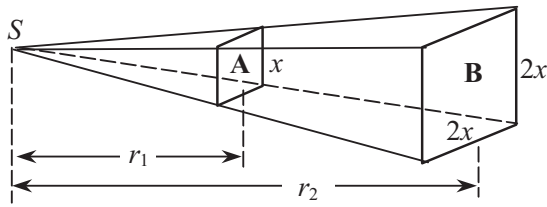


Fig. 1. Zvogëlimi i intensitetit të zërit I me katrorin e largësisë r prej burimit

Gjatë krahasimit të intensiteteve I_1 и I_2 shihet se nëse largësia prej b urimit zmadhohet dy herë, intensiteti i zërit do të zvogëlohet katër herë

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (4)$$

Ligji i cili e jep ndikimin e intensitetit prej faktorit gjeometrik (largësia) është valid nëse zëri nuk zvogëlohet prej faktorëve tjerë.

Kur vala e zhurmshme kalon nëpër mjedisin elastik një pjesë e energjisë së tij shndërron në nxehtësi, kurse pjesa tjetër është për përballimin e fërkimit të brndshëm. Pasi intensiteti i vala është proporcional me katrorin e amplitudës, gjatë kalimit nëpër mjedisin

me trashësi x , për shkak të absorbimit të energjisë rënia e in tensitetit të valës së zërit është dhënë me:

$$I_x = I_0 e^{-\alpha x} \quad (5)$$

ku I_0 është intensiteti i valës ndërhyrëse, I_x është intensiteti i valës pas kalimit nëpër mjedisin material me trashësi x , α është koeficienti i absorbimit. Koeficienti i absorbimit për mjedise materiale të ndryshme ka vlera të ndryshme, por varet prej frekuencës.

Veti më të mira të izolimit të zërit kanë materialet pçoroze, pambuku, sungjeri etj. Poashtu duhet pasur parasysh se pengesat e zërit ose ekrani të cilët shfrytëzohen si mbrojtës prej zërit duhet të kenë dimensione më të mëdhaja prej gjatësisë valore. Në rastin e kundërt do të vjen deri te difraksioni, pra zëri do të përhapet edhe pas ekranit. Për zërin në fushën e dëgjimit, madhësia e gjatësisë valore në ajër është prej 1,7 cm deri 17 m.

Mbrojtaj prej veprimit të dëmshëm të zhurmës realizohet ashtu që në afërsi të aeroportit bëhen mure të larta, te të cilët mbillen bimë të cilat janë me refleks të shumëfishtë (reverberacion) të valëve të zërit e zvogëlojnë intensitetin e tyre. Mbrojtja e atillë bëhet edhe pranë trafiqeve, në afërsi të të cilave ka zhurmë të mëdhaja.

Njeriu më së miri do të mbrohet prej zhurmës nëse banimin e zgjedh larg prej trafiqeve të mëdhaja dhe aerodromeve. Njëherësh gjatë ndërtimit të shtëpijave duhet të shfrytëzohen materialet të cilat kanë izolim zëri të mirë.

Me ligjin për mbrojtjen është e lejuar niveli i theksimit për frekuencat e larta është prej 70 deri 80 dB, por për frekuencat e ulëta frekuencat 90-100 dB. Për hapësira të caktuara ku është e nevojshme qetësi më e madhe janë të shkruara dhe nivele më rigorozë të niveleve të zërit. Kështu, për shembull, në spitale është deri më 15 dB, në biblioteka deri më 20 dB, klurse te dhomat e fjetjes prej 20 dB deri 30 dB.

Niveli i zërimit të zërit prej shkaktuesëve të ndryshëm është paraqitur në tabelën 1.

Tabela 1

Burimet e zërit	L (dB)
pragu i dëgjimit	0
përshtëritje prej 1 m	20
bisedë e zakonshme	40
mesatarisht rrugë profitabile	60
rbiseda me zë, komunikacioni	70
rruga profitabile, kalimi i trenit	90
motori i aeroplanit të shpejtë (20 m)	120

Për tu mbrojtur njerëzit prej zhurmës në mjediset urbane kryhen matje e zhurmës. Matjet e zhurmës bëhen me instrument i cili quhet **sonometër** përkatësisht fonometër



Fig. 2. Sonometër

SHEMBULLI 1. Sa është niveli i zërimit të largësisë 500 m prej motorit të aeroplanit reaktiv nëse në 50 m zëri është $L_1=140$ dB, kurse intensiteti i zërit $I_1=100$ W/m² ?

Zgjidhje: Intensiteti në largësi 500 m sipas barazimit (4) është:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 = 100 \text{ W/m}^2 \left(\frac{50 \text{ m}}{500 \text{ m}} \right)^2 = 1 \text{ W/m}^2$$

Niveli i zërimit të zërit përkatësisht: :

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_{\min}} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{10^{-12}} \right) = 120 \text{ dB}$$

Vlerës së fituar i përgjigjet pragu i dhembjes. Prej këtu përfundohet se 500 m është largësia më e vogël në të cilën punëtorët mund të afrohen deri te aeroplani reaktiv pa rrezik se do ta dëmtojnë dëgjimin.

ZGJEROI NJOHURITË TUAJA

Lëkundjet mekanike frekuenca e të cilave i përfshin infrazërat $f < 16$ Hz) dhe pjesë prej fushës së zërit u takjnë tronditjeve ose vibracioneve.

Trupi i njeriut si tërësi mund të llogaritet si sistem lëkundës i përbërë me masën e tij, elasticitet dhe ngulfatje. Çdo element prej trupit ka frekuencën e vet. Nxitzja e atyre frekuencave zakonisht krijohen në bartjen e mjeteve, nëpërmjet makinave lëkundëse me të cilët punon, ose nëpërmjet bazs në të cilën qëndron.

Me siguri, dukuritë e rezonancës gjatë ndikimeve të jashtëme të qeta, pasi koeficienti i ngulfatjes për organizmin është shumë i madh, shumë vështirë realizohet. Këto vibracione, duke vepruar në mënyrë rezonancë, mund të shkaktojnë dëmtime të organizmit. Për shembull, gjatë rezonancës të bebzës së syrit zvogëlohet mprehtësia shikimit. Njëkohësisht, vibracionet e gjata dhe intenzive mund të sjellin deri te destruksionet e qelizave ose dhembjeve tjera.

Mbrojtja prej infrazërave dhe vibracioneve shumë vështirë eliminohet.

Pyetje dhe detyra

1. Pikat A dhe B shtrihen në të njëjtën drejtëz me burim pikash të zërit. Te pika A niveli i zërimit të zërit është 60 dB, por në B - 50dB . Lartgësia ndërmjet pikave është AB=5 m. Sa është largësia prej burimit deri te pika A? (Përgjigje: 2,3 m)

2. Për sa ndryshon zërimi i zërit në dy pika të cilat përkatësisht janë në largësi 1 m dhe 10 m prej burim pikash të zërit? (Përgjigje: 20 dB)

3. Në largësi 5 m prej burimit të zërit niveli i zërimit të zërit është 100 dB. Sa është zërimi i zërit në largësi 10 m prej burimit të zërit? (Përgjigje: ≈94 dB)

22.5. NDIKIMI I RREZATIMEVE JONIZUESE MBI ORGANIZMAT E GJALLË

Rrezatimet jonizuese fuqishëm veprojnë mbi organizmat e gjallë duke filluar prej bakterjeve dhe viruseve te sisorët. Karakteri dhe pasojat prej dozës dhe prej llojit të rrezatimit. Një rrezatim i njëjtë në mënyrë të ndryshme ndikon mbi organet e ndryshme.

Mbi materjen e gjallë veprojnë rrezatimet jonizuese të cilat fitohen prej burimeve të ndryshme: **Rrezet kosmike.** Rrezatimi kosmik është prezente çdokundi dhe llogaritet se është njëri ndër faktorët kryesor të cilët shkaktojnë mutacione spontane të cilat janë të rëndësishme për evolucionin e jetës. Pasi intensiteti i rrezatimit kosmik rritet me rritjen e lartësisë, zmadhohet riziku prej dëmtimeve të radiacionit te udhëtarët në komunikacionin ajror. Kështu, për shembull, gjatë kohës së fluturimit prej Njujork-Pariz doza mesatare që e pranon një udhëtar është përafërsisht 30 LiSv.

Doza prej rrezatimit kosmik gjatë fluturimeve supersonike në lartësi prej 19 km.

-Burimet radiaktive natyrore. Këto janë gjerësisht të shpërndara në koren e tokës. Më së shpeshti hasen ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra dhe produktet prej zbërthimve të tyre, prej të cilëve më së shpeshti është radoni Rn. Ai në formë të gazit del prej tokës dhe koncentrohet në hapësira të mbyllura. Përveç radionuklideve të përmendura, në natyrë gjendet izotopi radioaktiv ^{40}K dhe izotopet radioaktiv të ^{14}C dhe ^3H të cilët tentojnë të krijohen gjatë bombardimit me rrezatim kosmik.

-Radioaktiviteti në ushqim dhe ujë. Prej ushqimit dhe ujit organizmi futen shumë radionuklide dhe një pjesë të mirë prej tyre deponohen në qelizat e organizmit. Ato më së shpeshti janë radionuklidet prej familjes së uraniumit dhe toriumit, kaliumit dhe karbonit. Pas luftës së dytë botërore për shkak të provave nukleare në atmosferë sasia e madhe e ceziomit radioaktiv ^{137}Cs e ka kontaminuar tokën dhe pothuajse tërë botën biologjike. Radioaktiviteti ^{90}Sr në organizëm deponohet te skeleti ngjashëm si edhe kalciumi ku mbetet më shumë vite duke

rrezatuar jo vetëm qelizën e eshtrave, por edhe qelizat, prej të cilave krijohet gjaku. ^{137}Cs në organizëm mbahet shumë pak dhe deponohet në lloj. ^{131}I është izotop me jetë të shkurtër që në mënyrë selektive akumulohet në gjëndrën tiroide.

Çdo produkt ushqimor ka më shumë ose më pak radionuklide. Më së shumti haset ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{238}U dhe produktet përkatëse të zbërthimeve të tyre. Te tabela 2 është dhënë sasia e ^{40}K dhe ^{226}Ra në disa produkte ushqimore.

-Ekspozimi profesional i rrezatimit. Gjatë shfrytëzimit të preparateve radioaktive në veprimtari të ndryshme, një pjesë e mirë e njerëzve që punojnë përfundimisht janë nën ndikimin e rrezatimit. Ky është rasti me njerëzit që punojnë me instrumentet për radigrafi, rrezet-X, burime neutronike, akcelatorë etj. Kjo është edhe për njerëzit të punësuar te centralet nukleare.

-Rrezatimi gjatë diagnostifikimit medicinal dhe terapisë. Radiacioni shfrytëzohet për diagnostifikimin edhe për terapi të disa të sëmundjeve. Rrezatimi medicinal në tërësi është e dobishme: ko trollet diagnostike të rëntgenit janë forma më të shpërndara të rrezatimit medicinal. Të dhënat flasin se në vendet e zhvilluara normat vjetore lëvizin prej 300 deri 900 kontrolleve në çdo 1000 banorë, te të cilët nuk janë përfshirë të dhënat për fotografim të dhëmbëve radiografimi masovik i mushkërive të bardha. Doza terapeutike janë shumë më të mëdha, por në këtë rast vlerësohet sa ajo është nënshtruar rrezatimit është e dobishme për çacientin, pa marrë parasysh efektet anësore që poashtu do të përaçqiten.

Si rezultat i eksplozionve nukleare, përveç tjeash, mjedisi jetësor e kontaminon edhe ^{137}Cs , që është i ngjashëm me ^{90}Sr , ^{239}Pu и ^{240}Pu .

Si burime të rrezatimit jonizues numërohen edhe provat nukleare eksperimentale të rrezatimit jonizues dhe eksplozioneve, havaritë eventuale prej centraleve nukleare.

Provat nukleare realizohen që të testohet aftësia shkatërruese e armëve nukleare. Ato realizohen në atmosferë nëntokë dhe nënujë. Në çdo rast, në mjedisin ku ato bëhen, shkaktojnë zhdukje

të mjedisit jetësor për njëmijë vitet e ardhshme. Kështu, për shembull, në shkretirën afër Las Vegasit në Nevada (SHBA), janë realizuar prova nukleare nëntokësore të cilat bënë ndotje radioaktive që ai regjion akoma natën ndriçon, kurse vizitorët nuk guxojnë të qëndrojnë më shumë se gjysëm ore më shumë që të mos rrezatohen..

Madhësitë dozimetrike dhe njësitë e tyre

Që të mundet ndikimi i rrezatimit mbi mjedisin material, në veçanti te organizmat e gjallë, kuantitativisht të shprehet, futet doza absorbuese dhe doza ekuivalente..

Me konceptin **doza e absorbuar** D nënkuptohet energjia e përgjithshme e cila rrezatimin (fotonet, grimcat e elektrizuara, neutronet) e len në materje nëpër të cilën kalon. Rrezatimi le të kalon nëpër vëllimin e materjes UV , masa e së cilës është Um , dhe atij vëllimi i dorëzon energji ΔW_D , d.m.th., rrezatimi që del prej vëllimit ka më pak energji për ΔW_D energjimë të vogël prej asaj me të cilën ka hyrë. Atëherë doza absorbuese është dhënë me:

$$D = \frac{\Delta W_D}{\Delta m} \quad (1)$$

Njësia për dozën absorbuese në SI është 1Gy (grej). Ajo është energji absorbuese prej 1 J i cilitdo lloj rrezatimi jonizues, të dorëzuar masës prej një kilogrami prej mjedisit të rrezatuar

$$1 \text{ Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad (\text{rpej}).$$

E njëjta energji e rrezatuar, e absorbuar në sistemin biologjik prej llojeve të ndryshme të rrezatimeve (α , β , γ etj.) nuk shkakton efekte të njëjta biologjike. Dëmtimi biologjik karakterizohet me **dozën ekuivalente** H . Ajo është e përkufizuar si prodhim prej dozës absorbuese D dhe faktorit biologjik të kualitetit Q me të cilin shprehen ndryshimet te efekti biologjik prej llojeve të ndryshme të rrezatimit:

$$H = DQ \quad (2)$$

Faktori biologjik i kalitetit Q tregon se sa herë ndjeshmëria radiaktive prej rrezatimit të dhënë është më e madhe se ndjeshmëria e rrezatimit të dhënë gjatë dozës absorbuese në

mënyrë rëngtene ose U- rrezatim për të cilin $Q=1$. Pasi Q është madhësi pa dimensionet, dimensionet e dozës ekuivalente janë të barabarta me dimensionet e dozës së absorbuar. Megjithatë, 1 J/kg doza e absorbuar dhe 1 J/kg doza ekuivalente do të dallohet: i pari e karakterizon dozën e energjisë, kurse i dyti-biologjik. njësia për dozën ekuivalente është

$$1 \text{ Sv} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad (\text{sivert})$$

Siverti është doza ekuivalente e shkaktuar prej dozës absorbuese 1 Gy dhe $Q = 1$ që krijon jonizim të caktuar jonizues.

Për shembull, doza absorbuese prej 10 Gy, e shkaktuar prej neutroneve të shpejta për të cilët faktori i kualitetit është $Q=10$, i përgjigjet doza ekuivalente 100 Sv. Çka do të thotë, neutronet të shkaktuara dhjetë herë dëmtime më të mëdhaja se sa doza absorbuese e shkaktuar prej rrezatimit rëntgen ose rrezatimit γ për të cilët $Q=1$. Edhe pse në të dy rastet është absorbuar e njëjta energji doza ekuivalente prej rrezatimit është më e madhe dhe shkakton dëm më të madh te qeliza. Për grimcat, bërthamat më të rënda $Q=20$.

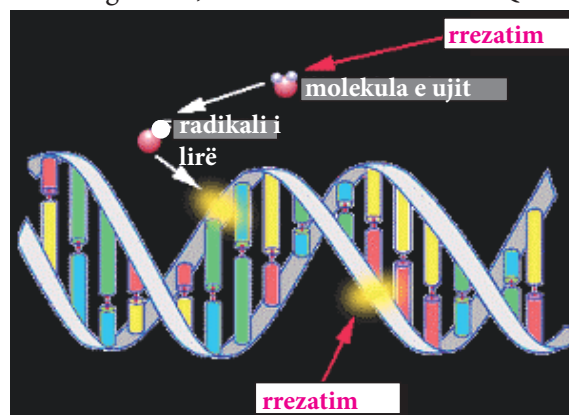


Fig. 1. Mënyrat e mundshme të dëmtimit të molekulës së DNK me rrezatim.

Ndryshimet biologjike që janë rezultat i rrezatimit në rend të parë i përkushtohen veprimtimit jonizues. Formimi i çifteve jonike dhe krijimi i radikaleve dhe formimi i shtresave reaktive prej radikaleve reaktive është shkak për shndërrimin e radikaleve të lira është shkak për prodhimet dhe krijimin e produkteve të fundshme kimike.

Nën veprimin e rrezatimit të molekulës së ujit zbërthehet, d.m.th., krijohet radioanaliza gjatë formimit të radikaleve të lira radioaktive H^+ , OH^- dhe HO_2 si edhe H_2O_2 . Këto radikale reagojnë me molekulat tjera të sistemit biologjik, ku fitohen lloje të reja të molekulave. Radikalet te tija e ujit reagojnë me molekulat organike kështu që prej tyre i marrin atomet e H sa që edhe pjesë të plota prej molekulave (pjesa tjetër prej molekulës quhet radikal organik) duke i këputur lidhjet molekulare. Për efektin biologjik e rëndësishme është pikërisht sjellja e radikaleve organike të atilla të cilat zakonisht vijnë në reaksion me radikaleve tjera ose me oksigjenin molekular ku fitohen lloje të reja të molekulave.

Pasojat prej rrezatimit

Sipas natyrës së vet, rrezatimi është i dëmshëm për organizmin njerëzor. Madje edhe gjatë dozave të vogla, rrezatimi mundet të indukon ndryshime të cilat gjatë kohës mund të sillen deri te ndryshimet gjenetike ose, deri te zhvillimi i kancerit. Gjatë dozave të larta, rrezatimi i zhduk qelizat, i dëmton organet dhe mund të shkakton vdekje. Kuptohet, dëmtimet gjatë dozave të larta bëhen të dukshme vetëm pas disa orëve, por që të zhvillohet kanceri, duhet të kalon kohë më e gjatë. Deformimet e trashëguara dhe sëmundjet të shkaktuara prej dëmtimeve gjenetike për shkak të rrezatimit te gjeneratat që vijnë.

Pasojat gjenetike e radiacionit ndahen në: *aberracionet kromozome dhe mutacionet e gjenit.*

Aberacionet kromozomike. Rrezatimi krijon aberracione kromozomike me këputjen e kromozomit Mutacion. Rrezatimi mund të indukon mutacione në dy mënyra: drejtpërdrejt duke shkaktuar ndryshime kimike të ndryshimeve kimike të çifteve bazike të DNK dhe tërthorazi duke shkaktuar dëmtime të mëdhaja si për shembull, ndërprerje vargut të DNK.

Efektet akute më së miri janë studiuar te sisorët të rrezatuara me rreze X ose me γ -rrezatim. Kur tërë trupi kafsha e rritur është nëndikimin e radiacionit, paraqitet vargu i ndryshimeve specifike (sindrome) te qelizat e organeve.

Doza më të mëdhaja se 100 Gy e dëmton sistemin qendror nervor dhe vdekja ndodh një ditë dy pas rrezatimit. Sëmundja manifestohet nëpërmjet peshave respiratore, humbja e vetdijes etj. Dozat prej 9-100 Gy gjithashtu janë vdekjeprurëse. Vdekja ndodh 3-5 ditë pas rrezatimit për shkak të lëndimeve në sistemin gastrointestinal, humbja e apetit, mundime, vjellje, diareja, depressione. Dozat prej 3-9 Gy janë subletale shkaktojnë ndryshime karakteristike te qelizat e gjakut edhe te organet hematopoetike që paraqiten 10-15 ditë pas rrezatimit të përcjella me malaksim, gjakderdhje, dridhje, rëmnia e nujmrit të leukociteve etj.

Lëndimi i përgjithshëm akut radioaktiv është rezultat i efektit të rrezatimit të shumë qelizave dhe organeve. Ky efekt i bashkuar quhet sindromi akut radioaktiv. Ai sindrom a do të jetë vdekjeprurës, varet edhe prej radioaktivitetit individual i organizmit.

Efektet e vonuara (e mëvonshme). Te organizmat të cilat janë shëruar prej lëndimeve akute të rrezatimit, si edhe pas ekspozimit më të gjatë të rrezatimit, me kalimin e kohës mund të paraqiten ndryshime patologjike te qelizat dhe organet.

Efektet e kancerogen prej rrezatimit jonizues është i njohur prej ditëve të ara të radiobiologjisë, kurse më vonë është vërtetuar me shumë shembuj te njerëzit edhe te kafshët eksperimentale. Përfundimi është se rrezatimi mund të indukon lloje të ndryshme të kancereve.

Për shkak të varësisë së veprimeve të dëmshme prej dozës së zbatuar të rrezatimit jonizues ekzistojnë shumë rregulla rigoroze me të cilat është vërtetuar e ashtuquajtura dozat e lejuara maksimale të cilat mund të pranohen në kohë të caktuar: vit, muaj, javë, orë. Në realitet dozat kufitare nën të cilat ndikimet biologjike të dëmshme prej rrezatimit nuk janë të kapshme për matje. Për njerëzit të cilët profesionalisht janë të ekspozuar në rrezatimin jonizues (për 40 orë jvë pune) doza vjetore e lejur është 50 mSv, për ekspozim jo profesional të rrezatimit (banorët, pacientët) doz vjetore është 1mSv. Me vlera të këtylla të ulëta sigurohet „rizik radioaktiv“ i vogël, gjasa më e vogël e njeriut të vuaj prej rrezatimit jonizues.

19.6. MBETURINA RADIATIV

Problemi me mbeturinë radioaktive (MRA) është vetëm një segment prej problemit të gjerë të ndotjes së mjedisit jetësor. Vërejtëm se burimet e rrezatimeve jonizuese gjejnë zbatim të madh në shkencë, teknikë, medicinë, industri, bujqësi, hulumtimet etj. Sikurse edhe gjatë përfitimeve të tyre, poashtu edhe gjatë shfrytëzimit të tyre fitohet material i cili mundet të karakterizohet si mbeturinë radioaktive sipas definicionit ai është *prodhim i papërdorshëm që edhe mëtutje është mëpak ose më shumë radioaktiv (mbi nivelin e lejuar) dhe duhet në mënyrë përkatëse të largohet, transportohet, deponohet dhe ruhet.*

Mbeturina radioaktive është material aktiviteti specifik i të cilit (Bq/m^3) është më i madh me ligj me garancë të shkruar. Për shkak të ndikimit të tij të dëmshëm nuk guxon as pjesë më e vogël të vjen në biosferë. Me atë duhet me kujdes të përdoret. Përkujdesja e mbeturinës radioaktive tani më nuk është punë me të cilën merren fizikanët dhe teknologët nukleare. Sot për centralet nukleare dhe mbeturina e radioaktive janë të inersuar pushteti ligjdhënës, organizatat joqeveritare, industria por gjithësesi edhe publiku. Qëllimi i të gjitha është e përbashkët: mbrojtja globale e rrethinës prej të gjitha ndikimeve të mundshme të mbeturinës së radioaktive që e prodhonte industria nukleare.

Mbeturina radioaktive klasifikohet varësisht prej aktiviteteve tjera, lloji i domethënies që emetohet, gjendja agregate, si edhe prej kohës për të cilën do të vazhdon të emetohet rrezatimi (periudha e gjysmëzbërthimit e izotopeve prezente) etj. Ndarja e këtyre të mbeturinës radioaktive bëhet që të ndërmerren masa për përdorimin e drejt, transportimi dhe rregullimi.

Varësisht prej aktivitetit të mbeturinës radioaktive ai ndahet në radioaktivitet të: 1. ulët; 2. e mesme; 3. e lartë.

Sipas kohës për të cilën vazhdon të emetohet rrezatimi, ai ndahet në mbeturinë me periode të vogël të gjysmëzbërthimese (nën 30 vjet) dhe mbeturinë me periudhë të gjatë të gjysmëzbërthimit (mbi 30 vjet);

Në bazë të kohës të gjysmëzbërthimit, niveli i aktivitetit tjetër sikurse edhe nergjia e lirohet MRA në pajtim me prositet prej Agjencionit Ndrkombëtar për energji atomike (ANEA) klasifikohet në këto kategori:

I. Mbeturina radioaktive me nivel të lartë të radioaktivitetit dhe periode të madhe të gjysmëzbërthimit;

II. Mbeturina radioaktive me nivel të mesëm dhe periode të madhe të gjysmëzbërthimit;

III. Mbeturina radioaktive me nivel të ulët të radioaktivitetit dhe periode të madhe të gjysmëzbërthimit;

IV. Mbeturina radioaktive me nivel të mesëm të radioaktivitetit dhe periode të vogël të gjysmëzbërthimit;

V. MRA me nivel të ulët të radioaktivitetit dhe periode të vogël të gjysmëzbërthimit.

Mbeturina radioaktive me nivel të lartë të radioaktivitetit përmban koncentrim të të materialit të madh sikurse me të madh ashtu edhe me periode të vogël të gjysmëzbërthimit që kanë aktivitet të madh. Ky lloj i mbeturinës gjeneron më shumë se 2 kW nxehtësi në m^3 për shkak se kërkon ndërmarra e masave të veçanta gjatë transportimit dhe rregullimit, si edhe ftohja për shkak të disipacionit të madh të nxehtësisë.

Ky lloj i mbeturinës vjen në makinat për reprocessim, ka nevojë për ftohje, mbrojtja e madhe sipërfaqësore dhe udhëheqja në largësi. Këtu bëjnë pjesë të gjitha burimet e shfrytëzuara të rrezatimit si edhe djegëjet nukleare të shfrytëzuara që nuk janë reprodhuara:

Mbeturina radioaktive e lartë krijohet gjatë punës së reaktorëve krijohet gjatë punës së centraleve të reaktorëve. Një 100 MW reaktor për një vit punë „prodhon“ një qindra tonelata mbeturina radioaktive të lartë, lëndë djegëse e shpenzuar (spent fuel) që duhet të nxirret prej reaktorëve dhe të zëvendësohet. Por, kjo lëndë akoma përmban uranium të pasuruar, disa dhjetëra kilogramë plutonium, 20-30 kg elementet prej prej grupit aktinidne, deri 1000 kg produkte tjera fisione. Disa prej këtyre radioizotopeve kanë periode të gjatë të gjysmëzbërthimit.

Mbeturina radioaktive me nivel të mesëm të radioaktivitetit. Kjombeturinë mund të ketë periodesi

të vogël ashtu edhe të madhe të gjysmëzbërthimit. Pjesë e kësaj mbeturine krijohet te centralët nukleare, pastaj prej mjeteve të ndryshme në procesin teknologjik të cilat janë të kontaminuara, në industri në medicinë etj. Kjo mbeturinë krijohet edhe gjatë remontit vjetor të centralës nukleare. Këtu janë të nevojshme vegla, lecka, filtra për pastrim, mbeturinë prej fundit të rezervuarit etj. Kjo mbeturinë paktohet në fuçi teneqeje dhe radhiten në bunker me bazë betoni (ose kontejner betoni nëntokësor). Kur do të mbushet rezervuarit lyhet me beton.

Mbeturina radioaktive me nivel të ulët të radioaktivitetit përmban mjaft material radioaktiv që të jetë e nevojshme për mbrojtje. Për transportimin e saj dhe paketimin nuk janë të nevojshme masa të veçanta për mbrojtje. Kjo mbeturinë më së shpeshti krijohet prej mjeteve mbrojtëse radioaktive (dorëza, mbrojtëse, letër, pajisje laboratorike) që shfrytëzohen në proceset teknologjike të lidhura me fitimin e radioizotopeve, pastaj gjatë shfrytëzimit të radioizotopeve për qëllime medicinale, qendra hulumtuese.

Gjatë trajtimit me këtë mbeturinë, nuk është e nevojshme mbrojtje speciale. Më herët për këtë mbeturinë nuk kishte kujdes të veçantë dhe është anuluar së bashku me mbeturinën e zakonshme sot për këtë mbeturinë janë përshkruar procedura të veçanta për paketimin e tij.

Mbeturina radioaktive me aktivitet të mesëm dhe të ulët para se të paktohet në bunkere të parashikuara nënshtrohet mënyrave të ndryshme me të cilat kontaktohet (zvogëllohet sipas vëllimit), vitrifikohet, digjet etj.

Mbeturina radioaktive selektohet dhe sipas periodës së gjysmëzbërthimit të mbeturinës me afat të shkurtër dhe të gjatë. Me afat të gjatë është ajo mbeturinë e cila nuk do të jetë radioaktiv më gjatë se 100 deri 3000 vjetë. Ndonjëmbeturinë a do të kënaq këtë kriterium, ndoshta do të vlerësohet sipas radionuklidëve të cilët përmbajnë. Në mbeturinën me afat të shkurtër numërohen radionuklidet perioda e të cilëve të gjysmëzbërthimit nuk tejkalon 30 vjet (sa që është perioda e gjysmëzbërthimit Cs-137).

Çka është qëllimi i përkujdesjes së MRA dhe a mund të realizohet?

Nëse riziku që mbeturina radioaktive e shkakton tentohet ta zvogëlon deri te madhësia e pranueshme, ai patjetër të izolohet prej rrethinës dhe ndikimeve të jashtëme për periodën mjaftë të gjatë.

Zgjidhja e tërësishme e problemit me mbeturinë radioaktive deri më tani nuk është gjetur (largimi komplet prej biosferës ose transformimi në element joradioaktiv).

Organizatata që krijojnë mbeturinë radioaktiv prej çfarëdo lloji duhet të ketë depo të siguruara me kohë të paraparë ose të përhershme, si për shembull kontejner betoni që futen në formacione gjeologjike me përbërje të përshtatshme dhe askundi të mos ken rrjedhje të ujërave nëntokësor.

Për tani ekzistojnë disa mënyra alternative për largimin alternativ për largimin relativ prej të cilëve më të rëndësishme janë:

-paketimi në enë që nuk lëshojnë dhe vendosja e fundit në oqeanet;

-gropimi i thellë në disa formacione stabile gjeologjike.

Kjo është me rëndësi të veçantë për paketimin e mbeturinës me radioaktivitet të lartë që një këhë të gjatë do të jetë aktiv. Shfrytëzimi i lëndëve djegëse prej reaktorëve mund tu nënshtrohet mënyrave për ndarjen e mbeturinave të materijaleve radioaktive prej uraniumit dhe plutoniumi i krijuar (proces i quajtur reprocessim). Ky proces është mjaft i ndërlikuar dhe i shtrejt. Pa marrë parasysh çfarë mënyre shfrytëzohet për ndarjen e uraniumit prej plutoniumit. Kjo mbeturinë së pari do të shtrihet në rrethin e centralës nukleare që të hum pjesë të mirë prej nxehtësisë dhe radioaktivitetit.

Gati të gjitha vendet që kanë centrale nukleare kanë ndërtuar bunkere nëntokësor ose nënujor për mbeturinën radioaktive. Kështu, SHBA të cilat kanë më së shumti centrale nukleare të cilat krijojnë mbeturinë radioaktive (por edhe mbeturinë prej fabrikave nukleare të ushtrisë) kanë bunkere me kapacitet prej 70.000 tonelata lëndë djegëse të shpenzuar dhe 8.000 tonelata mbeturinë radioaktive të).

Pyetje dhe detyra

1.Si është ndarja e mbeturinës radioaktive?

2.Si zgjidhet në vendet që kanë centrale nukleare dhe problemi me të?

22.7. BURIMET ALTERNATIVE TË ENERGJISË

Kriza energjetike

Problemi më i madh i planetës Tokë është rritja e popullatës botërore. Faktet tregojnë se banorët në 300 vitet e fundit përjetojnë rritje eksponenciale. Sipas shumë hulumtuesëve, lakorja e rritjes së banorëve të botës shihet sikurse te figura 1. Sot banorët në planetën Tokë e përbëjnë më shumë se 6 miliardë banor.. Parashikimet tregojnë se 100 vitet e ardhshme do të vendohen nën kontrollë dhe do të ketë ngadalësim.

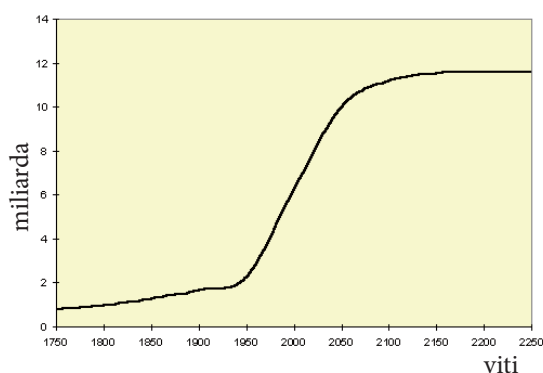


Fig. 1. Rritja e popullatës botërore prej vitit 1750 der 2000 dhe parashikimet për 250 vitet e ardhshme

Njëkohësisht llogaritë tregojnë se prodhimi i ushqimit dhe energjisë nuk mund ta përcjellin rritjen e atillë, pra vijon se në botë sundon varfëria. Kriza energjetike që del prej rritjes së popullatës dhe thithja e resurseve të kufizuara prej djegëjeve të fosileve (qymyri dhe nafta) tani më është në prag. Në botë mbisundon prodhimi i energjisë elektrike prek qymyri, naftës dhe ujit.

*Forma matematike e lakores eksponenciale do ta mësoni më vonë, por grafikisht ajo duket e ngjashme sikurse në periudhën ndërmjet viti 1750 dhe 2000, sikurse te figura 1.

Megjithatë, energjia elektrike fitohet me disa shndërrime energjetike. Kështu, për shembull, në një termocentralë energjia fitohet gjatë disa shndërrimeve. Shumë më herët, energjia e diellit nëpërmjet procesit fotosinteza shndërrohet në energji biologjike të një bime e cila pasta, është bërë djegëje fosile. Me djegëje (reaksion kimik) prej djegëjes fosile lirohet energjia e nxehtë. Ajo ngroh ujë (transfer nxehtësie). Avulli i ujit lëviz turbina (energji mekanike), e cila mandej me ndihmën e gjeneratorit trefazor, shndërrohet në energji elektrike. Rrugua e këtyllë e fitimit të energjisë elektrike është e gjatë, ai është më ekonomik.

Ngjasëm edhe me nuklearen: energjia që i mban nukleonet në atomin së bashku shndërrohet në nxehtësi, nxehtësia ngroh ujin, kurse pastaj avulli i ujit i lëviz turbinat elektrike.

Përveç vështirësive tjera dhe komplikimeve, këto dy mënyra të prodhimit të energjisë elektrike e ndotin edhe mjedisin jetësor, njëri me tymb, dhe sasi të tepruar të karbonit dioksidit, kurse tjetri me mbeturinë nukleare është shumë radioaktiv. Ekzistojnë shumë mënyra alternative që të fitohet energji e dobishme prej Diellit. Ajo është burim „i pashtershëm“ i energjisë, që rregullisht dorëzohet deri te çdo metër kator sipërfaqe prej zonave të banuara.

Kolektor të rrafshët për ujë të ngrohët

Ekzistojnë shumë kolektor të thjesht diellor për ujin e ngrohët që mund ta zvogëlojnë energjinë elektrike shfrytëzuese. Kolektorm i atillë është paraqitur në figurën 2. Principi i punës është i thjeshtë. Drita e Diellit robërohet me materijale të cilat kanë koeficient të lartë të absorbimit për dritën e dukshme (absorber). Tani, drita e shndërruar në nxehtësi duhet të bartet te fluidi (ujë ose antifriz). Nëpër gypat e bakrit do të qarkulloj ujë ose lëng tjetër te e cila



Fig. 2. Kolektor Diellor për ujë të ngrohët

absorbohet nxehtësia e absorbuar. Kolektori është i izoluar me termoizolator (mund të jetë edhe shkumb prej poliuretani) që të mos ik nxehtësia jashtë prej sistemit të sipërfaqes së fundit. Te sipërfaqja e sipërme është vendosur pllakë e qelqit, që të mos vjen deri te humbja e energjisë së nxehtësisë prej sipërfaqes së sipërme (fig. 3).

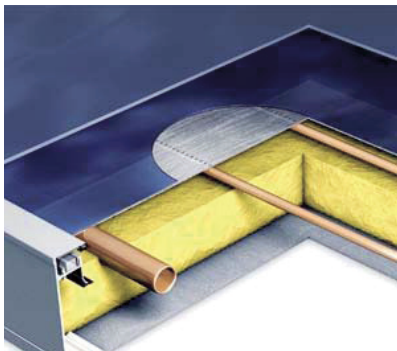


Fig. 3. Ndërtimi i kolektorit të rrafshët

Fotovoltaik

Dikur janë bërë edhe instrumente të cilat edhe energjinë e diellit direkt mund ta shndërrojnë në elektrike. Ato quhen fotovoltaik (instrumente të cilat dritën e shndërrojnë në tension). Te ato shndërrimi është më direkt: energjia prej Diellit si burim i dritës direkt shkon në elektrike. Qeliza voltaike ka pamjen e fotografisë me kornizë me qelq (fig. 4) e cila mundet menjëherë të shfrytëzohet për mbushjen e ndonjë instrumenti elektronik, ose të silltet në kontakt me akumuljatorin i cili mbushet me rrymë deri sa qeliza ndriçon (dritën). Pastaj kështu energjinë elektrike të paketuar

në akumulator mund të përdoret edhe më vonë, d.m.th., natën kur nuk ka diell dhe kur fotovoltaikët nuk japin kurrfarë tensioni.

Nëse tensioni i fituar prej fotovoltaikëve lidhet me konsumatorin, atëherë nëpër atë do të rrjedh edhe rrymë që shndërrohet në punë shfrytëzuese: drita, zëri, fotografia, kompjuteri etj.

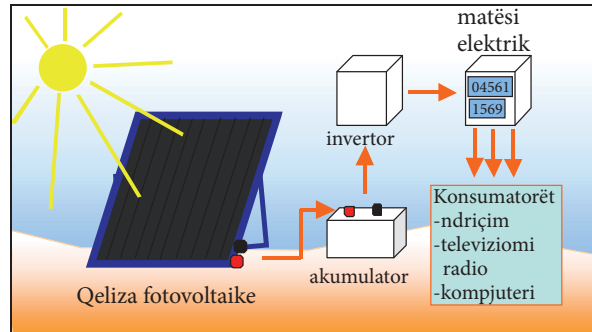


Fig. 4. Fotovoltaikët me mundësi për akumulimin e energjisë elektrike

Shndërrimi i dritës së diellit në rrymë elektrike realizohet pa ndotje dhe pa zhurmë, që i bën qelizat fotovoltaikë të jenë krejtësisht pa zhurmë, pa mbeturina dhe absolutisht miqësor nda natyrës.

Fotovoltaikët janë përpunuar prej shumë gjysmëpërçuesit, në formë të panelave mbi sipërfaqen e qelqit ose plastikës. Thelbi i konverzionit fotovoltaik (shndërrimi i energjisë së dritës në elektrike) është aftësia e rrezeve të diellit të formojnë çifte elektrone-zgavër në kufirin e një gjysmëpërçuesi PN-kontakt, me të cilin u njohtuam më parë. Fotovoltaikët janë teknologji e lartë, pra përpunohen vetëm prej numrit të vogël të vendeve me industri të lartë. Një panel ik atillë, i cili montohet në çatinë e konstruksionit të dhënë në figurën 5. Problemi me fotovoltaikët është ai që akoma nuk i ka fituar termocentralet dhe centrallet nukleare me çmim më të ulët të kushtimit të një kilovat orë energji elektrike. Deri sa çmimet nuk afrohen,

fotovoltaikët nuk kanë zbatim serioz në prodhimin e përgjithshëm botëror të energjisë elektrike.



Fig. 5. Montimi i panelëve fotovoltaik në çati

Republika e Maqedonisë ka numër të madh të ditëve me diell gjatë viti, pra potencialet për shfrytëzimin e energjisë së diellit janë shumë të mira. Në vitet e fundit është vërejtur rritja e numrit të kolektorëve solar për ujin e nxehtë në amvisëri. Futja e teknologjisë fotovoltaike është prej më herët e stimuluar nga shteti ynë, me këtë që çdo kilovat orë energji elektrike në RM është e detyrueshme që prodhuesi t'ia pagon përafërsisht 10 herë çmimi më të lartë se sa çmimi i rrymës elektrike prej djegësive konvencionale (qymyri dhe nafta).

Energjia dhe era

Te disa zona të rrafshta të Tokës, ku fryejnë erëra të qeta gjatë gjithë vitit shfrytëzohet edhe energjia e erës. Për këtë qëllim montohen taa цел ce монтираат erëra-turbina, që janë të lidhura për gjenerator të energjisë elektrike. Një e këtillë është dhënë në figurën 6.



Fig. 6. Turbina me erë

Jepni domethënien e këtyre koncepteve:

- popullata botërore
- kriza energjetike
- djegëjet fosile
- burimet alternative
- kolektor për ujë të ngrohët
- fotovoltaikë
- erëra

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Konstrukto një kolektor të thjeshtë për ujë të ngrohët: fiksoni zorrë të zeze për ujitje me ujë cig-cag ose spirale të një iverke, të mbështjellur me foli alumini. Pllakën vendosni që ta „shohin“ Diellin. Lëshoni zorrën që mbushet me ujë. Matni temperaturën para dhe pasi të mbushet pas një ore. Cila është ndryshimi i temperaturës.

2. Shkruani esej për arsyetimin ekologjik dhe për potencialet në Republikën e Maqedonisë për shfrytëzimin e energjisë së diellit. Bëni krahasim të mënyrave konvencionale (fosile) dhe mënyrat alternative për prodhimin e energjisë elektrike.