TEKST SHKOLLOR PËR VITIN E PARË TË ARSIMIT TË GJIMNAZIT

FIZIKA I

Zoran Stankoviq

Melita Stankoviq

Marija Velevska

lamina

FIZIKA I, tekst shkollor per vitin e pare te arsimit te gjimnazit
Të drejtat e autorit © 2025 Ars Lamina

Botuar nga
Ars Lamina – publikime, Shkup 2025

Redaktore
Branka Bugariska

Autorë
Zoran Stankoviq
Melita Stankoviq
Marija Velevska

Redaksia profesionale
Doc. Dr. Jana Bogdanoska, Instituti i fizikës, Fakulteti i Shkencave Natyrore dhe Matematikore, UKIM Shkup

Përkthim nga maqedonishtja
(„ФИЗИКА I, учебник по предметот Физика за прва година гимназиско образование", Арс Ламина 2025)
Liridon Sulejmani

Redaktimi profesional
Prof. dr. Fadil Ajredini, Fakulteti i Shkencave Matematike-Natyrore, Universiteti i Tetovës

Redaksia gjuhësore
Refail Sulejmani

Dizajni
Agjencia Kreative Pointer

Redaktimi grafik dhe teknik
Ars Lamina – publikime

Shtypi
Branko Gapo – prodhim grafik, Shkup 2025

Tirazhi
2000

Të gjitha të drejtat e rezervuara. Asnjë pjesë e këtij libri nuk mund të ribotohet ose transmetohet në asnjë formë ose me asnjë mjet, elektronik ose mekanik, duke përfshirë fotokopjimin, dokumentimin ose ruajtjen në sistem rikthimi pa lejen me shkrim të botuesit.

Ky tekst shkollor është miratuar për përdorim në arsimin e mesëm, me Vendimin për Miratimin dhe Përdorimin e tekstit shkollor për lëndën Fizika për vitin I të arsimit të gjimnazit nr. 26-922/1 të datës 25.08.2025, Ministria e Arsimit dhe Shkencës e Republikës së Maqedonisë së Veriut.

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

373.5:53(075.3)=18

STANKOVIQ, Zoran
Fizika I : tekst shkollor për vitin e parë të arsimit të gjimnazit / Zoran Stankoviq, Melita Stankoviq, Marija Velevska ; Përkthim nga maqedonishtja Liridon Sulejmani. - Shkup : Ars Lamina, 2025. - 264 стр. : илустр. ; 26 см

Превод на делото: Физика I, учебник по предметот Физика за прва година гимназиско образование. - Библиографија: стр. 263

ISBN 978-608-280-188-9

1. Stankoviq, Melita [автор] 2. Velevska, Marija [автор]

COBISS.MK-ID 66974469

PARATHËNIE

Fizika është njëra nga shtyllat e shkencave natyrore. Ajo studion natyrën përmes ligjeve universale dhe vazhdimisht thellon të kuptuarit e njeriut për botën – nga grimcat më të vogla deri te galaktikat. Teksti shkollor që ke përballë është krijuar me qëllim që të të fusë në këtë botë fascinuese të zbulimit, të menduarit kritik dhe të hulumtimit, të cilat janë bazë për shkencën.

Ky tekst shkollor është i dedikuar për nxënësit e vitit të parë të arsimit të gjimnazit dhe është në përputhje me programin mësimor. Përmbajtjet janë të përpunuara në mënyrë të tillë që të nxisin kuriozitetin, të zhvillojnë të menduarit analitik dhe të krijojnë shprehi të vëzhgimit preciz, matjes dhe të përdorimit të metodës shkencore. Përmes shembujve të ndryshëm nga jeta e përditshme, detyrave praktike dhe aktiviteteve eksperimentuese, nxënësit do të munden më lehtë të kuptojnë natyrën e koncepteve fizike.

Teksti shkollor nis me tema të cilat sqarojnë bazat e metodës shkencore, njësitë matëse dhe madhësitë fizike – gjëra pa të cilat shkenca nuk mund të ekzistojë. Më tej janë përpunuar tema si lëvizja mekanike, forca, energjia dhe ligjet e dinamikës, të cilat janë baza e fizikës klasike. Vëmendje të veçantë i është kushtuar zhvillimit të shkathësive hulumtuese përmes shembujve realë dhe detyrave nga të menduarit e pavarur.

Shpresojmë që këtë tekst shkollor ta kesh udhëzues jo vetëm në përmbajtjet e lëndës së fizikës, por që ai të ndihmojë edhe në mënyrën e të menduarit si shkencëtar. Le të të inkurajojë të bësh pyetje, të eksperimentosh, të zbulosh dhe ta shikosh natyrën me sy ndryshe – sy që kërkojnë logjikën dhe ligjet që fshihen pas dukurive të përditshme.

Në fund fizika nuk është vetëm përmbledhje e formulave dhe teorive – ajo është mënyrë e të kuptuarit të botës. Të dëshirojmë udhëtim inspirues nëpër faqet e këtij tekst shkollor.

Autorët

PËRMBAJTJA

TEMA 1: Bazat e metodës shkencore në fizikë

1.1 Sistemi ndërkombëtar i njësive matëse 12

Madhësitë fizike 12
Madhësitë fizike themelore dhe të nxjerra si dhe njësitë e tyre 13
Madhësitë skalare dhe vektoriale 14

1.2 Hulumtimi shkencor 17

Hulumtimi i Agronit: trupat që bien 17
Etapat e metodës shkencore 19
Kuptimet themelore dhe definicionet për hulumtimin shkencor 20
Përpunimi i rezultateve shkencore 20

Rezyme 25

TEMA 1: PROVO SA KE MËSUAR 26

TEMA 2: Forcat dhe lëvizjet

2.1 Lëvizja mekanike 30

Lëvizja mekanike, sistemi i referimit, trupi i referimito 30
Relativiteti i lëvizjes 31
Pika materiale 31
Trajektorja, rruga e kaluar, zhvendosja 31

2.2 Lëvizja drejtvizore e njëtrajtëshme 35

Pozita e trenit në lidhje me kohën dhe shpejtësia gjatë lëvizjes drejtvizore të njëtrajtëshme 35
Grafiku i pozitës së trupit në lidhje me kohën 37
Grafiku i rrugës së kaluar gjatë lëvizjes drejtvizore të njëtrajtëshme 40
Grafiku i shpejtësisë gjatë lëvizjes drejtvizore të njëtrajtëshme 41

2.3 Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar 45

Shpejtësia mesatare 45
Shpejtësia e çastit 47
Nxitimi 47
Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar 48
Ligji i shpejtësisë te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar 49
Grafiku i shpejtësisë te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar 49

Eksperiment: Matja e shpejtësisë dhe nxitimit të topit i cili rrokulliset në rrafsh të pjerrët

Rezyme 58

2.4 Bashkëveprimi ndërmjet trupave. Forca dhe efekti i forcës 59

Forca 59
Efekti i forcës 60
Masa 61

2.5 Llojet e forcave 63

Forcat gravitacionale 63
Forcat elastike 65
Eksperiment: Përcaktimi i koeficientit të elasticitetit të sustës 70
Forcat e rezistencës së mjedisit 71
Diagrami i forcave 76
Forca rezultante ($\vec{F}_R$) 78

2.6 Ligjet e Njutnit 81

Ligji i Parë i Njutnit 81
Sistemi inercial i referimit 82
Masa si matje e inercionit të trupit 82
Ligji i Dytë i Njutnit 84
Grafiku i varësisë së nxitimit të trupit nën veprimin e forcës 84
Ligji i Tretë i Njutnit 86
Zgjidhja e detyrave me lloje forcash dhe ligjet e Njutnit 89

2.7 Impulsi i trupit dhe ligji i ruajtjes së impulsit 99

Impulsi i trupit 99
Impulsi i forcës 100
Ligji i ruajtjes së impulsit 102

Rezyme 105

2.8 Lëvizja rrethore 106

Lëvizja rrethore e njëtrajtëshme, shpejtësia lineare, perioda dhe frekuenca 106
Këndi i rrotullimit dhe shpejtësia këndore 108
Nxitimi centripetal 109
Nxitimi tangjencial dhe nxitimi këndor 112

2.9 Gravitacioni 118

Nxitimi gravitacional 120
Lëvizja e planetëve në Sistemin Diellor 122
Fusha gravitacionale dhe intensiteti i fushës gravitacionale 123

2.10 Lëvizja dhe gjendja e trupit në fushë të forcës së rëndesës së Tokës 128

Rënia e lirë 129

Rënia nga lartësitë e mëdha ... 130
Hedhja vertikale ... 133
Hedhja horizontale ... 136
Gjendja e papeshë ... 141
Lëvizja reaktive ... 143
Shpejtësia e parë kozmike ... 147

Rezyme ... **152**

2.11 Veprimi rrotullues i forcës ... 154

Trupi absolut i ngurtë ... 154
Lëvizja rrotulluese e trupit absolut të ngurtë rreth një boshti të palëvizshëm ... 154
Momenti i forcës ... 154
Momenti i çiftit të forcave ... 157
Ligji themelor i dinamikës së lëvizjes rrotulluese ... 158
Momenti i impulsit ... 165
Ligji i ruajtjes së momentit të impulsit ... 167

Rezyme ... **172**

TEMA 2: PROVO SA KE MËSUAR **174**

TEMA 3: Energjia

3.1 Energjia mekanike ... 180

Energjia kinetike ... 180
Energjia potenciale ... 181

3.2 Puna dhe fuqia ... 186

Puna mekanike ... 186
Puna dhe energjia kinetike ... 188
Puna dhe energjia potenciale ... 192
Fuqia ... 194
Koeficienti i veprimit të dobishëm të makinave ... 194

3.3 Ligji i ruajtjes së energjisë ... 197

Forcat konservative dhe puna e forcave konservative ... 197
Ligji i ruajtjes së energjisë mekanike ... 198
Forcat jokonservative ... 200
Ligji i ruajtjes së energjisë ... 200

Rezyme ... **205**

TEMA 3: PROVO SA KE MËSUAR **206**

TEMA 4: Fluidet

4.1 Shtypja dhe përhapja e saj në fluide **210**

Vetitë themelore të fluideve 210
Shtypja atmosferike 211
Ligji i Paskalit 213
Forca e shtypjes 213
Hidraulika – Ligji i Paskalit në veprim 215
Makinat hidraulike 216

4.2 Shtypja hidrostatike **220**

Përcaktimi i madhësive prej të cilave varet shtypja hidrostatike 220
Paradoksi hidrostatik 224

4.3 Forca e shtytjes. Forca e Arkimedit **230**

Forca e shtytjes 230
Ligji i Arkimedit 230
Pezullimi, notimi dhe fundosja 232
Zbatimi i Ligjit të Arkimedit në praktikë 236

4.4 Barazimi i vazhdueshmërisë. Barazimi i Bernulit **242**

Barazimi i vazhdueshmërisë 243
Barazimi i Bernulit 246
Shembuj të barazimit të Bernulit 248

Rezyme **254**

TEMA 4: PROVO SA KE MËSUAR **256**

SHTOJCAT **259**

Shtojca 1: Vektorët dhe operacionet me vektorë 259
Shtojca 2: Funksionet trigonometrike 261
Shtojca 3: Disa karakteristika të Diellit, Tokës dhe Hënës 262
Shtojca 4: Alfabeti i cili përdoret në Fizikë 262

Literatura e shfrytëzuar **263**

Si përdoret ky tekst shkollor

Titulli i temës
Në fillim të çdo teme është dhënë titulli i saj. Ai të tregon se ç'do të mësosh saktësisht dhe cila është ideja kryesore e temës.

Përmbajtjet e kësaj teme
Këtu janë përmendur të gjitha njësitë mësimore që janë përfshirë në këtë temë. Kjo pjesë do të ndihmojë të kesh pasqyrë se ç'do të mësosh dhe në lidhje me atë se si është e organizuar tema.



Hyrje në temë
Në këtë pjesë shkurtimisht do të zbulosh ç'do të mësosh dhe ç'është më e rëndësishme në këtë temë.

Qëllimet:
Këtu janë përmendur njohuritë dhe shkathësitë që do t'i arrish pas studimit të temës.

Përmbajtja kryesore
Kjo është pjesa më e rëndësishme e tekstit shkollor. Këtu do të gjesh tekstin kryesor që e përshkruan përmbajtjen e temës, formulat që i përshkruajnë ligjet fizike si dhe shumë figura dhe grafikë që do të ndihmojnë që të njëjtat t'i kuptosh më me lehtësi.

Definicionet
Definicionet janë shpjegime të qarta dhe shkurtëra të koncepteve të rëndësishme. Ato janë dalluar që më me lehtësi t'i vëresh dhe mbash mend.



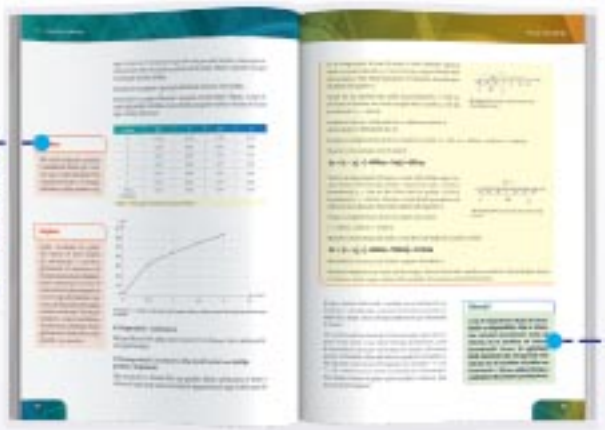
Shembuj të zgjidhur
Në tekst shkollor do të gjesh shumë shembuj të zgjidhur në tërësi. Ata do të ndihmojnë që më lehtë ta kuptosh materialin e ri dhe do të tregojnë se si zgjidhen detyrat sipas rregullave. Do të shërbejnë si udhëzues kur do të zgjidhësh detyra të ngjashme në mënyrë të pavarur.

Mendo si shkencëtar
Në këtë pjesë janë dhënë hapat që duhet të ndjekësh gjatë hulumtimit shkencor të cilin do ta bësh në mënyrë të pavarur apo në çift.

Këto dy pjesë të tekst shkollor do të jenë udhëzuesi yt për mënyrën e të menduarit shkencor dhe do të inkurajojnë të parashtrosh pyetje dhe të eksperimentosh.



Eksperimenti
Në tekst shkollor janë të përfshirë më tepër eksperimente që do t'i realizosh gjatë orës mësimore. Te secili eksperiment në mënyrë të qartë është dhënë: detyrat, mjetet e nevojshme, hapat e punës, mënyra se si do t'i rregullosh rezultatet dhe pyetjet që do të ndihmojnë me lehtë t'i nxjerrësh përfundimet.



Kujdes

Këtu janë dhënë disa informata të rëndësishme për të cilat duhet të kesh kujdes të veçantë gjatë të mësuarit.

Mendo

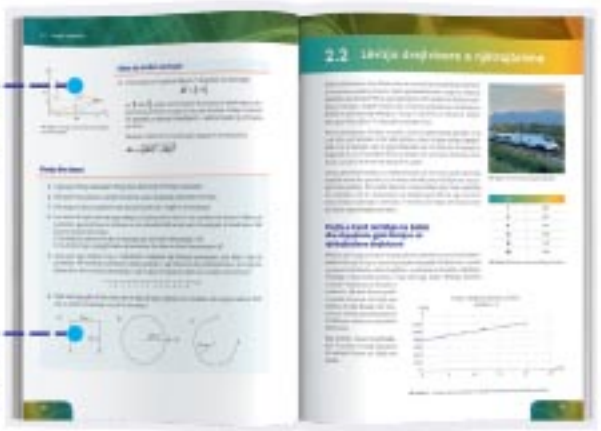
Në vetë përmbajtjen janë veçuar edhe disa pyetje të cilave ti duhet t'u japësh përgjigje.

Nëse do të dish më tepër

Në fund të çdo njësie mësimore do të gjesh informacione shtesë të cilat do të zgjerojnë njohurinë tënde. Ato do të inkurajojnë të hulumtosh në mënyrë të pavarur dhe të dish diçka më shumë nga ajo ç'është dhënë në përmbajtjen bazë.

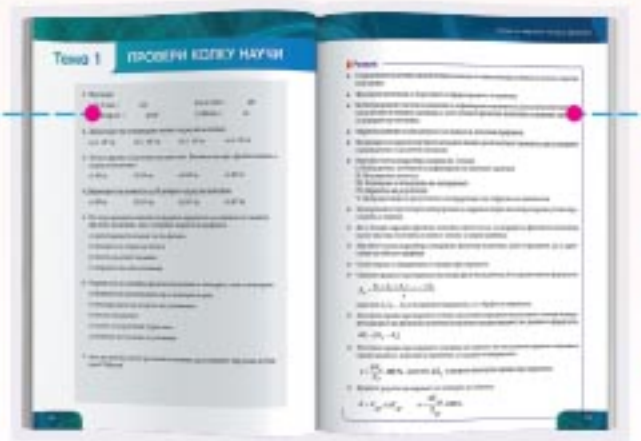
Pyetje dhe detyra

Në fund të çdo njësie mësimore do të gjesh pyetje dhe detyra. Ato janë dedikuar për punë në klasë apo për ushtrime të pavarura në shtëpi. Përmes tyre mund të provosh sa mirë e ke mësuar njësinë mësimore dhe ç'duhet të përsërisësh.



Provo sa ke mësuar

Në fund të çdo teme do të gjesh pyetje që do të ndihmojnë të provosh sa mirë e ke përvetësuar temën si tërësi. Këto pyetje kërkojnë të menduarit dhe ndërlidhjen e njohurive që ke arritur gjatë të gjitha njësive mësimore të temës.



Rezyme

Në fund të disa temave apo në temën e dytë pas disa njësish mësimore, ka rezyme të shkurtër. Në të janë zgjedhur definicionet më të rëndësishme, formulat dhe kuptimet kryesore. Rezymeja do të të ndihmojë më lehtë ta përsërisësh dhe ta mbash mend materialin.

Tema 1

BAZAT E METODËS SHKENCORE NË FIZIKË



Përmbajtja e temës:

1. Sistemi Ndërkombëtar i njësive matëse
2. Hulumtimi shkencor

Fizika është shkencë natyrore fundamentale që studion ligjet themelore sipas të cilave funksionon Universi. Ajo studion materien, energjinë dhe lidhjen reciproke të tyre, duke na mundësuar neve të kuptojmë gjithçka, nga atomi deri te Kozmosi.

Fjala "fizika" rrjedh nga greqishtja e vjetër prej fjalës " φύσις" (fizis), që do të thotë natyrë. Qëllimi i saj është t'i sqarojë dhe t'i përshkruajë dukuritë natyrore me ndihmën e ligjeve universale. Një pjesë e këtyre ligjeve do të përfshihen edhe në këtë tekst shkollor i cili do të të fusë në botën e shkencës.

Qëllimet:

- T'i emërosh njësitë matëse për përcaktimin e modulit të madhësisë fizike.
- Të bësh dallimin mes madhësive skalare dhe vektoriale dhe të arsyetosh përdorimin e tyre.
- Të dizajnosh dhe të zbatosh hulumtim përmes eksperimentit apo simulimit, t'i përpunosh të dhënat dhe t'i prezantosh përfundimet, e gjatë kësaj ta përdorësh metodën shkencore.



1.1 Sistemi Ndërkombëtar i njësive matëse

A mund të flasësh për distancë, kohë apo masë nëse ato nuk mund të maten dhe të përshkruhen në mënyrë kuantitative (sasiore)? Pa matje nuk do të mundeshim të dimë saktë sa larg është një qytet, sa është kohëzgjatja e një filmi ose sa rrjedh rrymë nëpër përçues. Atëherë pa matje, jo vetëm fizika por edhe cilado shkencë tjetër, nuk do të mund të sqarojë realitetin në mënyrë shkencore.

Madhësitë fizike

Në fizikë përdorim **madhësitë fizike** që të përshkruajmë punët që i shohim apo dukuritë që ndodhin rreth nesh – p.sh., si lëvizin trupat, sa janë dimensionet e tyre, sa është masa e tyre, sa zgjat një ngjarje e të ngjashme.

Shembuj të madhësive fizike janë: shpejtësia, nxitimi, koha, forca, energjia etj.

Madhësitë fizike kanë simbolet e tyre, të cilat zakonisht janë shkronjat e para të emrave latinë apo grekë të atyre madhësive të shkruara me shkrim dore latine (italike).

Shembull

v (*velocitas* – shpejtësia), a (*acceleration* – nxitimi), t – (*tempus* – koha), F (*fortis* – forca), E (*energia* – energjia) e të tjera.

Madhësitë fizike janë nocione përmes të cilave në mënyrë kuantitative (sasiore) mund të përshkruhet ndonjë veti e trupit, veçori apo proces.

Madhësitë fizike mund të maten (figura 1), ato shprehen me vlerë numerike dhe njësi matëse përkatëse.



▲ Figura 1. Matja e gjatësisë me vizore me nonius.

Të matësh një madhësi të caktuar fizike do të thotë ta krahasosh atë me madhësi fizike të llojit të njëjtë, madhësia e së cilës kushtimisht është marrë për njësi matëse.

Rezultatet e matjes shënohen me **vlerën numerike** të madhësisë fizike dhe **njësinë matëse**. P.sh. shpejtësia e një automobili është $v = 54$ km/h.

Për dallim nga madhësitë fizike që përshkruajnë dukuri në natyrë, njësitë matëse janë krijuar me marrëveshje.

Madhësitë fizike themelore dhe të nxjerra dhe njësitë e tyre

Nëse në çdo shtet njësitë matëse për madhësitë fizike do të ishin të ndryshme, kjo do të shkaktonte shumë ngatërresa, huti, gabime dhe keqkuptime, veçanërisht në shkencë, tregti dhe industri. Për të njëjtën madhësi fizike do të kishim disa njësi matëse dhe kjo në disa raste shkakton pasoja serioze. Një rast i tillë është njëri nga misionet e NASA-s në vitin 1999 (figura 2).



▲ **Figura 2.** Fotografi e satelitit Mars Climate Orbiter – mision i pa suksesshëm i vitit 1999, me vlerë 125 milionë dollarë, për shkak të mospërputhjes së njësive matëse.

Sistemi Ndërkombëtar i njësive (SI) është krijuar në Paris, në tetor të vitit 1960, me qëllim që në botë të shfrytëzohen njësi matëse të njëjta dhe të standardizuara. Ai në vazhdimësi ndryshon dhe plotësohet.

Ky sistem mundëson:

- precizitet dhe koherencë në matje,
- krahasim të lehtë të të dhënave dhe
- kuptim më të thjeshtë të rezultateve dhe informacioneve

Madhësitë fizike dhe njësitë e tyre janë të grupuara në dy grupe: **themelore** dhe të **nxjerra**. Në Sistemin Ndërkombëtar të njësive (SI) janë të definuara shtatë madhësi fizike themelore dhe dy madhësi fizike plotësuese si dhe njësitë e tyre matëse. Të gjitha madhësitë e të tjera fizike dhe njësitë e tyre janë të nxjerra nga këto madhësi fizike themelore dhe madhësitë fizike plotësuese. Madhësitë fizike themelore dhe njësitë e tyre, të definuara në Sistemin Ndërkombëtar të njësive, janë dhënë në tabelën 1.

Madhësia fizike		Njësia matëse	
Emri	Simboli	Emri	Simboli
Gjatësia	l	metri	m
Masa	m	kilogrami	kg
Koha	t	sekonda	s
Temperatura termodinamike	T	kelvini	K
Intensiteti i rrymës elektrike	I	amperi	A
Intensiteti i dritës	J	kandela	cd
Sasia e substancës	n	moli	mol

Tabela 1. Madhësitë fizike themelore dhe njësitë e tyre

Madhësitë fizike plotësuese dhe njësitë e tyre të definuara në Sistemin Ndërkombëtar të Njësive janë dhënë në Tabelën 2.

Madhësia fizike		Njësia matëse	
Emri	Simboli	Emri	Simboli
Këndi në rrafsh	Θ	radiani	rad
Këndi hapësinor	Ω	steradiani	sr

Tabela 2. Madhësitë fizike plotësuese dhe njësitë e tyre

Të gjitha madhësitë e të tjera fizike, njësitë e të cilave shprehen përmes atyre themelore, quhen **madhësi të nxjerra fizike**.

Për shembull, madhësi fizike të nxjerra janë shpejtësia dhe nxitimi, sepse njësitë e tyre shprehen përmes njësive për gjatësi dhe kohë. Njësia për shpejtësi është m/s, ndërsa për nxitim është $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Shembull

Lartësia e një druri mund të shprehet si 2,5 m, por edhe si 250 cm. Shpejtësia me të cilën lëviz automobili mund të shprehet si 20 m/s, por ashtu edhe si 72 km/h. Metri dhe centimetri janë njësi të ndryshme me të cilat mund të paraqitet lartësia respektivisht gjatësia, derisa metri për sekondë dhe kilometri për orë janë njësi të ndryshme të madhësisë fizike – shpejtësia.

Por në shkencë poashtu përdoren edhe disa njësi që nuk i takojnë sistemit të njësive. Për shembull për kohën përdoret minuta (min), ora (h), dita (d) dhe viti (a). Për këtë arsye për madhësi të caktuar fizike mund të përdoren njësi të ndryshme.

Në shkencë, por edhe në jetën e përditshme përdorim njësi më të vogla dhe më të mëdha të cilat i fitojmë duke shtuar prefiksin në emrin e njësisë matëse. Prefiksat nënkuptojnë sa herë njësia me prefiks është më e madhe apo më e vogël se njësia pa prefiks. Në tabelën 3 janë dhënë prefiksat të cilët përdoren më së shpeshti, simbolet e tyre, si edhe shumëzuesi që prefiksi i caktuar e zëvendëson.

Shumëzuesi	Prefiksi	Simboli	Shumëzuesi	Prefiksi	Simboli
10^{18}	eksa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	mikro	μ
10^{6}	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	piko	p
10^{2}	hekto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deka	da	10^{-18}	ato	a

Tabela 3. Prefiksat më të mëdhenj dhe më të vegjël të njësive matëse, simbolet dhe shumëzuesit e tyre.

Shembull i zgjidhur

Vlerat e dhëna të madhësive fizike të shndërrohen në njësi matëse përkatëse.

a) $43\,\mathrm{m}^2 =$ cm^2 b) $20\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} =$ $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ c) $505\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} =$ $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Zgjidhje:

a) $43\,\mathrm{m}^2 = 43\cdot\left(10^2\,\mathrm{cm}\right)^2 = 43\cdot10^4\,\mathrm{cm}^2$

b) $20\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 20\cdot\frac{10^3\,\mathrm{g}}{\left(10^2\,\mathrm{cm}\right)^3} = \frac{20\cdot10^3\,\mathrm{g}}{10^6\,\mathrm{cm}^3} = 20\cdot10^3\cdot10^{-6}\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 20\cdot10^{(3-6)}\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 20\cdot10^{-3}\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$

c) $505\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 505\,\frac{10^{-3}\,\mathrm{kg}}{\left(10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^3} = 505\,\frac{10^{-3}\,\mathrm{kg}}{10^{-6}\,\mathrm{m}^3} = 505\cdot10^{-3}\cdot10^6\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 505\cdot10^{(-3+6)}\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 505\cdot10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Madhësitë fizike skalare dhe vektoriale

Del nga shtëpia dhe i tregon shokëve ku gjendesh. Nëse thua: "Dola nga shtëpia dhe u largova 200 m." – a do ta dinë ata ku ndodhesh saktë?

Përgjigja është jo! Ata e dinë vetëm sa larg ndodhesh, por jo edhe në cilin kah ke lëvizur. Nëse thua: "Dola nga shtëpia dhe u largova 200 m drejt veriut." – atëherë ata e dinë saktë ku ndodhesh.

Ky dallim na tregon se disa madhësi fizike përshkruhen vetëm me madhësinë, ndërsa të tjerat doemos duhet të kenë drejtimin dhe kahun që të jenë të përshkruara në tërësi.

Madhësitë fizike mund të jenë **skalare** dhe **vektoriale**.

I) Madhësitë fizike të cilat përcaktohen në tërësi vetëm me vlerën numerike quhen madhësi fizike skalare (apo vetëm skalarë).

Shembuj të madhësive fizike skalare janë koha, masa, dendësia, temperatura dhe një sërë madhësish të tjera që do t'i mësosh gjatë shkollimit.

II) Madhësitë fizike, të cilat përcaktohen në tërësi me vlerën numerike, drejtimin dhe kahun, quhen madhësi fizike vektoriale (apo vetëm vektorë).

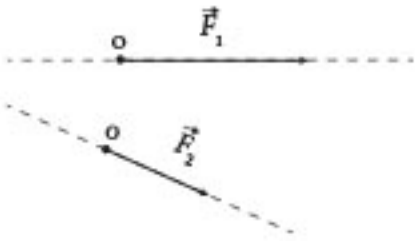
Shembuj të madhësive fizike vektoriale janë shpejtësia, nxitimi, forca e të tjera.

Madhësitë fizike vektoriale i paraqesim me vektorë (segmet i orientuar apo shigjetë). Madhësia vektoriale është e përcaktuar me **madhësinë** e saj respektivisht **modulin apo intensitetin, drejtimin** dhe **kahun**. Gjatësia e vektorit është proporcionale me madhësinë (modulin) e madhësisë vektoriale, ndërsa kahu i shigjetës e tregon kahun e madhësisë vektoriale.

Çdo vektor ka edhe **pikë veprimi - ai** është vendi ku vektori "fillon" apo ku vepron. Në figurën 3, kjo pikë është paraqitur me O.

Që të dallohen madhësitë vektoriale nga ato skalare, mbi simbol të madhësisë vektoriale vendoset shigjetë e vogël e kahëzuar djathtas ($\rightarrow$), për shembull: $\vec{F}$ për forcën.

Në Shtojcën 1: Vektorët dhe operacionet me vektorë dhënë në fund të tekstit shkollor janë dhënë më tepër informata për vektorët dhe operacionet me vektorë.



▲ **Figura 3.** Dy vektorë me madhësi, drejtim dhe kahe të ndryshme

Nëse do të dish më tepër:

- Sistemi Ndërkombëtar i njësive i ka rrënjët në Francë në fund të shek. XVIII. Në vitin 1795, pas Revolucionit Francez, u zhvillua ideja për sistem racional dhe të unifikuar të matjes, që t'i vihej një herë e përgjithmonë fundi kaosit me njësi të ndryshme lokale të në Tokë.
- Në vitin 1791 u definua metri si e dhjetëmilionta pjesë e distancës nga Poli i Veriut deri në Ekuator, duke ndjekur meridianin që

kalon nëpër Paris. Kjo ka qenë një përpjekje për të ndërlidhur njësinë matëse me një dukuri natyrore universale.

- Prototipi i parë ndërkombëtar i kilogramit ka qenë i ndërtuar nga legura e platinës dhe iridiumit dhe ruhet në zyrën ndërkombëtare për pesha dhe masa (BIPM), në afërsi të Parisit. Ka qenë e njohur si "Le Grand K". Në vitin 2019, kilogrami fitoi definicion të ri. Kilogrami nuk definohet sipas ndonjë objekti fizik, por sipas konstantës së Plankut (h). Kjo mundëson saktësi dhe qëndrueshmëri më të madhe në matje.
- Definicioni modern i sekondës bazohet në kohëzgjatjen e 9,192,631,770 lëkundjeve të rrezatimit që e emeton atomi i ceziumit $\left({}^{133}_{55}C_s\right)$. Kjo e bën sekondën një njësi matëse jashtëzakonisht të saktë.

Pyetje dhe detyra:

1. Si mund të ndihmojë njohja e njësive matëse dhe shndërrimi i tyre në njësi themelore për zgjidhjen e problemeve në jetën e përditshme? Jep shembuj.
2. Bëni një diskutim me shokët e klasës mbi temën: Ndikimi i saktësisë dhe standardizimit të matjes në zhvillimin e shkencës.
3. Bëni një vlerësim: Në planetin Tokë jetojnë rreth 8 000 000 000 banorë. Rrezja e Tokës është 6400 km. Nëse të gjithë banorët shtrijnë krahët dhe kapen për duar, vlerëso sa herë mund të rrethojnë Tokën në Ekuator.
4. Mate gjatësinë e dhomës tënde dhe shndërro në: a) cm b) m c) km
5. Vlerat e dhëna të madhësive fizike të shndërrohen në njësitë matëse përkatëse:

   a) $30\ \text{m}^2 =$ mm^2 b) $200\ \mu\text{m}^3 =$ m^3 c) $45\ \text{dm}^3 =$ m^3

   ç) $100\ \text{mm}^2 =$ m^2 d) $58\ \frac{\text{g}}{\text{m}^3} =$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dh) $75\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} =$ $\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$

   e) $49\ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} =$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ f) $95\ \frac{\text{g}}{\text{m}^3} =$ $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
6. Sqaroni dallimin mes shpejtësisë si madhësi skalare dhe shpejtësisë si madhësi vektoriale (vektori i shpejtësisë). Jep shembull nga jeta e përditshme ku ky dallim mund të jetë i rëndësishëm.

1.2 Hulumtimi shkencor

Zhvillimi i njerëzimit është i lidhur pandashëm me përparimin e fizikës. Nga kuptimet e para për forcën në natyrë, përmes ligjeve të mekanikës klasike që i ka formuluar Njutni, deri tek arritjet bashkëkohore në fizikën kuantike dhe fizikën e grimcave elementare – fizika vazhdimisht e ka ndryshuar të kuptuarit e botës rreth nesh. Me zhvillimin e industrisë dhe teknologjisë fizika e ka ndryshuar edhe vetë botën në të cilën jetojmë. Sot, falë zhvillimit të fizikës dhe zbatimit të saj, njerëzimi disponon teknologji të avancuara që e kanë ndryshuar plotësisht mënyrën si jetojmë dhe komunikojmë. Disa nga arritjet më të rëndësishme përfshijnë fibrat optike, të cilat mundësojnë transmetim ultra të shpejtë të të dhënave në distanca të mëdha, sistemet energjetike me humbje minimale, trenat MAGLEV, kompjuterët kuantikë që premtojnë revolucion në përpunimin e të dhënave dhe sigurinë e informacionit, zhvillimin e pajisjeve që përdoren në mjekësi, si dhe anijet kozmike me të cilat hulumtohen pjesët e largëta të Universit.

Si i zbulojnë shkencëtarët ligjet e natyrës dhe si i shpjegojnë me sukses dukuritë me të cilat përballemi? Kjo arrihet me ndihmën e zbatimit të metodës shkencore duke përdorur hulumtimin shkencor. Shablloni i etapave të metodës shkencore jepet në figurën 1.



▲ **Figura 1.** Etapat e metodës shkencore

Këto etapa do t'i sqarojmë përmes shembullit.

Hulumtimi i Markut: trupat të cilët bien

1) Vëzhgimi, konstatimi dhe definimi i problemit shkencor

Marku çdo ditë përballet me trupa që bien në sipërfaqen e Tokës. Ai ka vendosur të kryejë një hulumtim për të parë se si koha e rënies së një trupi varet nga lartësia nga e cila bie ai trup.

2) Parashtrimi i hipotezës

Marku parashikon: nëse lartësia nga e cila bien trupat rritet, atëherë proporcionalisht rritet edhe koha e rënies së trupave.

3) Planifikimi dhe realizimi i eksperimentit

Marku vendosi të regjistrojë rënien e topit të tenisit, të lëshuar nga lartësi të ndryshme, ndërsa pastaj të matë kohën e rënies së topit duke përdorur video të ngadalësuar. Ai përcaktoi katër lartësi të ndryshme



▲ **Figura 2.** Marku i lëshon topthat e tenisit nga lartësi të ndryshme

nga të cilat do të lëshonte topin dhe më pas mati kohën e rënies për secilën lartësi. Për të marrë rezultate më të sakta, Marku e përsërit matjen 5 herë për secilën lartësi.

Rezultatet e matjeve i paraqiti në formë tabelare dhe grafike.

Rezultatet e matjeve Marku i vendosi në një tabelë (Tabela 1) dhe vizatoi një grafik (Grafiku 1) ku është paraqitur varësia e kohës së rënies nga lartësia fillestare.

Kujdes:

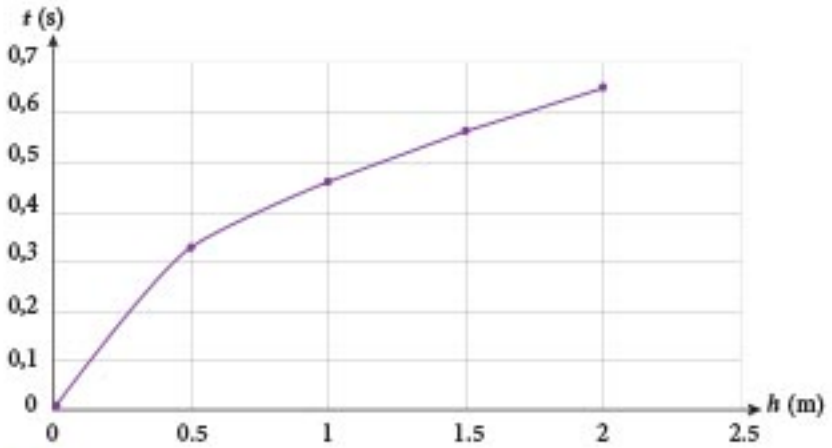
Në tabelë shënohet simboli i madhësisë fizike që e masim apo e përcaktojmë. Pas madhësisë fizike, në kllapa shënohet njësia matëse e saj.

h (m)	0,5	1	1,5	2
n	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)
1	0,32	0,45	0,55	0,64
2	0,33	0,44	0,56	0,65
3	0,32	0,45	0,57	0,64
4	0,31	0,46	0,56	0,66
5	0,31	0,46	0,55	0,66
Vlera mesatare	0,32	0,46	0,56	0,65

Tabela 1. Rezultatet e fituara nga matjet e Markut

Kujdes:

Gjatë vizatimit të grafikut duhet të kesh kujdes që ndryshorja e pavarur gjithmonë të shënohet në boshtin horizontal (abshisë), kurse ndryshorja e varur, të cilën duam të përcaktojmë se si varet nga ndryshorja e pavarur, të shënohet në boshtin vertikal (ordinatë). Në skaj të boshteve, pranë madhësive të shënuara, në kllapa duhet gjithmonë të shkruhen edhe njësitë e tyre matëse.



▲ Grafiku 1. Grafiku në të cilin është treguar koha e rënies së topit në varësi nga lartësia nga e cila bie

4) Përpunimi i rezultateve

Më pas Marku bën përpunim të plotë të të dhënave dhe i njehso gabimet gjatë matjes.

5) Interpretimi i rezultateve dhe konfirmimi ose hedhja poshtë e hipotezës

Nga rezultatet e fituara dhe nga grafiku Marku përfundon se koha e rënies së topit nuk varet në mënyrë proporcionale nga lartësia prej të

cilës topi bie. Prandaj ai bën një parashikim të ri: koha e rënies së topit varet në mënyrë proporcionale nga rrënja katrore e lartësisë nga e cila bien trupat.

Etapat e metodës shkencore

Le të sqarojmë më në detaje etapat e metodës shkencore që i ka ndjekur Marku gjatë hulumtimit të tij.

1) Vëzhgimi, konstatimi dhe definimi i problemit shkencor

Metoda shkencore fillon me vëzhgimin e ndonjë dukurie për të cilën kemi interes. Vëzhgimi mund të dalë nga vrojtimi me kujdes i botës rreth nesh, gjetja e diçkaje që nuk është shpjeguar plotësisht ose nga leximi dhe dëgjimi i hulumtimeve të mëparshme.

Në hulumtimin e Markut, çasti kur Marku vërejti dallimet gjatë rënies së trupit nga lartësi të ndryshme ai ishte në etapën e parë të metodës shkencore.

2) Parashtrimi i hipotezës

Hipoteza konsiderohet një supozim i hulumtuesit për rezultatin që pritet gjatë hulumtimit.

Hipoteza duhet të jetë një pohim i qartë dhe i njëkuptimtë që mund të vërtetohet, d.m.th. të përcaktohet se a është i saktë apo i pasaktë. Ajo ndërtohet bazuar në përvojën e mëparshme, por duhet të jetë sa më objektive që të jetë e mundur.

Parashikimet që i bëri Marku gjatë hulumtimit të tij paraqesin hipoteza.

3) Planifikimi dhe realizimi i eksperimentit

Në këtë etapë hulumtuesi duhet t'i definojë me precizitet të gjitha detajet e hulumtimit:

- zgjidhet pajisja që do ta përdorë gjatë eksperimentit,
- përgatitet procedura eksperimentale në të cilën përshkruhen të gjitha hapat e hulumtimit,
- bëhet kujdes që të ndryshojë vetëm një ndryshore, ndërsa gjithçka tjetër mbetet e njëjtë

Më pas realizohet eksperimenti dhe shënohen rezultatet.

Rezultatet paraqiten në dy mënyra: në tabelë dhe në grafik. Nga tabela mund të lexohet vlera e saktë e secilës matje, si dhe të shtohen kolona me madhësitë e llogaritura.

Në grafik vërehet me lehtësi sjellja e përgjithshme e ndryshores dhe nga grafiku mund të përcaktohen vlera të cilat nuk mund të maten në mënyrë direkte. Për shkak të këtyre dallimeve është me rëndësi që gjatë eksperimentit të shfrytëzohen të dy paraqitjet.

4) Përpunimi i rezultateve

Çdo matje shoqërohet me gabime gjatë matjes. Gabimet paraqiten si rezultat i saktësisë së kufizuar të instrumentit matës, kushteve të jashtme, përdorimit të pasaktë të instrumentit, si dhe leximit të pasaktë të madhësisë së matur fizike. Në këtë etapë llogariten gabimet gjatë matjeve dhe fitohet informacion për atë sa mund t'u besohet rezultateve të fituara. Detaje të tjera për këtë përpunim jepen në pjesën **Përpunimi i rezultateve shkencore**, e cila është dhënë më poshtë në po këtë njësi mësimore.

Pas përfundimit të kësaj etape rezultatet shënohen ashtu që shkruhet vlera mesatare e të gjitha matjeve, gabimi absolut i secilës prej matjeve, gabimi absolut mesatar dhe gabimi relativ i tërë eksperimentit.

5) Interpretimi i rezultateve dhe konfirmimi ose hedhja poshtë e hipotezës

Përmes rezultatit të fituar dhe analizës së gabimeve përcaktohet se hipoteza a konfirmohet apo duhet të hidhet poshtë. Në këtë etapë mund të formohet hipotezë e re, me çka fillon hulumtimi i ri si në rastin e "Hulumtimit të Markut".

Kuptimet themelore dhe definicionet për hulumtimin shkencor

Kuptimi	Definicioni
Metoda shkencore	Procedura me etapa të caktuara të cilat duhet të realizohen që të vijë te përfundimi, sqarimi i dukurisë apo ligjit të ri.
Eksperimenti	Vëzhgimi i një dukurie të caktuar i shoqëruar me matje të kryera në kushte të kontrolluara.
Testi fer	Eksperimenti në të cilin ndryshohet vetëm njëra ndryshore, ndërsa të gjitha kushtet e tjera mbesin të pa ndryshueshme.
Matja direkte	Matja gjatë të cilës madhësia fizike përcaktohet në mënyrë direkte duke përdorur instrument matës (për shembull: matja e gjatësisë me vizore dhe matja e kohës me kronometër).
Matja indirekte	Matja gjatë të cilës vlera e një madhësie fizike llogaritet duke u bazuar në rezultatet nga matja direkte e madhësive të tjera fizike.
Ndryshore kontrolluese	Madhësia e cila gjatë matjes mbetet e pa ndryshueshme.
Ndryshore e pavarur	Madhësia të cilën e përcakton hulumtuesi dhe e cila ndryshon në mënyrë të pavarur (apo me qëllim nga ana e hulumtuesit) për të shqyrtuar ndikimin e saj mbi ndonjë madhësi tjetër (ndryshore e varur). Ajo nuk varet nga ndryshoret e të tjera si madhësi fizike gjatë eksperimentit.
Ndryshore e varur	Madhësia e cila matet gjatë hulumtimit dhe vlera e së cilës varet nga ndryshorja e pavarur.
Saktësia e matjes	Vlera më e vogël njësie e cila mund të arrihet gjatë matjes.

Përpunimi i rezultateve shkencore

Për të zvogëluar gabimet gjatë matjes, në hulumtime shkencore kryhen më tepër matje për të njëjtën madhësi. Vlerat e fituara nga secila matje e madhësive zakonisht dallojnë nga njëra tjetra.

Gjatë përpunimit të të dhënave gjatë matjes llogaritet **gabimi absolut** dhe **gabimi relativ**. Pa informacion për gabimet rezultatet nuk mund të konsiderohen për shkencore dhe përfundimet që do t'i nxirrnim nga ato nuk do të ishin të plota.

Si vlerë e saktë e madhësisë së matur konsiderohet **vlera mesatare** e të gjitha matjeve. Vlera mesatare llogaritet si shumë e të gjitha vlerave të matura pjesëtuar me numrin e përgjithshëm të matjeve.

Në ndonjë eksperiment n herë e kemi matur madhësinë fizike X (e cila mund të jetë masa, shpejtësia, temperatura apo ndonjë madhësi tjetër fizike). Vlerën e saj mesatare X_m mund ta shkruajmë kështu:

$$X_m = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{n}$$

Shembull

E kemi matur masën m të një trupi 5 herë. Vlera mesatare do të jetë:

$$m_m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{5}$$

Gabimi absolut gjatë matjes është ndryshimi mes vlerës mesatare dhe vlerës së matur të madhësisë fizike, marrë në vlerë absolute.

Në rastin e përgjithshëm, gabimi absolut (ΔX_i) i secilës matje llogaritet si ndryshim X_m dhe vlerës së matur X_i:

$$\Delta X_i = |X_m - X_i|$$

Gabimi relativ gjatë matjes është i barabartë me herësin e vlerës mesatare të gabimit absolut dhe vlerës mesatare të madhësisë së matur fizike, shprehur në përqindje.

Përmes formulës gabimi relativ (ε) llogaritet si:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\%$$

ku ΔX_m është gabimi absolut mesatar gjatë matjes, i cili llogaritet si vlerë mesatare e gabimeve absolute të secilës matje. Gabimi relativ e përcakton saktësinë e matjes. Matja konsiderohet si e suksesshme nëse gabimi relativ është më i vogël se 5%.

Rezultati përfundimtar i matjes shënohet në këtë mënyrë:

$$X = X_m \pm \Delta X_m \qquad \varepsilon = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\%$$

Në hulumtimin e Markut, kur ai e plotësoi tabelën me llogaritjet e gabimeve absolute gjatë matjes, fitoi këto rezultate:

h (m)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
n	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)
1	0,33	0,45	0,55	0,64	0,01	0,01	0,01	0,01
2	0,32	0,44	0,56	0,65	0,00	0,02	0,00	0,00
3	0,32	0,45	0,57	0,64	0,00	0,01	0,01	0,01
4	0,31	0,46	0,56	0,66	0,01	0,00	0,00	0,01
5	0,30	0,46	0,55	0,66	0,02	0,00	0,01	0,01
Vlera mesatare	0,32	0,46	0,56	0,65	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabela 2. Matjet e Markut, të dhëna me gabimet absolute

Për shembull, për lartësinë $h = 0{,}5$ m, herën e parë ($n = 1$) ka matur kohën e rënies $t_{1,1} = 0{,}33$ s. Vlera e vërtetë e matjes për këtë lartësi është vlera mesatare e cila është $t_{1m} = 0{,}32$ s. Gabimi absolut i kësaj matjeje është

$\Delta t_{1,1} = |t_{1m} - t_{1,1}| = |0{,}32 - 0{,}33| = 0{,}01$ s. Në mënyrë të tillë të njëjtë është plotësuar e tërë tabela (Tabela 2).

Gabimi relativ për lartësinë është

$h = 0{,}5$ m është $\varepsilon = \dfrac{\Delta t_{1m}}{t_{1m}} \cdot 100\% = 3{,}12\%$

Ky është rezultat me të cilin matjen do ta konsiderojmë si të suksesshme. Por ti duhet ta konfirmosh ose të hedhësh poshtë hipotezën e re të Markut dhe të vizatosh grafik në të cilin tregohet se si koha varet nga rrënja katrore e lartësisë nga e cila bie topi. Që ta arrish këtë duhet të bësh edhe disa ndryshime në tabelë.

Nëse do të dish më tepër:

- Si përcaktohet gabimi absolut te matjet indirekte? Mund të llogaritet përmes gabimeve absolute të madhësive fizike tashmë të matura apo të llogaritura.

  Shembull. Le të llogarisim gabimin absolut të forcës e cila llogaritet me formulën duke përdorur vlerat mesatare dhe gabimet absolute të masës dhe nxitimit të trupit.

  Rezultati i fituar i forcës duhet të paraqitet në këtë mënyrë:

  $F = F_m \pm \Delta F_m$

  $F = ma = (m_m \pm \Delta m_m)(a_m \pm \Delta a_m)$

  Nga kjo formulë fitohet:

$$F = m_m a_m \pm m_m \Delta a_m \pm \Delta m_m a_m + \Delta m_m \Delta a_m$$

$$F = m_m a_m \pm (m_m \Delta a_m + \Delta m_m a_m \pm \Delta a_m \Delta m_m)$$

Sepse $F_m = m_m a_m$

Rrjedh se gabimi absolut për forcën është:

$$\Delta F_m = m_m \Delta a_m + \Delta m_m a_m \pm \Delta a_m \Delta m_m$$

Pyetje dhe detyra:

1. Cilat janë etapat kryesore të hulumtimit shkencor?
2. Ç'nënkuptoni me termat gabim absolut dhe gabim relativ, si përcaktohen ato dhe cili prej këtyre gabimeve na tregon nëse matja ka qenë me saktësi të lartë?
3. Në çfarë mënyre të kuptuarit e gabimeve gjatë matjes të ndihmon të kuptosh më mirë pse është e rëndësishme saktësia më e madhe gjatë matjeve në farmaci apo në ndërtimtari?
4. Me ndihmën e orës digjitale, e cila punon me saktësi prej 1 ms, janë kryer 4 matje: $t_1 = 5,254\ \text{s}$ $t_2 = 5,257\ \text{s}$ $t_3 = 5,257\ \text{s}$ $t_4 = 5,259\ \text{s}$. Njehso gabimin absolut dhe gabimin relativ gjatë matjes.
5. Mate trashësinë e tekstit shkollor/fletores me ndihmën e vizores me nonius apo vidës milimetrike dhe llogarite trashësinë e një flete të fletores. Interpreto rezultatet e fituara.
6. Ç'do të dëshiroje të dish më tepër për hulumtimin shkencor?

Mendo si shkencëtar

Perioda e lavjerrësit

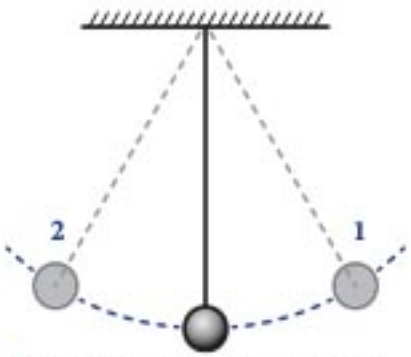
Topi me masë m, i varur në perin me gjatësi l i cili mund të kryejë lëvizje lëkundëse, quhet lavjerrës (figura 1).

Perioda e lavjerrësit është koha që i nevojitet lavjerrësit të kryejë një lëvizje lëkundëse; apo për periodën mund të themi se është koha e lëvizjes së topit nga pika 1 deri te kthimi i sërishme i tij në të njëjtën pikë.

Për realizim më të thjeshtë të eksperimentit në vend të topit përdoret dado (figura 2).

Detyrë: Zbato hulumtimin shkencor për të gjetur se nga çka dhe si varet perioda e lëkundjeve të lavjerrësit.

Hapat e hulumtimit shkencor të cilat duhet t'i ndjekësh:



▲ Figura 1. Lavjerrësi në tri çaste të lëvizjes lëkundëse



▲ Figura 2. Dadot

Hapi 1: Vëzhgo lëkundjet e lavjerrësit që të përcaktosh nga çka varet perioda e lëkundjeve të lavjerrësit. Perioda e lavjerrësit është koha për të cilën ai do të kryejë një lëkundje të plotë: nga pozita fillestare, përmes pikës më të largët në anën tjetër, dhe prapa deri te pozita fillestare.

- bëj një listë të madhësive fizike të cilat i has gjatë hulumtimit të lëkundjeve të lavjerrësit dhe të njëjtat shënoji në tabelë, të ndara në madhësi fizike të varura dhe të pavarura (shembull: gjatësia e perit, këndi i zhvendosjes, forma e peshores, trashësia e perit, masa e lavjerrësit etj.);
- siguro një test fer duke definuar ndryshoret kontrolluese gjatë hulumtimit

Hapi 2: Mbi bazën e listës së madhësive fizike, ndërto hipotezë, domethënë çfarë supozon ti se do të fitosh si rezultat i hulumtimit. Mbaj mend se në hipotezë duhet të supozosh se si do të ndryshojë ndryshorja e varur me ndryshimin e vetëm një ndryshoreje të pavarur. Gjatë kësaj madhësitë e tjera të mbeten të pandryshueshme.

Hapi 3: Përpuno plan për eksperiment dhe realizo eksperimentin.

Perioda e lavjerrësit mund të jetë shumë e shkurtër. Gjatë matjes në intervale të shkurtëra kohore, ndikim të madh në gabimet gjatë matjes ka koha e reagimit të eksperimentuesit. Gjatë përgatitjes së planit për eksperimentin mendo si mund të zvogëlohet ky gabim i shkaktuar nga reagimi i ngadaltë i eksperimentuesit.

- Bëj skicë, listë të mjeteve të nevojshme, tabelë për matjet.
- Realizo eksperimentin duke shënuar nga 10 matje të kohës dhe vlerat shënoji në tabelë.

Hapi 4: Përpunoi të dhënat:: njehso vlerën mesatare, gabimin absolut dhe gabimin relativ gjatë matjes. Rezultatet paraqiti në grafik.

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe konfirmo ose hidhe poshtë hipotezën dhe përpiqu të formulosh një hipotezë të re.

- Me ndihmën e mësimdhënësit përpiqu të interpretosh rezultatet e fituara.

Rezyme:

- Me madhësitë fizike në mënyrë kuantitative mund të përshkruhet ndonjë veçori, veti apo proces i trupit.
- Madhësitë fizike shprehen me vlerë numerike dhe njësi.
- Në Sistemin Ndërkombëtar të njësive janë definuar madhësitë fizike themelore dhe plotësuese si dhe njësitë e tyre, ndërsa të gjitha madhësitë e të tjera fizike dhe njësitë e tyre nxirren nga ato themelore.
- Njësitë matëse shprehen edhe me prefikse më të mëdha dhe më të vogla.
- Në fizikë përdoret metoda shkencore që ndihmon të shpiken ligjet dhe të bëhen parashikime për situata të ndryshme.
- Metoda shkencore nënkupton ndjekje të 5 etapave:
  I: Vëzhgimi, konstatimi dhe definimi i problemit shkencor
  II: Parashtrimi i hipotezës
  III: Planifikimi dhe realizimi i eksperimentit
  IV: Përpunimi i rezultateve
  V: Interpretimi i rezultateve dhe konfirmimi ose hedhja poshtë e hipotezës
- Eksperimenti paraqet vëzhgim të ndonjë dukurie të caktuar në kushte të kontrolluara shoqëruar me matje.
- Të matësh një madhësi të caktuar fizike do të thotë ta krahasosh me madhësi fizike të llojit të njëjtë, të marrë si njësi matëse.
- Metoda shkencore nënkupton madhësitë fizike të matura, si edhe gabimet, të paraqiten me tabela dhe grafikon.
- Çdo matje është e shoqëruar me gabime gjatë matjeve.
- Vlera mesatare gjatë matjes së ndonjë madhësie fizike X llogaritet me formulën:

  $$X_m = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{n}$$

  Ku $X_1, X_2, ...X_n$ janë vlerat e matura, ndërsa n numri i matjeve.
- Gabimi absolut gjatë matjes quhet vlera absolute e ndryshimit ndërmjet vlerës mesatare dhe vlerës së matur të madhësisë fizike dhe jepet me formulën:

  $$\Delta X_i = |X_m - X_i|$$
- Gabimi relativ gjatë matjes është i barabartë me herësin e gabimit absolut dhe vlerës mesatare të tij, shprehur në përqindje, dhe jepet me formulën:

  $\varepsilon = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\%$, ku ΔX_m është gabimi absolut mesatar gjatë matjes.
- Rezultati përfundimtar i matjes shënohet në këtë formë:

  $$X = X_m \pm \Delta X_m \qquad \varepsilon = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\%$$

Tema 1 PROVO SA KE MËSUAR

1. Shndërro

   a) 0, 25 nm = μm b) 0, 13 GN = kN

   c) 2000 kg/m³ = g/cm³ ç) 180 km = m

2. Diametri i topit të basketit është i rendit të madhësisë:

   a) $2 \cdot 10^{-2}$ m b) $2 \cdot 10^{-1}$ m c) $2 \cdot 10^{0}$ m ç) $2 \cdot 10^{1}$ m

3. Topi është hedhur nga dritarja e katit të tretë. Lartësia nga e cila është hedhur topi është e rendit të madhësisë:

   a) 10^{0} m b) 10^{1} m c) 10^{2} m ç) 10^{3} m

4. Diametri i monedhës 50 denarëshe është i rendit të madhësisë:

   a) 10^{0} m b) 10^{-1} m c) 10^{-2} m ç) 10^{-3} m

5. Sipas vlerësimit tënd shëno vlerat numerike me njësitë përkatëse të këtyre madhësive fizike vijuese. Nëse është e nevojshme përdor edhe prefiksa.

   a) kohëzgjatja e një ore të fizikës

   b) lartësia e ndërtesës prej 10 katesh

   c) masa e orës së dorës

   ç) gjerësia e një klase

6. Përcakto cila nga madhësitë fizike vijuese është skalare, ndërsa cila është vektoriale:

   a) shpejtësia e çiklistit i cili ngjitet në kodër

   b) temperatura e ajrit në klasë

   c) masa e çantës

   ç) forca me të cilën nxënësi shtyn tavolinën

   d) rruga e kaluar nga shtëpia deri në shkollë

7. Nëse dy vektorë kanë madhësi të ndryshme, a mund të jetë shuma e tyre zero? Sqaro.

8. Denisi 4 herë e ka matur diametrin e një topi dhe ka fituar rezultatet vijuese

d (mm)	68,3	69,3	68,7	69,7	d_m (mm)	
Δd (mm)					Δd_m(mm)	

Sa është rezultati i matjes së tij i paraqitur me gabim absolut?

Sa është gabimi relativ i matjes?

9. Iva ka matur periodën e lavjerrësit i cili fillimisht kryen 25 lëkundje të plota, pastaj 60 lëkundje të plota. Ajo ka fituar këto rezultate:

- Koha për 25 lëkundje të plota: 20,6 s
- Koha për 60 lëkundje të plota: 52,1 s

Njehso periodën e lavjerrësit në të dy rastet. Rezultatet dallojnë. Sugjero disa arsye përse ato dallojnë.

10. Ivo ka vërejtur se akulli shkrihet më shpejt në disa sipërfaqe se sa në disa të tjera. Ivo donte të kryejë hulumtim se si lloji i sipërfaqes në të cilën ndodhet akulli ndikon në kohën e nevojshme që kubi i akullit të shkrihet.

Përshkrim i eksperimentit: Ivo ka marrë kube të njëjta të akullit dhe i ka vendosur në sipërfaqe të ndryshme: pllakë metalike, dërrasë druri, tepsi plastike dhe tepsi qelqi. Të gjitha kubet e akullit i ka vendosur njëkohësisht në të njëjtën hapësirë. Ivo ka matur për sa kohë shkrihet secili kub i akullit. Ai ka pasur kujdes që kushtet të jenë të njëjta.

a) Trego ndryshoren e pavarur të eksperimentit

b) Trego ndryshoren e varur të eksperimentit

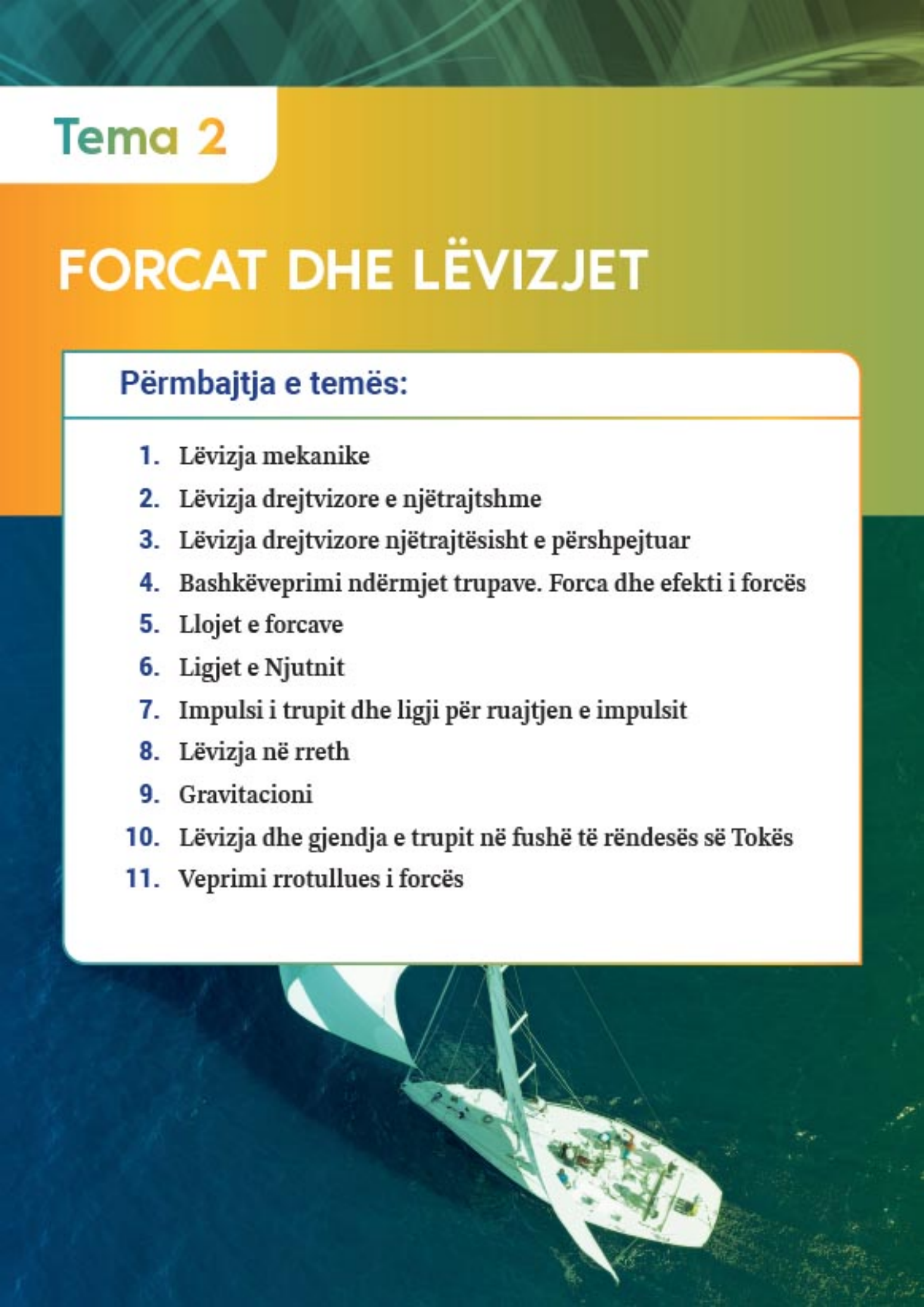
c) Trego së paku dy ndryshore kontrolluese që nuk duhet të ndryshojnë.

Tema 2

FORCAT DHE LËVIZJET

Përmbajtja e temës:

1. Lëvizja mekanike
2. Lëvizja drejtvizore e njëtrajtshme
3. Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e përshpejtuar
4. Bashkëveprimi ndërmjet trupave. Forca dhe efekti i forcës
5. Llojet e forcave
6. Ligjet e Njutnit
7. Impulsi i trupit dhe ligji për ruajtjen e impulsit
8. Lëvizja në rreth
9. Gravitacioni
10. Lëvizja dhe gjendja e trupit në fushë të rëndesës së Tokës
11. Veprimi rrotullues i forcës



Përmes mësimit të forcave dhe lëvizjes është e mundur që më mirë të kuptohen dukuritë natyrore rreth nesh dhe të zbatojmë ligjet e fizikës në jetën e përditshme – në sport, transport, teknologji dhe inxhinieri.

Në fizikë si shkencë natyrore, forcat dhe lëvizja e trupit mësohen në korniza të të ashtuquajturës mekanikë. Në mekanikë mund të dallojmë dy qëllime: kinematikën e cila përshkruan lëvizjet e trupave pa i përmendur shkaqet e lëvizjeve të tilla dhe dinamikën e cila studion shkaqet për lëvizjen e trupit dhe jep përgjigje përse trupat lëvizin në mënyrë të këtillë.

Ligjet që mësohen në temën Forca dhe lëvizja, përmes zbatimit praktik në fusha të ndryshme të jetës, mundësojnë që të kuptohet më mirë bota rreth nesh.

Qëllimet:

- Të përdorësh madhësitë fizike dhe njësitë e tyre matëse për të përshkruar lëvizjen dhe sqaruar përse lëvizja është relative.
- Të përshkruash dhe të paraqesësh grafikisht lëvizjen e njëtrajtëshme drejtvizore dhe njëtrajtësisht të përshpejtuar.
- Të vlerësosh paraqitjen grafike të lëvizjes dhe të llogaritësh madhësitë fizike nga grafiku.
- Të sqarosh si bashkëveprojnë trupat, si dhe të identifikosh dhe ilustrosh llojet e forcave të cilat veprojnë te trupat.
- Të përcaktosh forcën rezultante nga më tepër forca që veprojnë te trupi në situata reale dhe të përshruash lëvizjen e trupit nën veprimin e forcës rezultante.
- Të përshkruash lëvizjen e Hënës dhe të zbatosh ligjin e Njutnit për gravitacion.
- Të analizosh lëvizjen e trupit nën ndikimin e rëndesës së Tokës.
- Të sqarosh ç'është veprimi rrotullues i forcës, të përmendësh kushtet për rotacion dhe të zbatosh ligjin themelor për lëvizje rrotulluese.
- Të arsyetosh vlefshmërinë e rregullave të komunikacionit përmes ligjeve fizike.

2.1 Lëvizja mekanike

Lëvizja është dukuri me të cilën ndeshemi vazhdimisht, por edhe proces në të cilin edhe vetë ne marrim pjesë. Lëvizja haset kudo, nga atomi deri te kozmosi. Lëvizin njerëzit, automobilat, trenat, akrepat e orës, Hëna. Lëviz këmba e futbollistit gjatë goditjes së topit, kafazi i kraharorit të njeriut gjatë procesit të frymëmarrjes. Lëvizin molekulat e substancës, elektronet në atom etj.

Lëvizja mekanike, sistemi i referimit, trupi i referimit

Në të gjithë shembujt, të përmendur më sipër, trupat e ndryshojnë pozitën e tyre. Gjatë lëvizjes së trenit ai e ndryshon pozitën e tij në lidhje me stacionin hekurudhor nga i cili niset. Treni lëviz dhe ai paraqet trup lëvizës, kurse stacioni hekurudhor është trup në lidhje me të cilin shqyrtohet lëvizja.

Lëvizja mekanike është proces i ndryshimit të pozitës së një trupi, apo të pjesëve të trupit në lidhje me ndonjë trup tjetër gjatë intervalit të kohës.

Trupi i cili lëviz quhet **trup lëvizës**. Trupi në lidhje me të cilin shqyrtohet lëvizja quhet **trup referimi**.

Përzgjedhja e trupit të referimit bëhet në mënyra të ndryshme. Më së shpeshti përzgjidhet ai trup i referimit i cili e thjeshton më së tepërmi përshkrimin e lëvizjes. Lëvizja e njeriut, automobilave dhe automjeteve shpesh shqyrtohet në lidhje me Tokën apo objekt të lidhur për Tokën. Në këtë rast Toka mund të konsiderohet e palëvizshme. Shikuar në lidhje me Diellin, apo automobilin që lëviz, një lëvizje e njëjtë (si edhe barazimet që e përshkruajnë) do të dukej më e ndërlikuar.

Pozita e një trupi mund të përshkruhet në tërësi me ndihmën e **sistemit koordinativ**. Gjatë lëvizjes koordinatat e trupit në sistemin koordinativ të përzgjedhur ndryshojnë me kalimin e kohës.

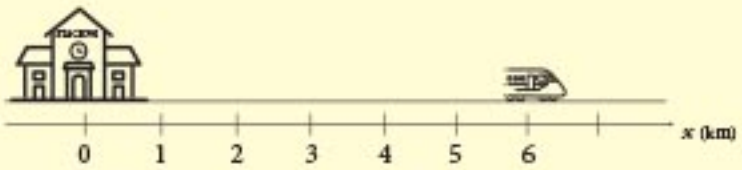
Që të përshkruhet lëvizja, është i nevojshëm **sistem referimi**, që paraqet sistem koordinativ të lidhur për një trup referimi.

Zgjedhja e saktë e sistemit të referimit tej mase mund ta lehtësojë përshkrimin e lëvizjes së trupit.

Shembull 1

Le të shqyrtojmë lëvizjen e një treni.

Për sistem të referimit do të marrim stacionin nga i cili niset treni (Figura 1). Qendrën e sistemit koordinativ e vendosim në stacion, ndërsa boshtin x e kahëzojmë sipas kahut të lëvizjes së trenit. Me zgjedhjen e këtillë të sistemit të referimit përshkrimi i lëvizjes do të jetë më i thjeshtë.



▲ **Figura 1.** Lëvizja e trenit e paraqitur me sistem referimi.

Lëvizja relative

Edhe kur qëndron në sipërfaqe të Tokës dhe mendon se je në qetësi, ti lëviz në lidhje me Diellin.

Lëvizja është relative – një trup mund të jetë në qetësi në një sistem referimi, dhe në të njëjtën kohë të lëvizë në sistemin tjetër të referimit.

Për shembull, udhëtarët në trenin që lëviz. Nëse sistemin e referimit e lidhim me Tokën, atëherë udhëtarët lëvizin së bashku me trenin. Por, nëse sistemi i referimit është treni në të cilin lidhet sistem koordinativ, atëherë udhëtarët janë në qetësi në lidhje me të. Ky shembull e tregon relativitetin e lëvizjes. Se një trup është në lëvizje apo qetësi, varet nga sistemi i përzgjedhur i referimit.

Pika materiale

Gjatë përshkrimit të lëvizjes së trupit, shpesh herë dimensionet e trupit nuk janë të rëndësishme për dukuri të dhënë fizike dhe të njëjtat mund të shpërfillen. Nëse e shqyrtojmë lëvizjen e automobilit, nuk na intereson lëvizja e rrotave të automobilit. Ose, nëse e shqyrtojmë lëvizjen e Hënës rreth Tokës, dimensionet e Hënës mund të shpërfillen.

Trupi dimensionet e të cilit shpërfillen kur përshkruhet lëvizja e tij quhet **pikë materiale**. Pika materiale është trupi i cili posedon masë, por nuk ka vëllim.

Pozita e pikës materiale përcaktohet me koordinata në sistem koordinativ.

Për shembull, kur shqyrtojmë lëvizjen e automobilit apo Hënës, automobili dhe Hëna paraqesin pika materiale.

Trajektorja, rruga e kaluar, zhvendosja

Le të shqyrtojmë lëvizjen e alpinistit në kushte dimërore, nëpër borë (figura 2).



▲ Figura 2. Alpinisti duke lëvizur nëpër borë të gjurmë.

Alpinisti duke lëvizur nëpër borë të gjurmë. Shtegu sipas të cilës lëviz alpinisti, të cilën në këtë rast mund ta shohim, quhet **trajektore**. Sipas formës së trajektores, lëvizjet ndahet në **drejtvizore** dhe **vijëpërkulura**.

Gjatësia e trajektores, mes dy pikave M_1 dhe M_2, që shtrihen në trajektore, quhet rrugë e kaluar s.

Njësia matëse për rrugën e kaluar është metri (m).

Nga ana tjetër, distanca më e vogël mes pozitës fillestare dhe përfundimtare të alpinistit paraqet zhvendosjen e tije (figura 3).

Zhvendosja $\Delta\vec{r}$ është vektori, i cili lidh pozitën fillestare dhe përfundimtare të trupit.



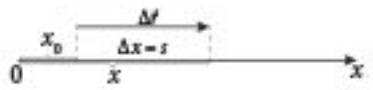
▲ Figura 3. Rruga e kaluar s dhe zhvendosja e alpinistit

Moduli i zhvendosjes është i barabartë me distancën më të vogël mes pozitës fillestare dhe përfundimtare të trupit lëvizjen e të cilit e shqyrtojmë, ndërsa kahu i zhvendosjes është gjithmonë prej pozitës fillestare kah pozita përfundimtare.

Kur lëvizja është drejtvizore, e shqyrtojmë në lidhje me një bosht të sistemit koordinativ. Më së shpeshti ai është boshti x. Modulin e zhvendosjes së trupit e shënojmë Δx dhe mund të llogaritet me formulën:

$$\Delta x = |x - x_0|$$

ku x është pozita përfundimtare deri tek e cila arrin trupi, ndërsa x_0 është pozita fillestare nga ku niset trupi (figura 4).



▲ Figura 4. Zhvendosja e trupit gjatë lëvizjes drejtvizore.

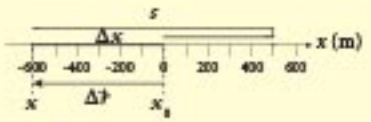
Shembull i zgjidhur

Iva niset nga shkolla dhe lëviz 500 m drejt perëndimit. Në rrugën e saj takohet me Anën dhe së bashku vendosin të shëtisin deri te parku, i cili është 600 m larg shkollës në jug. Sa është rruga e kaluar e Ivës dhe Anës, duke supozuar se ato gjatë tërë kohës lëvizin sipas një vije të drejtë (drejtëze) apo në mënyrë drejtvizore?

Zgjidhje:

Gjatë përshkrimit të lëvizjes drejtvizore sistemin koordinativ e përzgjedhim ashtu që boshti x të përputhet me drejtimin dhe kahun e lëvizjes së Ivës dhe Anës, me fillimin koordinativ në shkollë.

Le të shqyrtojmë së pari lëvizjen e Ivës. Shkolla nga ku niset Iva ka koordinatë $x_0 = 0$ m. Lëvizja, rruga e kaluar dhe zhvendosja e Ivës është paraqitur në sistemin koordinativ të dhënë në figurën 5.



▲ Figura 5. Lëvizja, rruga e kaluar dhe zhvendosja e Ivës

Vendi ku Iva takohet me Anën ka koordinatë $x = 500$ m. Në fund së bashku me Anën arrijnë deri te parku, i cili ka koordinatë $x = -600$ m.

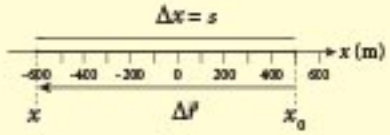
Rrugën e kaluar e shënojmë me s, ndërsa modulin e zhvendosjes e shënojmë me Δx

Rrugën e përgjithshme që do ta kalojë Iva është $s = 500\text{ m} + 500\text{ m} + 600\text{ m} = 1\,600\text{ m}$

Moduli i zhvendosjes së Ivës është:

$$\Delta x = |x - x_0| = |-600\text{ m} - 0\text{ m}| = 600\text{ m}$$

Tani le të shqyrtojmë lëvizjen e Anës. Për dallim nga Iva, Ana fillon të lëvizë nga vendi i takimit të tyre, i cili ka koordinatë $x_0 = 500$ m dhe lëviz deri te parku i cili ka koordinatë $x = -600$ m. Lëvizja e Anës është paraqitur në sistemin koordinativ dhe është dhënë në figurën 6.



▲ Figura 6. Rruga e kaluar dhe zhvendosja e Anës

Rruga e përgjithshme që do ta kalojë Ana është

$s = 500\text{ m} + 600\text{ m} = 1100\text{ m}$

Moduli i zhvendosjes së Anës, e cila lëviz në kahe të kundërt, është

$$\Delta x = |x - x_0| = |-600\text{ m} - 500\text{ m}| = 1100\text{ m}$$

dhe është e orientuar në kahun negativ të boshtit x.

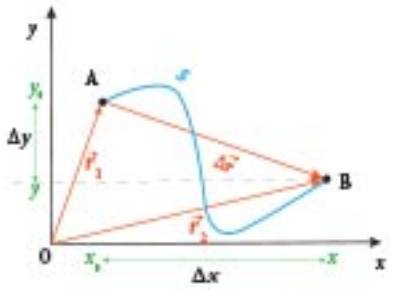
Mund të vërejmë se në rastin e Ivës rruga e kaluar është më e madhe se moduli i zhvendosjes, derisa në rastin e Anës rruga e kaluar dhe moduli i zhvendosjes janë të barabarta.

Rruga e kaluar është më e madhe ose e barabartë me modulin e zhvendosjes. Ato janë të barabarta vetëm në rastin kur trupi kryen lëvizje drejtvizore pa ndryshim të kahut.

Te rezultati përveç modulit të zhvendosjes duhet të tregohet edhe kahu i saj. Gjatë lëvizjes drejtvizore, janë të mundshme dy kahe të lëvizjes së trupit: në kahun pozitiv të boshtit x dhe në kahun negative të boshtit x. Në zgjidhje kahu mund të tregohet me shenjën "+" ose "–" që vendoset para vlerës numerike të zhvendosjes. Por, duhet të kemi kujdes sepse moduli i vektorit nuk mund të jetë negativ!

Mendo!

A do të ndryshonte diçka në shembullin e mëparshëm, nëse e zhvendos sistemin koordinativ ashtu që shkolla do të ndodhet në cilëndo koordinatë? Provo të zgjidhësh këtë shembull dhe të sqarosh nëse shkolla do të ndodhet në pikën me koordinatë – 200 m, ndërsa lëvizja e Anës dhe Ivës mbetet e pandryshuar.



▲ Figura 7. Rruga e kaluar dhe zhvendosja e trupit në hapësirë

Nëse do të dish më tepër:

➤ Zhvendosja në hapësirë (figura 7) llogaritet me formulën:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

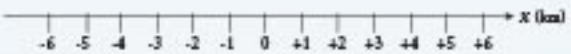
ku $\vec{r}_1$ dhe $\vec{r}_2$ quhen rrezevektorë. Rrezevektori është vektori që e përcakton pozitën e trupit në çdo çast të kohës. Fillimi i tij është në qendrën e sistemit koordinativ, , ndërsa fundi i tij në trupin që lëviz.

Moduli i vektorit të zhvendosjes llogaritet me formulën:

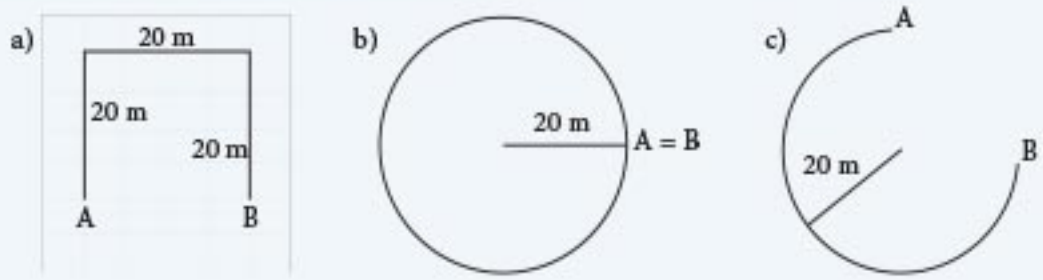
$$\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

Pyetje dhe detyra:

1. Ç'paraqet lëvizja mekanike? Trego disa shembuj të lëvizjes mekanike.
2. Me fjalë të tua përmes ndonjë shembull, sqaro kuptimin relativitet i lëvizjes.
3. Pse rruga e kaluar asnjëherë nuk mund të jetë më e vogël se zhvendosja?
4. Ivo duhet të blejë bukë dhe nga shtëpia e tij niset për te furra e cila ndodhet në distancë 300 m në perëndim, pastaj kthen në shitoren e cila ndodhet 400 m në veri të furrës për të blerë fruta. Më pas Ivo kthehet në shtëpi.
   a) Sa rrugë ka kaluar Ivo deri te shitorja dhe sa është zhvendosja e tij?
   b) Sa është rruga e përgjithshme që ka kaluar Ivo dhe sa është zhvendosja e tij?
5. Sara niset nga shtëpia e saj, e cila është e vendosur në fillimin koordinativ, dhe lëviz 3 km në perëndim. Në boshtin koordinativ shëno pozitën e saj fillestare dhe përfundimtare. Sa rrugë ka kaluar Sara dhe sa është zhvendosja e saj? A janë të barabarta këto dy madhësi në këtë rast?



6. Toni niset nga pika A dhe lëviz deri te pika B sipas trajektoreve të dhëna. Sa rrugë ka kaluar Toni dhe sa është zhvendosja e tij në të tre rastet?



2.2 Lëvizja drejtvizore e njëtrajtshme

Duke udhëtuar me tren Denisi vuri re se treni kalon përskaj shtyllave të vendosura përskaj shinave. Njëri nga kondukterët i tregoi se shtyllat ndodhen në distancë 80 m nga njëra tjetra. Në çastin kur Denisi ndodhej te shtylla e dhjetë vendosi që si detyrë projektuese në lëndën e fizikës të përshkruajë lëvizjen e trenit i cili lëviz në shina të drejta, dhe gjatë kësaj filloi t'i shkruajë rezultatet e tij.

Për të përshkruar lëvizjen e trenit, duhet të përcaktojë pozitën e tij x në çdo çast të kohës t. Për këtë qëllim, duhet të përcaktojë shpejtësinë e tij të lëvizjes dhe të gjejë formulën me të cilën do të mund të llogarisë ku do të ndodhet treni në lidhje me stacionin fillestar, nëse treni vazhdon të lëvizë në mënyrë të njëjtë.

Denisi në tabelë (tabela 1) e shënoi kohën (t) kur treni kalon përskaj shtyllës së re dhe pozitën (x) të trenit në atë çast në lidhje me stacionin hekurudhor. Për çastin fillestar e mori kohën kur treni ndodhej në shtyllën e 10-të, domethënë në largësi prej 800 m nga stacioni hekurudhor. Sistemin e referimit e vendosi me fillim në stacion dhe me kahe sipas lëvizjes së trenit.



▲ Figura 1. Treni kryen lëvizje drejtvizore

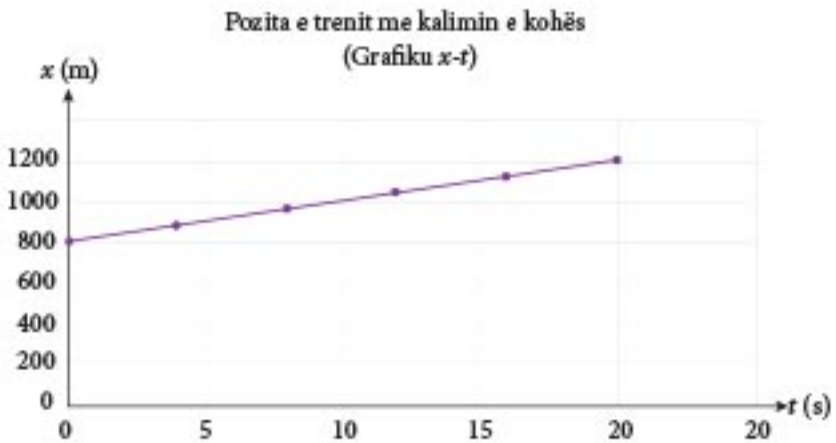
t (s)	x (m)
0	800
4	880
8	960
12	1040
16	1120
20	1200

▲ Tabela 1: Pozita e trenit në lidhje me kohën

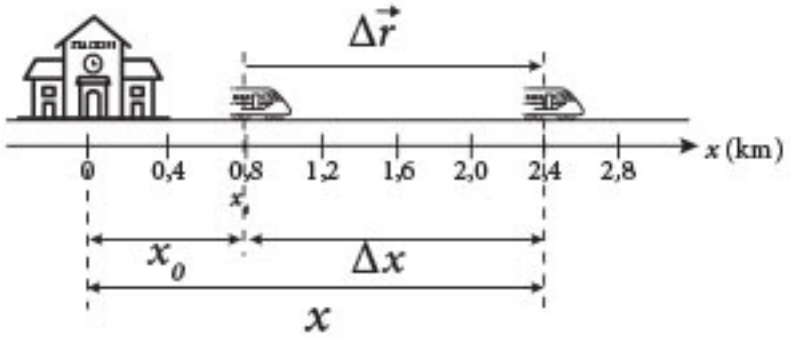
Pozita e trenit në lidhje me kohën dhe shpejtësia gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore

Mënyra më e thjeshtë që të vizualizohet ku ndodhet treni me kalimin e kohës është që lëvizja e trenit të paraqitet në grafik. Në këtë rast, varibla e pavarur është koha t dhe të njëjtën e vendosim në boshtin e abshisës. Varibala e varur është pozita, e cila varet nga koha e lëvizjes. Pozitën e trenit e vendosim në boshtin e ordinatës. Me këtë fitohet grafik i pozitës së trenit në lidhje me kohën, të cilin Denisi e ka vizatuar me softuer për përpunim të të dhënave tabelare (shembull: MS Excel).

Nga grafiku mund të përfundojmë se pozita e trenit ndryshon në mënyrë lineare në lidhje me kohën.



▲ Grafiku 1. Lëvizja e trenit e paraqitur me grafik të pozitës së trenit në lidhje me kohën



▲ Figura 2. Lëvizja e trenit e paraqitur në boshtin numerik

Ç,ndodh me trenin gjatë lëvizjes? Ai largohet nga stacioni hekurudhor. Kjo lëvizje e trenit mund të paraqitet edhe në boshtin numerik, të dhënë në figurën 2.

Nëse nga të dhënat e paraqitura në tabelë llogaritet herësi i zhvendosjes së trenit ndërmjet cilave do dy shtylla të njëpasnjëshme dhe intervalit kohor përkatës për shtyllat e njëjta, vërejmë se ky herës gjithnjë ka vlerë të njëjtë, domethënë është konstant. Ose, nëse e shkruajmë me formulë për disa zhvendosje fitohet:

$$\frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Provo se a do të fitosh vlerën e njëjtë nëse e njehëson herësin e zhvendosjes dhe kohës së kaluar mes cilave do dy shtylla.

Herësi i zhvendosjes dhe intervalit të kohës për të cilën ndodh ajo zhvendosje, quhet shpejtësi e trupit.

Kur treni kryen lëvizje drejtvizore pa mos e ndryshuar kahun e lëvizjes, shpejtësia e tij llogaritet me formulën:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Sipas barazimit, shpejtësia mund të definohet si herës i zhvendosjes dhe kohës.

ku $\Delta x = x - x_0$ është moduli i zhvendosjes së trenit në intervalin e kohës $\Delta t = t - t_0$, x_0 është koordinata (pozita) e trupit në çastin fillestar t_0, ndërsa x është koordinata (pozita) e trenit në çastin t.

Njësia për shpejtësinë është metër për sekondë (m/s). Shpejtësia e trupit është $1\frac{\text{m}}{\text{s}}$ kur trupi për kohën prej 1 s kalon rrugë prej 1 m.

Shpejtësia e definuar në këtë mënyrë është madhësi skalare. Por, zhvendosja $\Delta\vec{r}$ është madhësi vektoriale, prandaj edhe shpejtësia është madhësi vektoriale. Shpejtësia si vektor definohet në këtë mënyrë:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Nga barazimi vërejmë se drejtimi dhe kahu i shpejtësisë janë të njëjta me drejtimin dhe kahun e zhvendosjes.

Lëvizja e trenit sipas binarëve të drejtë, kur treni kryen lëvizje drejtvizore, ashtu që shpejtësia e tij nuk ndryshon, është shembull i llojit më të thjeshtë të lëvizjes.

Lëvizja e trupit nëpër vijë të drejtë (drejtëz) me shpejtësi konstante, quhet lëvizje drejtvizore e njëtrajtshme.

Gjatë lëvizjes së trenit ndryshojnë koordinatat e tij, gjatë të cilës moduli i zhvendosjes së trenit është $\Delta x = x - x_0$

Nga barazimi skalar i shpejtësisë rrjedh se moduli i zhvendosjes së trenit llogaritet sipas formulës:

$$\Delta x = v\Delta t \text{ domethënë } x - x_0 = v\Delta t$$

Zakonisht me matjen e kohës fillojmë në çastin kur treni ndodhet në pozitën x_0, që do të thotë marrim se $t_0 = 0$. Për këtë arsye, intervalin e kohës mund ta shkruajmë më thjeshtë si $\Delta t = t - t_0 = t - 0 = t$. Nëse duam ta përcaktojmë pozitën e trenit në cilindo çast t, shkruajmë:

$$x = x_0 + vt\,.$$

Me këtë barazim përcaktohet në tërësi pozita e trenit në çdo çast të kohës gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore.

Grafiku i pozitës së trupit në lidhje me kohën

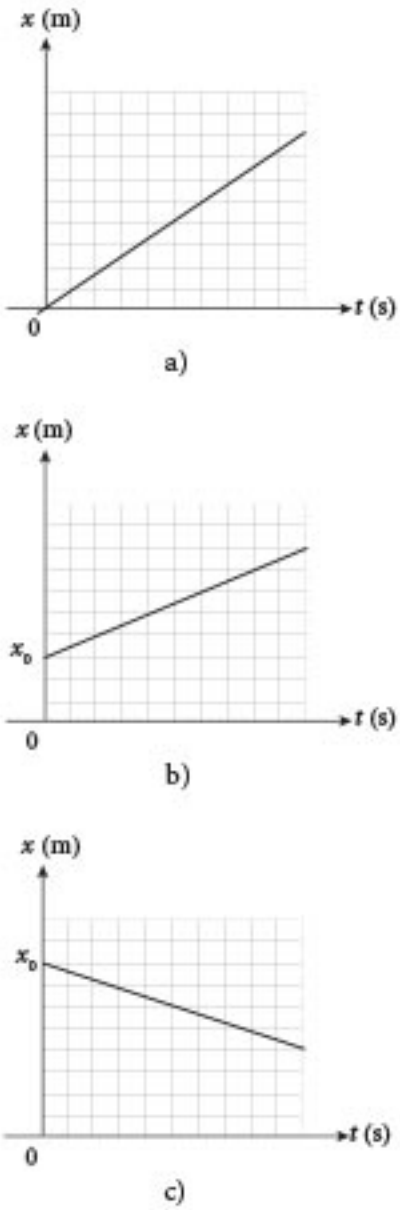
Grafiku i pozitës së trenit është vijë e drejtë e cila tregon si ndryshon pozita e trupit në lidhje me kohën.

Përderisa treni lëviz në kahun pozitiv të boshtit x vlera e koordinatës do të rritet, zhvendosja do të jetë pozitive. Në mënyrë analoge, shpejtësia do të jetë pozitive. Në të kundërt, lëvizja në kahun negativ të boshtit x ka shpejtësi negative.

Në varësi të kahut të lëvizjes së trenit në lidhje me boshtin x barazimin për koordinatën që e përcakton pozitën e trenit, e shkruajmë në formën:

$$x = x_0 \pm vt$$

Në grafikët 2 a), b) dhe c) janë dhënë pozitat e tre trenave në lidhje me kohën.

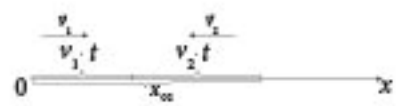


▲ **Grafiku 2.** Grafiku i pozitës së 3 trenave në lidhje me kohën

a) Grafiku i pozitës së trenit në lidhje me kohën në rastin kur treni lëviz nga fillimi koordinativ në kahun pozitiv të boshtit x. Barazimi i lëvizjes së trenit është: $x = vt$, ndërsa shpejtësia ka vlerë pozitive.

b) Grafiku i pozitës së trenit në lidhje me kohën në rastin kur treni lëviz në kahun pozitiv të boshtit x dhe niset nga vendi me koordinatë x_0. Barazimi i lëvizjes së këtij treni është $x = x_0 + vt$.

c) Grafiku i pozitës së trenit në lidhje me kohën në rastin kur treni lëviz në kah e kundërt me boshtin x dhe niset nga vendi me koordinatë x_0. Barazimi i lëvizjes së këtij treni jepet me formulën: $x = x_0 - vt$.



▲ Figura 2. Skica e lëvizjes së Pjetrit dhe Miles

Shembull i zgjidhur 1:

Pjetri dhe Mile me automobilat e tyre nisen njëkohësisht nga dy qytete, njëri kah tjetri. Distanca mes dy qyteteve është $x_0 = 35$ km. Pjetri lëviz me shpejtësi konstante $v_1 = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, ndërsa Mile me shpejtësi $v_2 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Njehso vendin e tyre të takimit. Detyra të zgjidhet në mënyrë analitike dhe grafike.

Kështillë:

Për zgjidhje më të lehtë të detyrës është e nevojshme që të bëhet skicë në të cilën do të shënohen të gjitha madhësitë fizike me ndihmën e të cilave zgjidhet detyra.

Është dhënë:

$$x_0 = 35\,\text{km} = 35000\,\text{m} = 35 \cdot 10^3\,\text{m};\ v_1 = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 54 \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$v_2 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kërkohet:

$t = ?$ $x = ?$

Zgjidhje:

Të dy qytetet, respektivisht të dy pozitat fillestare të Pjetrit dhe Miles vendosen në boshtin e dhënë x. Pozitën e Miles e vendosim në fillimin koordinativ.

Shënohen barazimet për koordinatat e lëvizjes së dy automobilave:

Mile:

$$x_1 = x_{01} + v_1 t \quad x_{01} = 0$$

$$x_1 = v_1 t$$

Pjetri:

$x_2 = x_{02} - v_2 t \quad x_{02} = x_0$

$x_2 = x_0 - v_2 t$

Në çastin kur automobilat do të takohen, koordinatat e tyre do të jenë të barabarta:

$x_1 = x_2$

$\Rightarrow v_1 t = x_0 - v_2 t$

Me zgjidhjen e barazimit, për kohën t të takimit të tyre fitojmë:

$v_1 t + v_2 t = x_0$

$t(v_1 + v_2) = x_0$

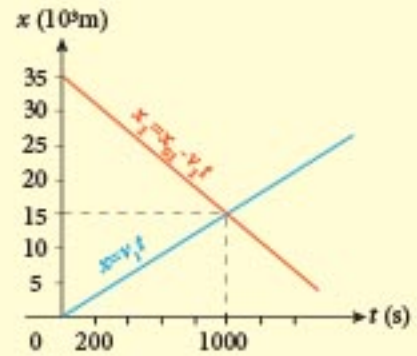
$$t = \frac{x_0}{(v_1 + v_2)} = \frac{35 \cdot 10^3 \text{ m}}{(15 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}})} = 1000 \text{ s}$$

Domethënë, ata do të takohen pas 1000 s. Me zëvendësimin e kësaj vlere në barazimet për koordinatën e takimit të tyre, kemi:

$$x_1 = x_2 = x = v_1 t = 15 \frac{\text{m}}{s} \cdot 1000 \text{s} = 15000 \text{ m} = 15 \cdot 10^3 \text{ m} = 15 \text{ km}$$

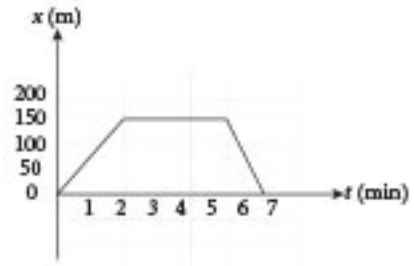
Vendi ku takohen Pjetri dhe Mile ndodhet 15 km nga qyteti i Miles, në drejtim të qytetit të Pjetrit.

Pika ku priten drejtëzat që paraqesin lëvizjen e Miles dhe Pjetrit japin vendin e takimit ku ata do të takohen (grafiku 3).



▲ Grafiku 3. Grafiku i lëvizjes së Pjetrit dhe Miles

Por çfarë mund të përcaktohet nga një grafik i pozicionit të trupit me kalimin e kohës? Për t'iu përgjigjur kësaj pyetjeje, jepet një shembull.



▲ Grafiku 4. Pozita e Sarës në lidhje me kohën

Shembull i zgjidhur 2:

Është dhënë lëvizja e Sara e cila niset nga shtëpia dhe shkon në shitore e cila ndodhet në largësi 150 metra nga shtëpia e saj. Sipas të dhënave të grafikut 4 përcaktoni:

a) Ku ndodhet Sara 3 minuta pas nisjes nga shtëpia?
b) Sa është rruga e përgjithshme që e kalon Sara?
c) Sa është zhvendosja e saj?
ç) Në cilin interval kohor Sara lëviz me shpejtësi më të madhe dhe sa është ajo shpejtësi?
d) Në cilin interval kohor Sara ka qenë në shitore, e kur është kthyer prapa?

Zgjidhje:

a) Tre minuta pas daljes nga shtëpia Sara ka pasur koordinatë 150 m dhe ndalet. Domethënë ndodhet në shitore.

b) Rruga e përgjithshme që e kalon Sara është shuma e rrugës që e kalon nga shtëpia deri në shitore dhe prapa. Domethënë:

$$s = s_1 + s_2 = 150\,\text{m} + 150\,\text{m} = 300\,\text{m}$$

c) Zhvendosja e Sarës është

$$\Delta x = x - x_0 = 0\,\text{m} - 0\,\text{m} = 0\,\text{m}$$

ç) Sara 2 minutat e para dhe nga minuta e 6-të deri në minutën e 7-të ka lëvizur me shpejtësi të ndryshme.

$$v_{0-2} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{\Delta t} = \frac{150\,\text{m} - 0\,\text{m}}{2\,\text{min}} = \frac{150\,\text{m}}{120\,\text{s}} = 1{,}25\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{6-7} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{\Delta t} = \frac{0\,\text{m} - 150\,\text{m}}{1\,\text{min}} = -\frac{150\,\text{m}}{60\,\text{s}} = -2{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Shenja "–" te shpejtësia tregon se Sara ka lëvizur në kahe të kundërt prapa, kah pika fillestare.

Nga rezultatet e fituara mund të përfundojmë se Sara ka lëvizur më shpejt gjatë kthyerjes në shtëpi. Nëse krahasojmë vijën e drejtë që paraqet lëvizjen e saj gjatë shkuarjes në shitore me vijën e drejtë që paraqet lëvizjen e saj gjatë kthyerjes në shtëpi, do të vërejmë se pjerrtësia e vijës së drejtë gjatë kthyerjes është më e madhe, që do të thotë shpejtësia e lëvizjes në atë pjesë është më e madhe. Kjo gjë vërehet edhe nga llogaritjet.

Mund të përfundojmë se sa më e madhe është pjerrtësia e drejtëzës në grafikun $x(t)$ aq më e madhe është edhe shpejtësia e lëvizjes.

d) Sara ka qenë në shitore nga minuta e 2-të deri minutën e 6-të, meqë në shtëpi kthehet nga minuta e 6-të deri minutën e 7-të.

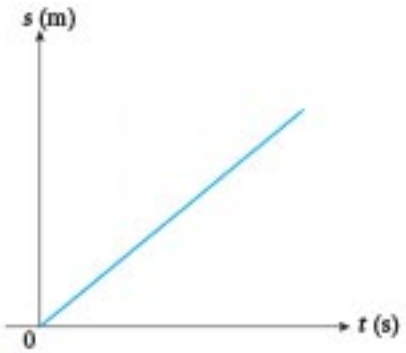
A mund të japësh përgjigje tani ç'mund të përcaktohet nga grafiku për pozitën e trupit në lidhje me kohën?

Grafiku i rrugës së kaluar gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore

Për dallim nga grafiku për pozitën e trupit i cili në çdo çast na tregon ku ndodhet trupi, grafiku i rrugës së kaluar na tregon sa rrugë ka kaluar trupi në lidhje me kohën. Gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore grafiku i rrugës së kaluar:

1. është vijë e drejtë e cila fillon nga fillimi koordinativ, sepse në çastin fillestar rruga e kaluar është $s = 0$ m
2. është funksion katror sepse rruga që e kalon trupi gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore tërë kohën rritet pa dallim në cilin kah lëviz trupi
3. mund të jetë vijë e drejtë horizontale, meqë ka periudha kur trupi është në qetësi.

Grafiku i rrugës së kaluar të trupit gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore në lidhje me kohën është dhënë në grafikun 5.



▲ Grafiku 5. Grafiku i rrugës së kaluar gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore

Nga grafiku i rrugës së kaluar në lidhje me kohën mund të përcaktohet me çfarë shpejtësie ka lëvizur trupi në lidhje me kohën, por nga ky grafik mund të përcaktohet edhe kahu i lëvizjes së trupit.

Sipas të dhënave të grafikut nga shembulli i zgjidhur 2, vizato grafikun e shpejtësisë së Sarës në lidhje me kohën dhe grafikun e rrugës së kaluar në lidhje me kohën.

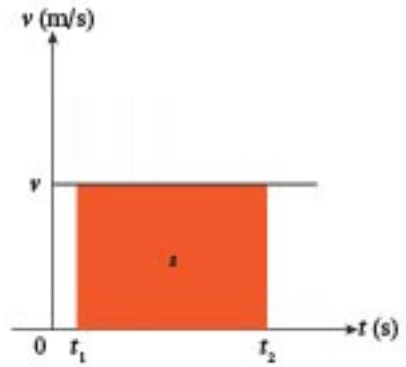
Ç'mund të përfundosh?

Kujdes:

Tani në ordinatë është paraqitur madhësi tjetër fizike, pra rruga e kaluar. Gjithmonë lexoni me kujdes se ç'është shkruar në boshtet e grafikut.

Grafiku i shpejtësisë gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore

Grafiku i shpejtësisë së trupit e tregon shpejtësinë e trupit në çdo çast të kohës. Gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore ky grafik paraqet vijë të drejtë paralele me boshtin e kohës (abshisën), siç është treguar në grafikun 6.



▲ Grafiku 6. Grafiku i shpejtësisë së trupit gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore

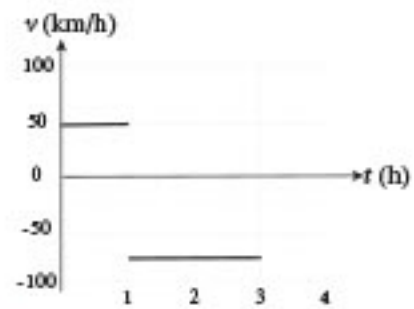
Por, përveç shpejtësisë së trupit, çka tjetër mund të përcaktohet nga grafiku i shpejtësisë së trupit në lidhje me kohën?

Le të llogarisim syprinën e sipërfaqes së hijezuar të grafikut. Kërkojmë syprinën e sipërfaqes së drejtkëndëshit, e cila llogaritet si prodhim i lartësisë dhe gjatësisë së drejtkëndëshit. Në këtë grafik lartësia e drejtkëndëshit është v, domethënë vlera e shpejtësisë, ndërsa gjerësia t_2-t_1, domethënë gjatësia e intervalit të kohës. Prodhimi i tyre do të jetë $v\,(t_2\text{-}t_1)$, që është i barabartë me rrugën e kaluar s.

Rrjedh se nga grafiku i shpejtësisë së trupit në lidhje me kohën mund të llogaritet edhe rruga s të cilën do ta kalojë trupi për intervalin e kohës Δt.

Shembull i zgjidhur 3:

Në grafik është paraqitur shpejtësia e automobilit që e vozit Beni në lidhje me kohën (grafiku 7). Përcaktoni zhvendosjen dhe rrugën e kaluar nga Beni pas 2 orëve nga fillimi i lëvizjes.



▲ Grafiku 7. Grafiku i shpejtësisë së automobilit të Benit në lidhje me kohën

Zgjidhje:

Në orën e parë ka vozitur me shpejtësi 50 km/h, ndërsa rruga që e ka kaluar Beni është:

$$s_1 = v_1 t_1 = 50\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1\text{h} = 50\ \text{km}$$

Më pastaj Beni e ka ndryshuar kahun e lëvizjes së tij dhe në dy orët e tjera ka vozitur me shpejtësi prej 75 km/h. Në orën e dytë të vozitjes ai kalon rrugë:

$$s_2 = v_2 t_2 = 75\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1\text{h} = 75\ \text{km}$$

por duke vozitur në kah të kundërt nga kahu i vozitjes në orën e parë.

Rruga e përgjithshme që e ka kaluar Beni është $s = s_1 + s_2 = 50\,\text{km} + 75\,\text{km} = 125\,\text{km}$

Ndërsa zhvendosja e tij është 25 km në kah të kundërt nga kahu i vozitjes në çastin fillestar.

Nëse do të dish më tepër:

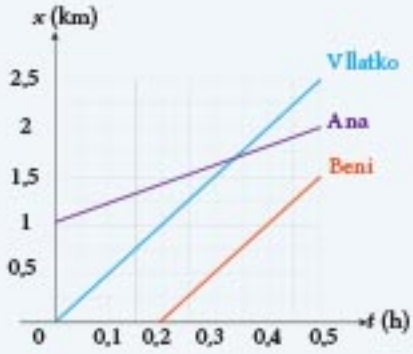
Drita kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme. Shpejtësia e dritës në vakum(c) është shpejtësia maksimale në natyrë. Shpejtësia e cilitdo trup apo cilësdo grimcë, si edhe shpejtësia e përhapjes së ndonjë sinjali, nuk mund të jetë më e madhe se c. Drita e Diellit deri në Tokë udhëton përafërsisht 8 min e 20 s. Kjo do të thotë se kur e shikojmë Diellin, ne jemi duke parë ashtu si ka qenë ai para 8 min e 20 s. Shpejtësia më e madhe e arritur në akseleratorin e grimcave (Large Hadron Collider – LHC, Cern, Zvicër), është shumë afër me shpejtësinë e dritës dhe është 99,999999% e shpejtësisë së dritës në vakum. Për më tepër: https://home.cern



▲ https://home.cern

Pyetje dhe detyra:

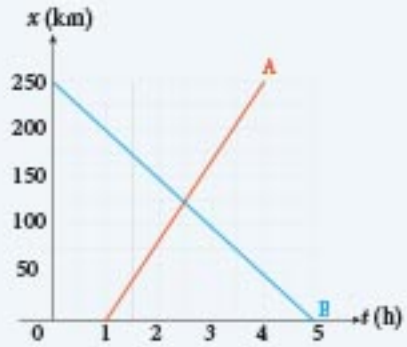
1. Në grafik është paraqitur lëvizja e tre shokëve. Sipas të dhënave të grafikut gjeni:



   a) Cili lëviz me shpejtësi më të madhe?
   b) Sa është shpejtësia e Anës, Benit dhe Vllatkos?
   c) A do të takohen që të tre në ndonjë çast të kohës?
   ç) A do të takohen diku Beni dhe Vllatko?
   d) Cili e ka filluar lëvizjen e tij më së voni dhe pas sa kohe nga të e tjerët?
   dh) Sa janë larg nga njëri tjetri Ana dhe Vllatko pasi të kalojë gjysmë ore, dhe sa pas kalimit të 1 ore?
   e) Sa rrugë do të kalojë secili prej tyre pas 45 minutave?

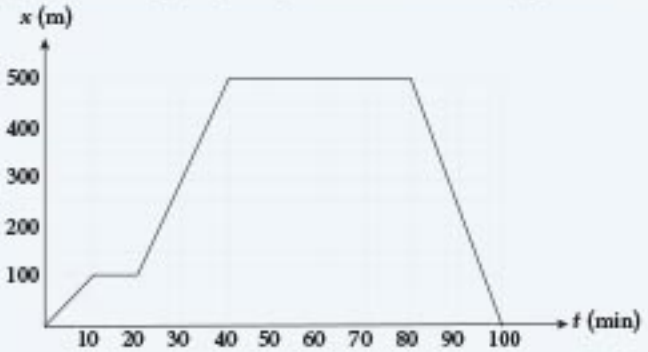
f) Vizato grafikun e shpejtësisë së lëvizjes në lidhje me kohën për lëvizjen e Anës, Benit dhe Vllatkos?

2. Në grafik është paraqitur lëvizja e dy automobilave shënuara me A dhe B.



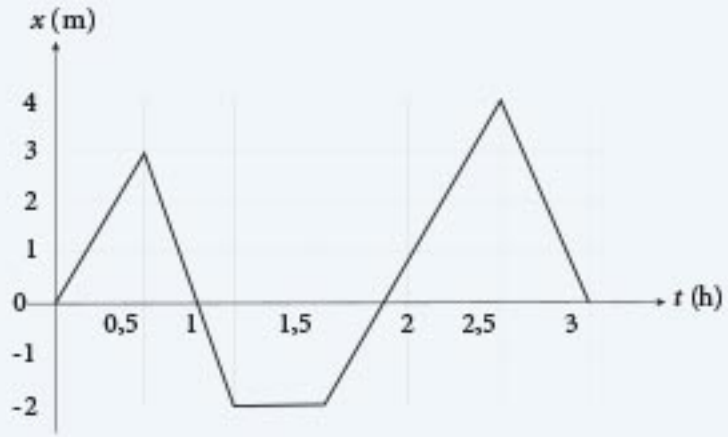
a) Në çfarë distance kanë qenë para se të nisen?
b) Me çfarë shpejtësie lëvizin automobilat?
c) A nisen njëkohësisht?
ç) A do të takohen? Nëse përgjigja është PO, kur dhe ku do të takohen?
d) Vizato grafikun e shpejtësisë së lëvizjes në lidhje me kohën për të dy automobilat.

3. Ana e viziton shoqen e saj Melekun. Në grafik është paraqitur pozita e Anës në lidhje me shtëpinë e saj gjatë kalimit të kohës.



a) Sa është rruga e përgjithshme që e ka kaluar Ana?
b) Pas sa kohe Ana arrin te Meleku?
c) Sa larg njëra tjetrës jetojnë Ana dhe Meleku?
ç) A e ndryshon Ana shpejtësinë e saj gjatë kohës së lëvizjes?
d) Kur ka lëvizur me shpejtësi më të madhe?
dh) Sa kohë ka qëndruar si mysafire?
e) Për sa kohë është kthyer në shtëpi?
ë) Sa është zhvendosja e Anës?
f) Vizato grafik të shpejtësisë së lëvizjes në lidhje me kohën për Anën.

4. Sipas grafikut të dhënë përshkruaj lëvizjen e një çiklisti.



5. Është dhënë lëvizja e Mateut nga shtëpia deri në shkollë. Mateut i nevojiten 20 minuta që të arrijë në shkollë. Sot Mateu ka dalë 5 minuta më herët, sepse i duhet të blejë mëngjesin në furrën e cila ndodhet në largësi 500 m nga shtëpia e tij rrugës për në shkollë. Në furrë Mateu ka arritur 5 minuta pas nisjes nga shtëpia. Dy minuta ka pritur në radhë dhe kur ka ardhur koha të paguajë ka vërejtur se kuletën e tij e ka harruar në shtëpi. Me vrap për 2 minuta ka arritur në shtëpinë e tij, aty ka qëndruar për 1 minutë duke kërkuar kuletën dhe pa u ndalë sërish në furrë ka arritur në shkollë. Në shkollë ka arritur saktë në çastin kur ka rënë zilja e shkollës.

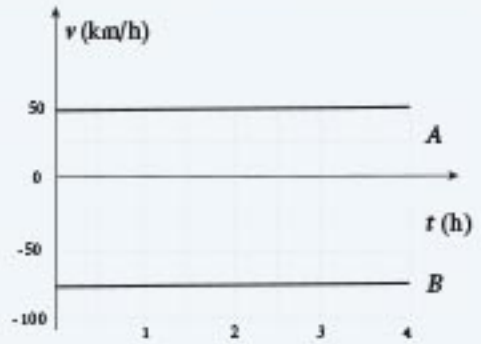
   Sipas përshkrimit të lëvizjes së Mateut për në shkollë, vizato grafikun në të cilin tregohet pozita e Mateut në lidhje me kohën dhe grafikun e shpejtësisë së Mateut në lidhje me kohën.

6. Në grafik është dhënë lëvizja e dy automobilave të cilët në çastin fillestar ndodhen në të njëjtin vend.

   a) Njehso rrugën e kaluar nga dy automobilat për kohë prej 3 orësh.

   b) Cili nga automobilat pas kalimit të 2 orëve do të jetë më larg nga pika fillestare?

   c) Sa do të jetë distanca ndërmjet automobilave pas 2,5 orëve nga fillimi i lëvizjes?



7. Nga i njëjti vend nisen dy këmbësorë. I pari kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme me shpejtësi $v_1 = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, ndërsa i dyti me shpejtësi $v_2 = 3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Njehso distancën ndërmjet tyre pas kohës së kaluar prej $t = 10\,\text{s}$. Detyra të zgjidhet në mënyrë analitike dhe grafike.

8. Nga një vend i caktuar çiklisti niset dhe kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme me shpejtësi konstante $v_1 = 20\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Nga po i njëjti vend, me një vonesë prej $\Delta t = 20\,\text{s}$, niset çiklisti tjetër në kah të kundërt dhe lëviz me shpejtësi konstante $v_2 = 18\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Pas çfarë kohe të kaluar t, nga fillimi i lëvizjes së çiklistit të parë, distanca mes dy çiklistëve do të jetë $\Delta x = 1\,\text{km}$?

2.3 Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar

Në jetën e përditshme numri më i madh i lëvizjeve nuk janë të njëtrajtëshme.

Shembull, automobili nuk lëviz me shpejtësi të njëjtë gjatë tërë udhëtimit. Ai niset nga parkingu, ndalet në semafor, e pastaj vazhdon më tej. Kjo do të thotë se shpejtësia e automobilit gjatë lëvizjes vazhdimisht ndryshon. Lëvizja e tillë quhet lëvizje e ndryshueshme. Që të mund të përshkruhet lëvizja kur shpejtësia ndryshon, do të njihemi edhe me disa madhësi të tjera fizike.

Shpejtësia mesatare

Shpejtësia mesatare është shpejtësia "mesatare" me të cilën trupi lëviz gjatë një intervali të caktuar të kohës.

Herësi mes zhvendosjes së përgjithshme të trupit dhe kohës së përgjithshme të lëvizjes quhet shpejtësi mesatare e lëvizjes.

Shpejtësia mesatare e lëvizjes jepet me barazimin

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Shpejtësia mesatare e lëvizjes në formë skalare gjatë lëvizjes së ndryshueshme drejtvizore mund të shkruhet edhe si herë i rrugës së përgjithshme të kaluar dhe kohës së nevojshme që të kalohet ajo rrugë, domethënë

$$v_m = \frac{s}{\Delta t}.$$

Njësia matëse fizike për shpejtësinë mesatare është metër për sekondë (m/s).

Shembull i zgjidhur 1:

Qeni vrapon që të kapë topin të cilin e ka hedhur pronari (figura 1). Në sekondën e parë të lëvizjes qeni ka kaluar rrugë prej $s_1 = 3\,\text{m}$, në sekondën e dytë ka kaluar rrugë prej $s_2 = 4\,\text{m}$, ndërsa në sekondën e tretë ka kaluar rrugë prej $s_3 = 5\,\text{m}$. Njehso shpejtësinë mesatare të qenit për kohën e tërë rrugës së kaluar.



▲ Figura 1. Qeni vrapon pas topit

Është dhënë:

$s_1 = 3\,\text{m}$, $s_2 = 4\,\text{m}$, $s_3 = 5\,\text{m}$

$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = 1\,\text{s}$

Kërkohet:

$v_m = ?$

Zgjidhje:

E shënojmë barazimin themelor për shpejtësi mesatare $v_m = \frac{s}{\Delta t}$

sepse qeni në të gjitha intervalet e ndryshme kohore kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme, por me shpejtësi të ndryshme. Rruga e përgjithshme është shuma e rrugëve të veçanta të kaluara S_1, S_2 dhe S_3.

Në mënyrë të ngjashme fitohet edhe rruga e përgjithshme e kaluar. Pra, shkruajmë

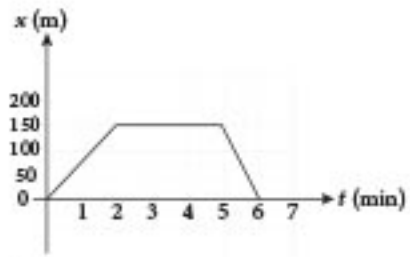
$$v_m = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}$$

$$v_m = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3} = \frac{3\text{ m} + 4\text{ m} + 5\text{ m}}{1\text{ s} + 1\text{ s} + 1\text{ s}} = \frac{12\text{ m}}{3\text{ s}} = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

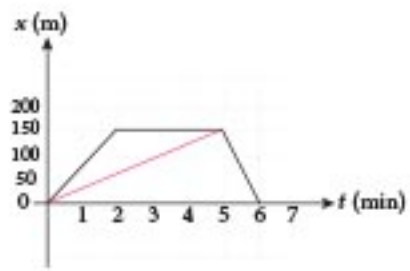
Me futjen e shpejtësisë mesatare te lëvizja e ndryshueshme, në pjesë të rrugës, lëvizja e ndryshueshme mund të paraqitet si lëvizje e njëtrajtshme drejtvizore me shpejtësi të barabartë me shpejtësinë mesatare.

Kjo shpejtësi e trupit mund të përcaktohet edhe nga grafiku i pozitës së trupit në lidhje me kohën edhe atë, mes cilavedo dy pozita të trupit, ajo të llogaritet me formulën

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



▲ Grafiku 1a. Pozita e Sarës në lidhje me kohën kur ajo lëviz me shpejtësi të ndryshueshme



▲ Grafiku 1b. Pozita e Sarës në lidhje me kohën kur ajo lëviz me shpejtësi të ndryshueshme. Pjerrtësia e vijës së drejtë të kuqe e jep shpejtësinë mesatare të Sarës në 5 minutat e parë.

Shembull i zgjidhur 2:

Le të përcaktojmë shpejtësinë mesatare të Sarës në 5 minutat e parë, lëvizja e të cilës është dhënë në grafikun 1.

Zgjidhje:

Në fund të minutës së pestë Sara ndodhet në shitoren me koordinatë 150 m.

Shpejtësia mesatare e Sarës në pesë minutat e para është

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{150\text{ m}}{5\text{ min}} = 30\frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Shpejtësia e çastit



▲ Figura 2. Shpejtësimatësi i cili tregon se automobili lëviz me shpejtësi 50 km/h

Gjatë lëvizjes të gjitha automjetet e kanë të domosdoshme që të respektojnë shenjat e komunikacionit të cilat e kufizojnë shpejtësinë e lëvizjes. Nëse e dimë vetëm shpejtësinë mesatare të lëvizjes, nuk mund të kemi informacion në lidhje me respektimin e kufizimit të shpejtësisë në çdo çast të kohës. Nga ky shembull mund të kuptohet nevoja për futjen e një madhësie të re fizike të quajtur **shpejtësi të çastit**, e cila na jep informacion për shpejtësinë e trupit në çdo çast të kohës. Se sa është kjo shpejtësi tek automjetet mund të lexohet te shpejtësimatësit që ato i posedojnë (figura 2).

Shpejtësia e çastit llogaritet përmes zhvendosjes së trupit të kryer në interval shumë të shkurtër kohor, domethënë

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \text{ kur } \Delta t \to 0$$

Apo kur trupi kryen lëvizje drejtvizore:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ kur } \Delta t \to 0$$

Nxitimi

Ekipi i AMZ Racing nga Zvicra në vitin 2023 me një automobil elektrik vendosi rekord botëror, duke arritur shpejtësinë prej 100 km/h (ose 27,78 m/s) për vetëm 0,956 sekonda. Kjo do të thotë se automobili për më pak se një sekondë nga gjendja e qetësisë ka arritur shpejtësinë që në autostradë arrihet për disa sekonda. Ndryshimi i shpejtë i shpejtësisë, pra koha për ndryshimin e shpejtësisë nga 0 deri 100 km/h, është njëri nga treguesit më të rëndësishëm për atë se çfarë mundësish kanë automobilat. Gjatë lëvizjes së këtillë shpejtësia e automobilit ndryshon në çdo çast të kohës.

Ndryshimi i shpejtësisë në njësi të kohës quhet nxitim

Njësia matëse fizike për nxitim është metër për sekondë në katror (m/s^2). Nxitimi është $1\frac{m}{s^2}$ kur shpejtësia e trupit për kohë prej 1 s ndryshon për $1\frac{m}{s}$.

Nxitimi mund të ndryshojë gjatë lëvizjes, prandaj shpesh përdoret **nxitimi mesatar**, i cili përcaktohet me formulën

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Nxitimi mesatar paraqet madhësi vektoriale, drejtimi dhe kahu i të cilit përputhet me drejtimin dhe kahun e vektorit të ndryshimit të shpejtësisë $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.

Për madhësinë e nxitimit mesatar fitohet $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Nxitimi i trupit mund të jetë pozitiv ($a > 0$), kur shpejtësia e trupit rritet dhe negativ ($a < 0$), kur shpejtësia e trupit zvogëlohet, domethënë kur trupi ngadalëson.

Shembull i zgjidhur 3:

Shpejtësia e automobilit për 5 s rritet nga 54 km/h deri 72 km/h. Sa është nxitimi mesatar i automobilit?

Është dhënë:

$$v_1 = 54\,\text{km/h} = 54\frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 15\frac{\text{m}}{\text{s}};\ v_2 = 72\,\text{km/h} = 72\frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}};\ \Delta t = 5\,\text{s}$$

Kërkohet:

$a_m = ?$

Zgjidhje:

$$a_m = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{20\,\text{m/s} - 15\,\text{m/s}}{5\,\text{s}} = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



▲ Figura 3. Automobili i cili nga gjendja e qetësisë lëviz sipas një rruge të drejtë

Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar

Ivani ka hulumtuar lëvizjen e automobilit i cili niset nga gjendja e qetësisë dhe lëviz në trajektore të drejtë (figura 3).

Për të llogaritur nxitimin e automobilit ai e ka shkruar shpejtësinë e automobilit që e lexon nga shpejtësimatësi i automobilit çdo 5 s. Rezultatet i ka vendosur në tabelë (tabela 1) dhe i ka paraqitur në grafik, në të cilin është paraqitur varësia e shpejtësisë së automobilit e shprehur në m/s në lidhje me kohën.

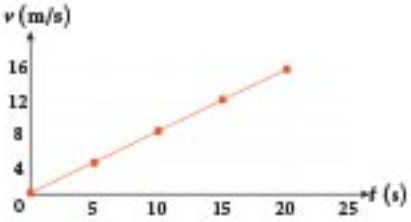
t (s)	v (km/h)	v (m/s)
0	0	0
5	15	4,2
10	29	8,1
15	43	11,9
20	58	16,1

▲ Tabela 1: Shpejtësia e automobilit në lidhje me kohën

Nga grafiku 2 i shpejtësisë në lidhje me kohën ai e ka llogaritur nxitimin e automobilit për çdo 5 s dhe ka fituar që ajo është konstante, domethënë

$$\frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2} = \frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3} = const = 2,0\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ai ka përfunduar se automobili ka kryer lëvizje njëtrajtësisht të nxituar. Ai ka gjetur se kjo lëvizje është shembull për lëvizjen njëtrajtësisht të nxituar, lëvizje kjo për të cilën tanimë kishte mësuar në shkollë. Poashtu, ka rikujtuar se rruga e lëvizjes ishte vijë e drejtë.



▲ **Grafiku 2.** Grafiku i shpejtësisë së automobilit në lidhje me kohën

Lëvizja e trupit sipas një vije të drejtë, gjatë të cilës nxitimi i trupit është konstant, quhet lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar.

Nxitimi i trupit në lidhje me kohën mund të paraqitet në grafik (grafiku 3). Mund të vërehet se grafiku është vijë e drejtë paralele me boshtin e kohës (boshtin e abshisës). Kjo do të thotë se vlera e nxitimit në çdo çast të kohës është e pandryshueshme.



▲ **Grafiku 3.** Grafiku i nxitimit në lidhje me kohën gjatë lëvizjes njëtrajtësisht të nxituar

Ligji i shpejtësisë te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar

Nga barazimi për nxitim

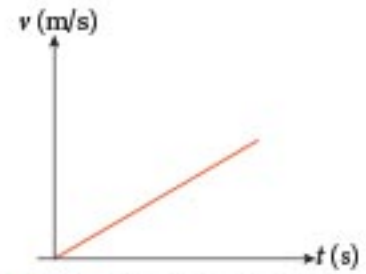
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

Ivani e shënoi edhe barazimin se si ndryshon shpejtësia e automobilit në çdo çast të kohës

$$v = v_o + a\,\Delta t$$

Barazimi me të cilin mund të përcaktohet shpejtësia e automobilit në çdo çast të kohës quhet **ligji i shpejtësisë**.

Duke qenë se automobili është nisur nga gjendja e qetësisë, domethënë në $t_0 = 0$ s, shpejtësia e tij është $v_0 = 0$ m/s. Ivani ligjin e shpejtësisë për automobilin të cilin e ka vozitur e ka shënuar si $v = at$.



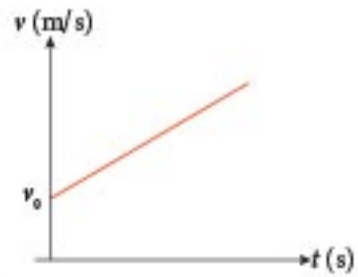
▲ **Grafiku 4a.** Grafiku i shpejtësisë në lidhje me kohën gjatë lëvizjes njëtrajtësisht të nxituar

Grafiku i shpejtësisë te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar

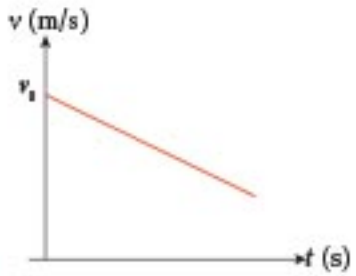
Grafikët e shpejtësisë së lëvizjes së trupit janë vija të drejta të cilat tregojnë si ndryshon shpejtësia e trupit me kalimin e kohës.

Gjatë lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore të trupit, në varësi nga ajo se trupi në çastin fillestar a ka nisur nga gjendja e qetësisë apo ka pasur shpejtësi fillestare e cila mund të rritet apo zvogëlohet, grafikët janë të ndryshëm (grafiku 4).

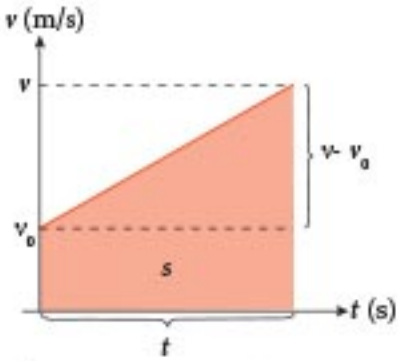
a) trupi nis nga gjendja e qetësisë
b) trupi ka shpejtësi fillestare v_0 dhe me kalimin e kohës shpejtësia rritet



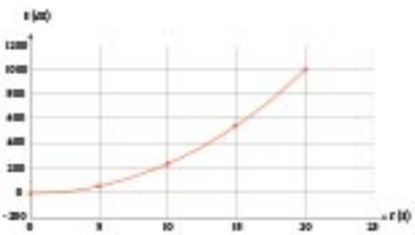
▲ **Grafiku 4b.** Grafiku i shpejtësisë në lidhje me kohën gjatë lëvizjes njëtrajtësisht të përshpejtuar



Grafiku 4c. Grafiku i shpejtësisë në varësi nga koha gjatë lëvizjes njëtrajtësisht të ngadalësuar.



Grafiku 5: Syprina e sipërfaqes së hijezuar nën vijën e drejtë, me të cilën është dhënë varësia e shpejtësisë së trupit në lidhje me kohën, është e barabartë me rrugën e kaluar s të trupit.



Grafiku 6: Rruga e kaluar te lëvizja njëtrajtësisht e nxituar

Parabola është grafik i funksionit katror të llojit
$y = a+bx+cx^2$

c) trupi ka shpejtësi fillestare v_0 dhe me kalimin e kohës shpejtësia zvogëlohet

Nga grafiku i shpejtësisë mund të përcaktohet nxitimi i trupit. Nxitimi është pjerrtësia e drejtëzës e cila e jep varësinë e shpejtësisë në lidhje me kohën

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Nëse pjerrtësia e vijës së drejtë është më e madhe edhe nxitimi i trupit është më i madh. Nga grafiku 4c) poashtu mund të vërehet se shpejtësia e trupit zvogëlohet, nxitimi është negativ.

Kur shqyrtuam lëvizjen e njëtrajtëshme drejtvizore pamë se syprina e sipërfaqes nën vijën e grafikut të shpejtësisë së trupit në lidhje me kohën është e barabartë me rrugën e kaluar. E njëjta vlen edhe te lëvizja njëtrajtësisht e nxituar.

Le të llogarisim këtë sipërfaqe nga grafiku 5. Tani kemi dy figura gjeometrike, drejtkëndëshin me lartësi v_0 dhe gjatësi t, si dhe trekëndëshin me brinjë t dhe lartësi $v - v_0$:

$$s = v_0 t + \frac{(v - v_0)t}{2}$$

Nëse anëtarin e dytë të këtij barazimi e shumëzojmë dhe e pjesëtojmë me t, duke ditur se $a = \frac{v - v_0}{t}$ për rrugën e kaluar fitohet $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

Rruga e kaluar te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar varet proporcionalisht nga katrori i kohës së lëvizjes së trupit.

Nga rezultatet e fituara për nxitim, Ivani ka llogaritur rrugën e kaluar përmes kësaj formule. Në softuer për përpunim tabelar të të dhënave (p.sh. MS Excel) Ivo e vizatoi grafikun e rrugës së kaluar të automobilit në lidhje me kohën (grafiku 6). Në grafik vërehet varësia katrore e rrugës nga koha e cila nuk është vijë e drejtë, por parabolë.

t (s)	s (m)
0	0
5	25
10	250
15	562
20	1000

Tabela 2: Rruga e kaluar e automobilit në lidhje me kohën

Shembull i zgjidhur 4:

Automobili lëviz me shpejtësi prej 50 km/h. Në rrugë papritmas është paraqitur pengesë për shkak të së cilës automobili doemos duhet të ndalojë. Duke e ditur se koha e reagimit të vozitësit nga çasti që e vëren pengesën deri te çasti i shtypjes së frenit është 1,5 s, të përcaktohet rruga që do të kalojë automobili para se të ndalojë nëse nxitimi i tij është 5 m/s².

Është dhënë:

v_0=50 km/h = 13,9 m/s; t =1,5 s; a = - 5 m/s²

Kërkohet: s = ?

Zgjidhje:

Rruga e përgjithshme që e kalon automobili deri në frenim mund të ndahet në dy pjesë.

Pjesa e parë është rruga që e kalon automobili nga çasti kur e vëren pengesën deri te çasti kur e shtyp frenuesin. Në këtë pjesë automobili kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme. Rruga që do të kalojë automobili gjatë kësaj kohe përcaktohet me formulën

$$s_1 = v_0 t = 13{,}9\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}5\text{s} = 20{,}8\text{ m}$$

Pjesa e dytë e rrugës është pjesa kur vozitësi e shtyp frenuesin. Në këtë pjesë të rrugës automobili kryen lëvizje njëtrajtësisht të ngadalësuar. Shpejtësia e tij zvogëlohet, kurse nxitimi është negativ. Rruga që do të kalojë automobili gjatë kësaj kohe mund të llogaritet me formulën

$s_2 = v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2}$ ku t_1 është koha e nevojshme që automobili të frenojë.

Në këtë formulë nuk është e njohur koha e nevojshme që automobili të frenojë. Por është e njohur se shpejtësia përfundimtare e automobilit v do të jetë $0\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Koha mund të përcaktohet nga formula

$v = v_o + a\,t_1$ prej nga për kohën t_1 fitohet $t_1 = \frac{v - v_0}{a}$

Nëse zëvendësohen vlerat numerike, për kohën fitohet $t_1 = \frac{-v_0}{a} = \frac{-13{,}9\frac{\text{m}}{\text{s}}}{-5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2{,}8\text{s}$

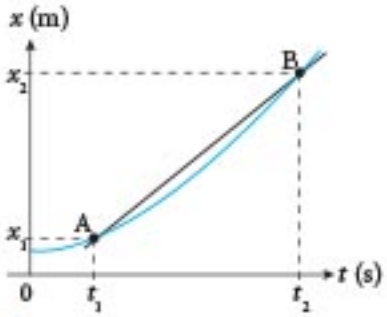
Në formulën për rrugën e kaluar, të cilën veçse e kemi shkruar, e zëvendësojmë vlerën për t_1:

$$s_2 = v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} = 19{,}3\text{m}$$

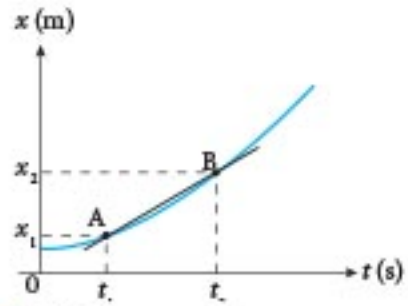
Për rrugën e përgjithshme që do të kalojë automobili nga çasti kur e vëren pengesën, fitohet

$$s = s_1 + s_2 = 40{,}1\text{m}$$

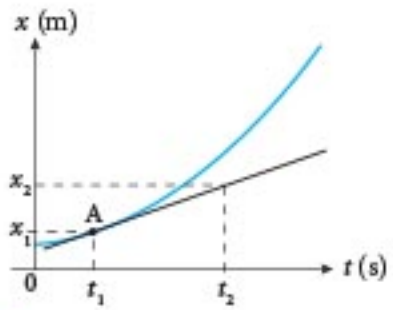
Distanca prej mbi 40 m nuk është e vogël! Prandaj është me rëndësi që si vozitës por edhe si këmbësorë të jemi të vëmendshëm në komunikacion.



▲ Grafiku 7. Grafiku i pozitës së trupit në lidhje me kohën kur trupi kryen lëvizje njëtrajtësisht të nxituar



▲ Grafiku 8.



▲ Grafiku 9.

Nëse do të dish më tepër:

Nga grafiku i pozitës (grafiku 7) dhe rruga e kaluar e trupit i cili kryen lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht të nxituar, mund të përcaktohet shpejtësia mesatare e lëvizjes në cilindo interval të kohës Δt.

Shpejtësia mesatare me të cilën lëviz trupi në intervalin e kohës Δt mund të llogaritet me formulën:

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

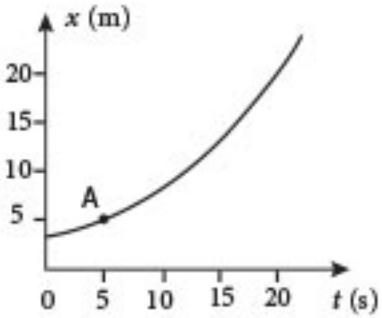
Kjo formulë jep pjerrtësinë e drejtëzës AB.

Por nga grafiku mund të përcaktohet edhe shpejtësia e çastit të trupit në cilindo çast të kohës.

E zvogëlojmë intervalin e kohës Δt (grafiku 8). Pjerrtësia e drejtëzës AB i afrohet sipas tangjentës lakores e cila përshkruan lëvizjen e trupit në lidhje me kohën Δt. Për intervalin e kohës përafërsisht zero, pjerrtësia e drejtëzës plotësisht përputhet me tangjentën e lakores në pikën A (grafiku 9). Pjerrtësia e kësaj drejtëze do ta japë shpejtësinë e çastit në pikën A.

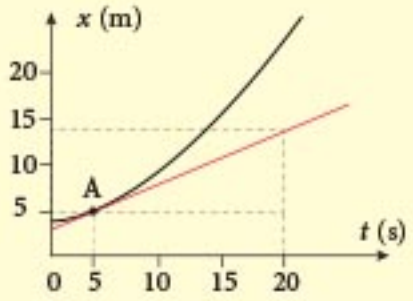
Shembull i zgjidhur 5:

Përcakto shpejtësinë e çastit të Aidës në pikën A lëvizja e së cilës është dhënë në grafik.



Zgjidhje:

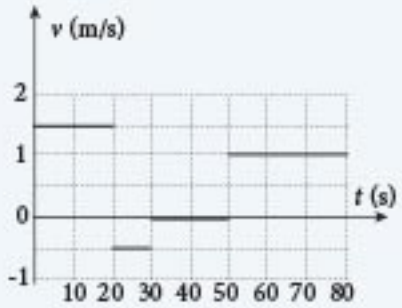
Nga pjerrtësia e drejtëzës e cila është tangjentë e lakores në pikën A për shpejtësinë e Aidës në pikën A, fitohet



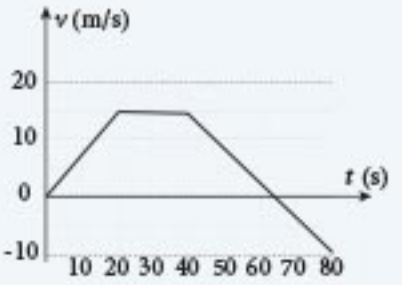
$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{13\,\text{m} - 5\,\text{m}}{20\,\text{s} - 5\,\text{s}} = 0,53\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pyetje dhe detyra:

1. Përmes një shembulli trego dallimin mes shpejtësisë mesatare dhe shpejtësisë së çastit.
2. Një çiklist gjysmën e parë të rrugës e kalon me shpejtësi prej $v_1 = 10\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$, ndërsa gjysmën e dytë të rrugës e kalon me shpejtësi $v_2 = 25\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Përcaktoni shpejtësinë mesatare me të cilën lëviz çiklisti gjatë tërë rrugës.
3. Gjysmën e parë të rrugës një dron e kalon duke fluturuar për kohën prej $t_1 = 2\,\text{s}$, ndërsa gjysmën e dytë të rrugës për kohën $t_2 = 10\,\text{s}$. Nëse rruga e përgjithshme që e kalon droni është $s = 45\,\text{m}$, përcaktoni shpejtësinë mesatare.
4. Shpejtësia e lëvizjes në lidhje me kohën për një bletë e cila kryen lëvizje drejtvizore është dhënë në grafik.



   a) Përcaktoni vlerën mesatare të shpejtësisë së bletës.
   b) Përcaktoni rrugën e kaluar të bletës për kohën prej 80 s.
   c) Përcaktoni zhvendosjen e bletës pas kalimit të kohës prej 80 s.
   ç) A e ndryshon bleta kahun e lëvizjes?
   d) A kthehet ndonjëherë bleta në vendin nga ku është nisur? Nëse po, kur?
5. Shpejtësia e lëvizjes së një automobili është dhënë në grafik.



   a) Përshkruaje lëvizjen e automobilit në lidhje me kohën
   b) Vizato grafikun e nxitimit të automobilit në lidhje me kohën
   c) A ka qenë në ndonjë çast shpejtësia e automobilit e barabartë me zerro? Nëse po, kur?

ç) A e ndryshon automobili kahun e tij të lëvizjes?

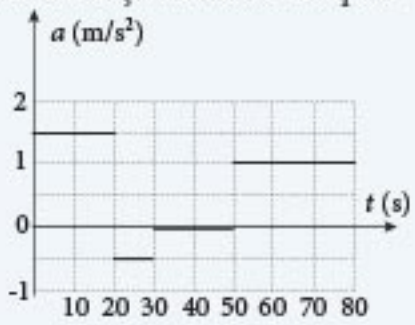
d) Në cilin interval kryhet lëvizje me nxitim më të madh?

dh) Llogaritni rrugën e përgjithshme që e kalon automobili.

6. Trotineti elektrik niset nga një vend i caktuar dhe për kohën $t = 20\ \text{s}$ kryen lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht të nxituar me nxitim $a = 0,5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Përcaktoni shpejtësinë në fund të rrugës.

7. Automobili niset nga një vend i caktuar dhe kryen lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht të nxituar, dhe për kohën $t = 1,5\ \text{min}$ kalon rrugë $s = 1\ \text{km}$. Njehso shpejtësinë në fund të rrugës dhe nxitimin.

8. Është dhënë grafiku i nxitimit të trotinetit elektrik. Nëse trotineti në çastin fillestar ka qenë në qetësi:

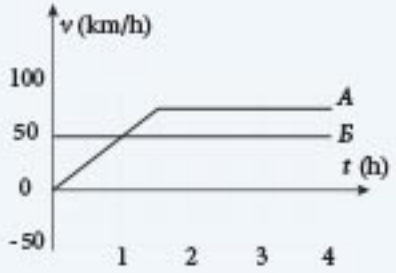


a) Përcaktoni shpejtësinë e trotinetit pas 20 s, 30 s, 50 s dhe 80 s.

b) Vizato grafikun e shpejtësisë së trotinetit në lidhje me kohën.

c) Sa është rruga e përgjithshme që do ta kalojë trotineti?

9. Në grafik janë dhënë shpejtësitë e lëvizjes së dy automobilave të cilët nisen nga vendi i njëjtë.



a) Përshkruani lëvizjet e tyre.

b) Përcaktoni nxitimin e automobilave në lidhje me kohën.

c) A do të kenë dhe nëse po kur këta automobila do të kenë shpejtësi të barabartë?

ç) A do të takohen dhe nëse po ku do të takohen?

d) Sa rrugë do të kalojnë për kohën prej 3 orë?

dh) Vizato grafikun e rrugës së kaluar në lidhje me kohën për dy automobilat

e) Vizato grafikun e nxitimit të dy automobilave në lidhje me kohën

Eksperiment: Matja e shpejtësisë dhe nxitimit të topit i cili rrokulliset në rrafsh të pjerrët

Detyrë: Me ndihmën e videos përcakto nxitimin e topit i cili lëviz sipas rrafshit të pjerrët



▲ Figura 1. Rregullimi i eksperimentit

Mjetet e nevojshme:

- Rrafsh i pjerrët pjerrtësia e të cilit mund të ndryshohet. Mund të përdoret rrafsh edhe më i gjatë i cili mund të ngrihet, për shembull dërrasë apo tepsi skaji i të cilës mbahet në grumbull librash.
- Top, për shembull top tenisi. Përzgjidh top me ngjyrë të fortë, që të ketë kontrast të lartë me prapavijën. Për shembull, top të gjelbër ose të kuq me murin e bardhë në prapavijë.
- Shirit metrik. Nëse je duke përdorur aplikacionin FizziQ, mjafton vetëm të shënosh një gjatësi për kalibrim, për shembull 1m diku në pjesë të dukshme. Kjo mund të shënohet direkt në vetë rrafshin e pjerrët, por sërish duhet të jetë qartë e dukshme në video.
- Kamerë ose telefon për matje përmes videos, me stativë. Telefoni mund të përforcohet për mbështetëse edhe në mënyrë tjetër, por doemos duhet të jetë i fiksuar.
- Softuer për shënim dhe analizë të videos. Në këtë eksperiment sugjerojmë që të përdoret aplikacioni mobil pa pagesë FizziQ (www.fizziq.org/en), në të cilin është i ndërtuar softuer për analizë të lëvizjes. Eksperimenti mund të përpunohet edhe me sfotuer të thjeshtë për vëzhgim të videove, por me saktësi më të vogël.

▲ www.fizziq.org/en

Procedura gjatë matjes:

1. Në rrafshin e pjerrët prej anësh vendoset shiriti metrik. Duhet të kemi kujdes që simbolet të jenë të dukshme në video.
2. Kamera/telefoni vendoset në stativë apo fiksohet në ndonjë mënyrë tjetër.
3. Fillon incizimi.
4. Lëshohet topi nga kulmi i rrafshit të pjerrët. Duhet pasur kujdes që topi të lëshohet nga gjendja e qetësisë pa mos i dhënë shpejtësi fillestare.
5. Procedura përsëritet disa herë për pjerrtësi të njëjtë të rrafshit.
6. Video shkurtohet ashtu që në të të tregohet vetëm lëvizja e cila do të hulumtohet.

Puna me aplikacionin FizziQ

7 Në aplikacion zgjedhet menyja me instrumente (Instruments), ndërsa prej tyre zgjedhet vegla për analizë të lëvizjes (Motion analysis). Zgjedhet opsioni "Video Motion Analysis".

8 Përmes opsionit "My videos" videoja e incizuar dhe prerë.

9 Në ekran paraqitet kuadri i parë i videos dhe ka fushë të kuqe e cila pulson dhe në të cilën shkruan Ruler length (m). Kjo do të thotë se duhet të bëhet kalibrim i gjatësisë. Fillimi koordinativ (Origin) vendoset në pozitën e topit në kuadrin fillestar. Pika e dytë e shënuar me "End" vendoset në shiritin metrik apo në gjatësinë e cila është matur më parë se është 1 m. Në fushën e kuqe tregon sa është gjatësia e kalibrimit, e që në rastin tonë është 1 m.

10 Më pastaj, është fusha që pulson në të cilën shkruan "Pointing". Në këtë pjesë duhet të shënohet pozita e topit në secilin kuadër të videos. Duhet të klikohet mbi topin, që softueri vetë të kalojë në kuadrin tjetër. Nëse dëshiron ndonjë kuadër ta kërcesh apo ta kthesh prapa, kjo mund të bëhet me shigjetat në ekran.

11 Kur do t'i shënosh pozitat e dëshiruara, shtypni në fushën djathtas të ekranit të shënuar me "Results". Nga opsionet e ofruara, zgjedhni të tregohet koha T (s) dhe koordinatat x (m) dhe y (m).

12 Kur do të klikoni mbi fushën e djathtë "Notebook", ajo do të ua tregojë rezultatet në tabelë. Ato mund të ruhen me opsionin e treguar me simbolin në këndin e djathtë lartë(). Zgjedh "Create a CVS or Python file", dhe pastaj "CSV decimal point". Më pastaj të dhënat mund të përdoren në cilindo softuer për punë me të dhëna tabelare (p.sh. MS Excel).

Rezultate:

Të dhënat janë paraqitur në dy koordinata. Së pari duhet të llogaritet zhvendosja në çdo çast të lëvizjes sipas formulës $\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$, $\Delta x = |x - x_0|$ dhe $\Delta y = |y - y_0|$. Rendi i parë i rezultateve na jep vlerat për x_0 dhe y_0, ndërsa x dhe y janë vlerat e secilës pikë të ardhshme.

Më pas duhet të llogaritet rruga e kaluar. Meqë lëvizja është sipas një vije të drejtë në një kah, rruga e kaluar do të jetë e barabartë me zhvendosjen, domethënë $\Delta r = s$.

Njehso nxitimin që e fiton topi duke përdorur formulën

$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ ku v_0=0 m/s dhe kohën t do t'i marrim nga tabela me të dhëna në FizziQ, shënuar me T (s).

Bëni përpunim të detajuar të të dhënave:

Gjeni vlerën mesatare të nxitimit.
Gjeni gabimin absolut të nxitimit në secilën pikë të matjes.
Gjeni vlerën mesatare të gabimit absolut.
Gjeni gabimin relativ.

Në fund duhet të kesh të plotësuar tabelën me kolonat në vijim:

N	T (s)	x (m)	y (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δr (m)	s (m)	a (m/s²)	Δa (m/s²)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Njehso shpejtësinë e karrocës në fund të rrafshit të pjerrët duke përdorur formulën $v = v_0 + at$.

Vlerën e rrugës së kaluar paraqite në grafik në të cilin është tregohet rruga e kaluar në varësi të kohës.

Analizo rezultatet dhe diskuto me mësimdhënësin dhe nxënësit e klasës. Pyetjet vijuese le të jenë udhëzues për analizën tënde:

- A japin të gjitha matjet nxitim të njëjtë? Pse ka dallime?
- Si duket ndryshimi i shpejtësisë me kalimin e kohës gjatë këtij eksperimenti?
- Si do ta përmirësoje eksperimentin?
- Pse është e dobishme të përdoret videoanalizë (në vend se të përdoret vetëm metri dhe kronometri)?
- Cilat situata nga jeta e përditshme mund të përputhen me këtë lëvizje sipas rrafshit të pjerrët?
- Ç'do të ndryshojë në lëvizjen nëse pjerrtësia e rrafshit të pjerrët është më e madhe/më e vogël? Përse?

Rezyme:

- Lëvizja mekanike është ndryshim i pozitës së një trupi, apo pjesëve të trupit, në lidhje me ndonjë trup tjetër në njësi të kohës.
- Trupi i cili lëviz, quhet trup lëvizës. Trupi në lidhje me të cilin shqyrtohet lëvizja quhet trup referimi.
- Sistemi i referimit paraqet sistem koordinativ të lidhur për trupin e referimit.
- Lëvizja është relative – një trup mund të jetë në qetësi në një sistem referimi, ndërsa në të njëjtën kohë në lëvizje në një sistem tjetër.
- Trupi, përmasat e të cilit shpërfillen kur përshkruhet lëvizja e tij, quhet pikë materiale. Pika materiale është trupi i cili pose do masë, por nuk ka vëllim.
- Shtegu sipas të cilës trupi lëviz, paraqet trajektore.
- Sipas formës së trajektores, lëvizjet ndahen në drejtvizore dhe vijëpërkulura.
- Gjatësia e trajektores është rruga e kaluar.
- Distanca më e vogël mes pozitës fillestare dhe përfundimtare të trupit paraqet zhvendosjen e tij.
- Moduli i zhvendosjes te lëvizja drejtvizore është $\Delta x = |x - x_0|$, ku x është pozita përfundimtare deri tek e cila arrin trupi, kurse x_0 është pozita fillestare nga ku niset trupi.
- Madhësia fizike e cila tregon sa është zhvendosja e trupit në njësi të kohës, quhet shpejtësi e trupit $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$.
- Grafiku i pozitës së trupit është vijë e drejtë e cila tregon si ndryshon pozita e trupit me kalimin e kohës.
- Grafiku i shpejtësisë së trupit tregon shpejtësinë e trupit në çdo çast të kohës.
- Herësi mes zhvendosjes së përgjithshme të trupit dhe kohës së përgjithshme të lëvizjes quhet shpejtësi mesatare e lëvizjes: $\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$.
- Shpejtësia e trupit në një çast të dhënë të lëvizjes quhet shpejtësi e çastit.
- Nxitimi është ndryshimi i shpejtësisë në njësi të kohës: $\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.
- Lëvizja e trupit sipas një vije të drejtë, gjatë të cilës nxitimi i trupit është konstant, paraqet lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht të nxituar.
- Ligji i shpejtësisë te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar jepet:

  $v = v_o + a\,\Delta t$.

- Rruga e kaluar te lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar varet proporcionalisht nga katrori i kohës së lëvizjes së trupit:

  $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

2.4 Bashkëveprimi ndërmjet trupave. Forca dhe efekti i forcës

Deri tani kemi hulumtuar se si lëvizin trupat, duke shqyrtuar trajektoret e tyre, shpejtësinë, nxitimin,... por nuk kemi pyetur përse lëvizin? Në disa shembuj automobili lëvizte me shpejtësi konstante, ndërsa në të tjera me nxitim. Ç'është ndryshe në këto shembuj? Përse kur vozit biçikletë, në çastin kur ndalon të rrotullosh pedalët fillon të ngadalësosh? Pse e njëjta nuk ndodh në Hënë, por ajo vazhdimisht rrotullohet rreth nesh?

Përse nëse kërcen, Toka të kthen për poshtë prapa, kurse raketat kanë sukses të arrijnë deri te trupa të tjerë qiellorë? Përse përdorim dado (kundërvidha) për të përforcuar ndonjë trup dhe përse përdorim çelës francez për t'i nxjerrë?

Arsyet e lëvizjes së trupit i sqaron dega e mekanikës: dinamika. Kjo motër e kinematikës, duke përdorur madhësitë fizike si forca dhe masa, na tregon se ç'është ajo që e shkakton dhe e ndryshon lëvizjen tek objektet rreth nesh.

Le të shohim se ç'paraqet masa dhe forca sipas fizikës.

Forca

Kur e tërheq sustën, në të vepron me forcë dhe ajo zgjatet (figura 1). Ngjashëm, kur ulesh në karrige, atëherë themi se në karrige vepron me forcë. Era vepron në mullinjtë e erës dhe me forcën e saj i lëviz helikat e tyre.



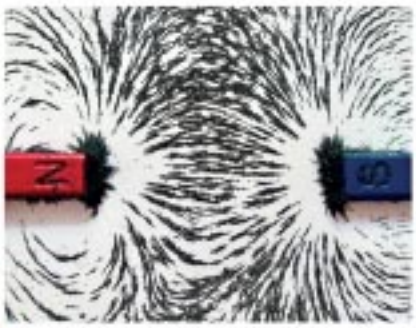
▲ **Figura 1.** Susta zgjatet nën veprimin e forcës.

Forca përshkruan bashkëveprimin ndërmjet trupave.

Në shembujt e mëparshëm bashkëveprimi ndërmjet trupave është bashkëveprim me kontakt, domethënë të dy trupat bashkëveprojnë gjatë kontaktit të ndërsjellë.

Sipas kësaj bashkëveprimi ekziston edhe si bashkëveprim pa kontakt. E dimë se nëse lëshojmë trupin, ai do të fillojë të bie për shkak të forcës së gravitetit të Tokës. Edhe pse trupi dhe Toka nuk janë në kontakt, Toka vepron mbi trupin. Ky bashkëveprim zhvillohet përmes **fushës fizike**, e cila në këtë rast është fusha gravitacionale.

Fusha fizike është hapësira në të cilën mund të ndihet veprimi i ndonjë force pa kontakt të drejtëpërdrejtë.



▲ **Figura 2.** Rreth çdo magneti paraqitet fushë magnetike përmes të cilës magnetët bashkëveprojnë

Shembull tjetër ku mund të vërehet bashkëveprimi pa takim është bashkëveprimi i dy magnetëve. Dy magnetët tërhiqen ose dëbohen përmes fushës magnetike e cila ekziston rreth tyre (figura 2).

Është treguar se të gjitha forcat e kontaktit të cilat i shohim në nivel makroskopik, në fakt nëse i vëzhgojmë në nivel mikroskopik paraqiten si rezultat i bashkëveprimit pa kontakt. Për shembull, kur ulesh në karrige, molekulat e trupit tënd dhe molekulat e karriges bashkëveprojnë, domethënë dëbohen përmes fushave elektromagnetike.

Efekti i forcës

Forca mund të zgjasë apo ngjeshë sustën, të ndalë apo gjuajë topin, të e hapë derën e dhomës. Si rezultat i bashkëveprimit ndërmjet trupave, efektet që i shkakton forca janë të ndryshme. Le të shikojmë çfarë efekte mund të shkaktojë forca.

1. **Forca mund të ndryshojë formën dhe vëllimin e trupit.** Nën veprimin e forcës gjatë goditjes së dy automobilave ata deformohen (figura 3).

Ndryshimet e formës dhe vëllimit të trupit quhen deformime.



▲ **Figura 3.** Deformimi i automobilit pas goditjes.

Trupat të cilët me ndërprerjen e veprimit të forcës së jashtme sërish kthehen në gjendjen fillestare quhen trupa elastik, ndërsa deformimet quhen **deformime elastike.** Trupa elastik janë: teli i çelikut, topi i gomës, llastiku, susta etj.

Nëse trupi pas ndërprerjes së veprimit të forcës së jashtme nuk kthehet në gjendjen fillestare, domethënë deformimi mbetet i përhershëm, bëhet fjalë për trup plastik ose deformim plastik. Trupat plastik janë trupa të përpunuar nga plastika e butë, toptha të glinës apo prej plasteline e të ngjashme.

Megjithatë, e dimë se me forcë mjaftueshëm të madhe, për shembull, mund të këputim telin e çelikut apo ta deformojmë me deformim mbetës, edhe pse është trup elastik. Se deformimi do të jetë plastik apo elastik nuk varet vetëm nga natyra e materialit. Ajo varet edhe nga moduli i forcës së zbatuar si dhe nga kohëzgjatja e veprimit të forcës dhe kushtet kohore.

Në secilin trup elastik që është i deformuar, derisa deformimi mbetet në kufijtë e elasticitetit, paraqiten forca të brendshme të quajtura forca elastike. Këto forca kundërshtohen nga forcat e jashtme që e kanë shkaktuar deformimin dhe i mundësojnë trupit, që pas ndërprerjes së veprimit të forcës së jashtme, të kthejë formën e tij fillestare.

2. **Forca mund të ndryshojë shpejtësinë e trupit.** Për shembull, topin që është në gjendje të qetësisë ta sjellë në gjendje të lëvizjes ose topin që lëviz, ta ndërpresë lëvizjen e tij. Nga më herët dimë se kur ndryshon shpejtësia e trupit, themi se trupi kryen lëvizje me nxitim. Kjo do të thotë se nën veprimin e forcës trupi fiton nxitim. Më vonë do të shohim se nga çka varet dhe sa do të jetë ky nxitim.

Le të shohim edhe një shembull: Nëse topi lëviz sipas një vije të drejtë gjatë goditjes së futbollistit, ai jo vetëm që e ndryshon modulin e shpejtësisë, por e ndryshon edhe drejtimin dhe kahun e lëvizjes së topit (figura 4).



▲ **Figura 4.** Gjatë goditjes së topit futbollisti e ndryshon drejtimin, kahun dhe modulin e shpejtësisë së lëvizjes së topit

Nga ky shembull rrjedh se forca përveç që mund të shkaktojë ndryshim të modulit së shpejtësisë së trupit, ajo poashtu mund të ndryshojë edhe drejtimin dhe kahun e lëvizjes së trupit, domethënë mund të ndryshojë vektorin e shpejtësisë, në modul drejtim dhe kah.

3. **Forca mund të shkaktojë rotacion të trupit.** Shembull për këtë është kur përdorim çelësin francez që ta lirojmë duke e rrotulluar ndonjë dado (kundërvidhë) (figura 5).



▲ **Figura 5.** Çelësi francez

Që të lëvizë biçikleta, çiklisti duhet të veprojë me forcë në pedalën e cila është më larg nga boshti rreth të cilës rrotullohet rrota. Sa më e gjatë leva e pedalës, aq më i madh do të jetë efekti i forcës. Për këtë arsye disa biçikleta profesionale kanë leva të pedalave më të gjata. Efekti rrotullues i forcës më në detaje do të përpunohet në fund të kësaj teme.

Zakonisht forca shënohet me F, por siç do të mësosh në njësinë mësimore të ardhshme, disa nga forcat kanë simbole të veçanta. Njësia për forcën quhet njuton (N).

Forca ($\vec{F}$) është vektor, kjo do të thotë se ka modul, drejtim dhe kah. Sikur çdo vektor, forca paraqitet me shigjetë. Të gjitha forcat, përveç forcës së fërkimit, i paraqesim me fillim në një pikë të njëjtë, e quajtur pika e veprimit të forcës. Ajo ndodhet në qendër të trupit. Forca e fërkimit është e orientuar sipas tangjentës së sipërfaqeve takuese, dhe po aty edhe shënohet. Drejtimi dhe kahu i shigjetës e tregon drejtimin dhe kahun e veprimit të forcës (figura 6).



▲ **Figura 6.** Forca është vektor

Masa

Kur e shtyni karrocën e zbrazët në supermarket (figura 7), atë e lëvizni me lehtësi. Por, kur karroca është e mbushur ju duhet të përdorni forcë më të madhe që ta lëvizni. Kjo ndodh sepse karroca e mbushur ka masë më të madhe dhe themi se ajo është më inerte.

Gjatë bashkëveprimit, kur trupit i ndryshon shpejtësia, ndryshimi i shpejtësisë varet nga masa e tij.



▲ Figura 7. Karroca e zbrazët dhe e mbushur në supermarket

Të gjithë trupat kanë masën e tyre, vlera e të cilës varet nga dimensionet e trupit dhe materiali nga i cili është i ndërtuar trupi. Masa përcakton sa është e vështirë apo e lehtë të ndryshohet lëvizja e një trupi.

Masa është madhësi themelore në SI, ndërsa njësia matëse e saj është kilogrami (kg). Në mekanikën klasike masa e trupit është madhësi konstante dhe nuk ndryshon gjatë lëvizjes së trupit.

Nëse do të dish më tepër:

Sipas njohurive shkencore të deritanishme ekzistojnë më tepër grimca, të cilat janë grimca elementare. Prej tyre është e ndërtuar materia, por ekzistojnë edhe grimca të tilla të cilat janë bartëse të bashkëveprimit.

Në natyrë ekzistojnë katër lloje të bashkëveprimeve:

1. Bashkëveprimi gravitacional – realizohet përmes fushës gravitacionale. Supozohet se ky lloj i bashkëveprimit bartet përmes gravitoneve, grimca të cilat ende nuk janë detektuar, prandaj edhe quhen hipotetike.
2. Bashkëveprimi elektromagnetik – realizohet përmes fushës elektrike dhe magnetike, ndërsa bartës të bashkëveprimit elektromagnetik janë fotonet.
3. Bashkëveprimi i dobët bërthamor – përgjegjës për zbërthimin radioaktiv të bërthamës dhe realizohet përmes bozoneve.
4. Bashkëveprimi i fortë bërthamor – paraqitet mes protoneve dhe neutroneve në bërthamën e atomit. Është përgjegjës për stabilitetin e bërthamës dhe ky lloj i bashkëveprimit realizohet përmes gluoneve.

Këto bashkëveprime dallojnë edhe për nga moduli i tyre. Bashkëveprimi gravitacional është më i vogli, kurse bashkëveprimi i fortë bërthamor është më i madhi.

Pyetje:

1. Trego nga tre shembuj për forca të kontaktit dhe forca pa kontakt të cilat mund t'i vëzhgosh në rrethin tënd.
2. Trego nga tre shembuj për secilën prej situatave:
   a) trupit nën veprimin e forcës i rritet shpejtësia e tij
   b) trupit nën veprimin e forcës i zvogëlohet shpejtësia e tij
   c) trupit nën veprimin e forcës i ndryshon drejtimi i lëvizjes
   ç) trupit nën veprimin e forcës pëson deformim
3. Trego tre shembuj me të cilët do të tregosh se forca është vektor.
4. Shëno tri pyetje për shembuj të lëvizjeve shkaqet e të cilave dëshiron t'i dish në njësitë e ardhshme mësimore.

2.5 Llojet e forcave

Forcat janë shkaku i të gjitha ndryshimeve në natyrë. Ato mund të shkaktojnë lëvizje, ndalim dhe deformim të trupave. Ekzistojnë lloje të ndryshme të forcave. Disa janë të përkohshme, ndërsa disa të përhershme. Të tilla janë forcat që e ndryshojnë relievin në Tokë. Malet nuk krijohen përnjëherë, por ato janë rezultat i një bashkëveprimi të gjatë mes pllakave tektonike gjatë miliona viteve. Shkaku kryesor i krijimit të tyre është lëvizja e pllakave tektonike të cilat "notojnë" në brendinë e nxehtë dhe të shkrirë të Tokës. Gjatë goditjes së pllakës tektonike Indiane dhe Euroaziatike, janë krijuar malet më të larta në Tokë – Himalajet (figura 1). Gjatë goditjes së tyre asnjëra prej tyre nuk mund të fundoset lehtë, por pllakat deformohen, ngjishen dhe ngrihen lart. Himalajet çdo vit rriten për disa milimetra! Është interesante se këto forca, që paraqiten mes pllakave tektonike, janë të përhershme. Edhe pse nuk i ndjejmë gjatë jetës së përditshme, ato e kanë ndryshuar tërë relievin e planetit Tokë gjatë miliona viteve.



▲ **Figura 1.** Maja e Himalajeve e krijuar me bashkëveprim tektonik të pllakës Indiane dhe Euroaziatike

Në natyrë ekzistojnë më tepër lloje të forcave. Këtë vit do të njihemi vetëm me forcat të cilat kanë natyrë gravitacionale dhe disa prej forcave të cilat kanë natyrë elektromagnetike.

Forcat të cilat kanë natyrë gravitacionale janë **forca e rëndesës së Tokës** dhe **pesha**.

Forcat gravitacionale

1. Forca e rëndesës ($\vec{P}$)

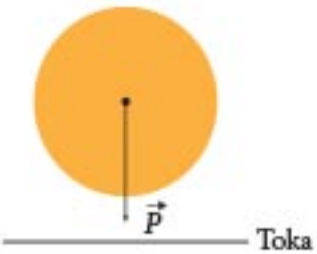
Kur e lëshojmë topin nga duart tona ai menjëherë fillon të bie, sepse në të vepron forca e rëndesës e Tokës.

Forca e rëndesës së Tokës është forca me të cilën Toka i tërheq trupat të cilët ndodhen në afërsi të saj.

Ajo është gjithmonë e drejtuar kah qendra e Tokës, domethënë vertikalisht për poshtë (figura 2) dhe përcaktohet me formulën

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

ku m është masa e trupit, ndërsa g nxitimi gravitacional.



▲ **Figura 2.** Forca e rëndesës ($\vec{P}$)

Shembull i zgjidhur 1:

Sa është forca e rëndesës së Tokës që vepron në mollën me masë 200 g?

Është dhënë:

$m = 200\,\text{g} = 0{,}2\,\text{kg}$; $g = 9{,}81\,\text{m/s}^2$

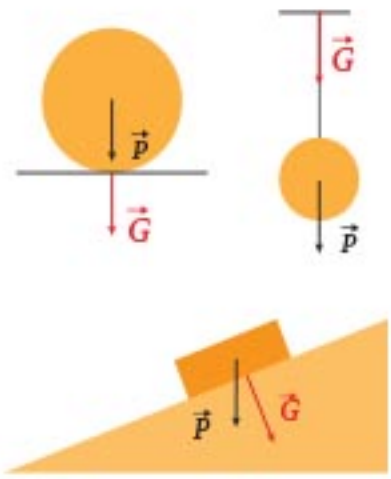
Kërkohet:

$P = ?$

Zgjidhje:

Forca e rëndesës që vepron në mollë është:

$$P = mg = 0{,}2\text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1{,}96\text{N}$$



▲ Figura 3. Pesha e trupit ($\vec{G}$)

Kujdes:

Në skicën e tretë të Figurës 3 mund të vërehet se pesha nuk është gjithmonë me kah vertikalisht për poshtë. Poashtu, ajo nuk është doemos të jetë e barabartë për nga moduli me forcën e rëndesës së Tokës.

2. Pesha e trupit ($\vec{G}$)

Nëse topin e vendosim në mbështetëse apo e varim në pe, për shkakun se në top vepron forca e rëndesës së Tokës, ai do të mëshojë në mbështetëse apo do të tendosë perin ku është i varur. Ky veprim i topit në mbështetëse është edhe më i dukshëm nëse mbështetësja është elastike apo topi është i varur në dinamometër.

Forca me të cilën trupi vepron në mbështetëse apo e tendos perin në të cilin është varur, quhet peshë e trupit.

Me një eksperiment të thjeshtë, kur topin do ta varim në dinamometër mund të vërehet se pesha e tij do të jetë e barabartë me forcën e rëndesës së Tokës, domethënë pesha e topit mund të llogaritet me formulën

$$\vec{G} = m\vec{g}$$

Në njërën nga njësitë mësimore vijuese do të shohim se kjo formulë vlen vetëm kur trupi është në gjendje të qetësisë në mbështetësen horizontale apo kur kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme përgjatë mbështetëses horizontale.

Por duhet të kesh kujdes. Pesha e trupit nuk është e njëjta forcë me forcën e rëndesës së Tokës. Forca e rëndesës së Tokës vepron te trupi, përderisa, pesha është forcë me të cilën trupi vepron në një trup tjetër (mbështetësja, peri) (figura 3).

Rrafshi i pjerrët është shembull i mirë ku lehtë mund të vërehet dallimi mes këtyre dy forcave.

Shembull i zgjidhur 2:

Sa është pesha e Anës, kur ajo është në qetësi, nëse masa e saj është 50 kg?

Është dhënë:
$m = 50\ \text{kg} \quad g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$

Kërkohet:
$G = ?$

Zgjidhje:
Pesha e Anës kur ajo është në qetësi është $G = mg = 50\text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 490{,}5\text{N}$

Forcat të cilat kanë natyrë elektromagnetike janë: **forcat elastike dhe forcat e rezistencës.**

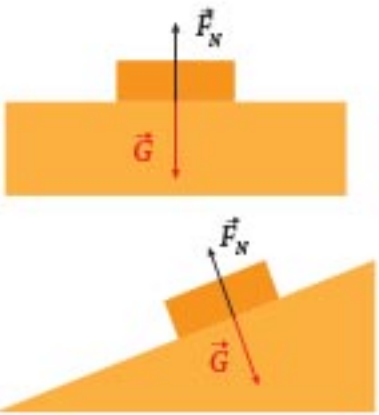
Forcat elastike

Forcat elastike janë forca që paraqiten gjatë deformimit të trupave. Gjatë deformimit të trupit ndryshon largësia mes molekulave nga të cilat është i ndërtuar trupi. Forca elastike të cilën mundemi ta ndjejmë është forca që synon t'i kthejë molekulat në pozitën e tyre të baraspeshës.

Forcat elastike më shpesh të hasura janë: **forca normale e reaksionit të mbështetëses, forca e tendosjes së perit dhe forca elastike te susta e deformuar**

3. Forca normale e reaksionit të mbështetëses ($\vec{F}_N$).

Kur një trup ndodhet në mbështetëse, trupi përmes peshës së tij mëshon në mbështetëse gjatë të cilës mbështetësja deformohet. Atëherë molekulat e mbështetëses së deformuar synojnë të kthehen në pozitat e baraspeshës dhe si rezultat i kësaj paraqitet forcë me të cilën mbështetësja vepron në trupin.



▲ **Figura 4.** Forca normale e reaksionit të mbështetëses $\vec{F}_N$ e cila vepron në kuadër. Pesha $\vec{G}$ vepron në mbështetësen nën kuadrin.

Forca me të cilën mbështetësja vepron në trup dhe është e orientuar normal me mbështetësen, quhet forcë e reaksionit normal të mbështetëses.

Kahu i forcës normale të reaksionit të mbështetëses është prej mbështetëses kah trupi. Kur trupi vendoset në mbështetëse horizontale ajo është e orientuar vertikalisht lart, ndërsa nëse trupi vendoset në rrafsh të pjerrët, forca normale e reaksionit të mbështetëses është normal me rrafshin të pjerrët (figura 4).

Kjo forcë për nga moduli gjithmonë është e barabartë me peshën e trupit.

Shembull i zgjidhur 3:

Sa është forca normale e reaksionit të mbështetëses e cila vepron në librin me masë 400 g i vendosur në bankë?

Është dhënë:
$m = 400\,\text{g} = 0{,}4\,\text{kg};\quad g = 9{,}81\,\text{m/s}^2$

Kërkohet:
$F_N = ?$

Zgjidhje:
Forca normale e reaksionit të mbështetëses që vepron në libër është

$$F_N = mg = 0{,}4\text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3{,}92\,\text{N}$$

4. Forca e tendosjes së perit ($\vec{F}_t$)

Forca e tendosjes së perit është forcë që paraqitet kur në skajet e një peri të tendosur (apo litari) veprojnë dy forca me kahe të kundërt të cilat synojnë të zgjasin perin (apo litarin).

Në këtë rast paraqitet forca e tendosjes së perit e cila i kundërvihet forcave të jashtme. Kjo forcë përcillet përgjatë perit sipas gjatësisë së tij dhe gjithmonë është me kahe të tillë që e tërheq trupin në të cilin vepron, domethënë i kundërvihet deformimit.

Forca me të cilën peri vepron në trupin e fiksuar në të, quhet forcë e tendosjes së perit.



▲ **Figura 5.** Forca e tendosjes së perit ($\vec{F}_t$)

Shembull:

Nëse e varim ndonjë trup në perin e fiksuar në tavan:

- Në pikën e poshtme ku është i varur trupi, forca e tendosjes vepron për lart, përkundër peshës së trupit e cila vepron në pe.
- Në pikën e sipërme ku peri është i fiksuar për tavanin, forca e tendosjes së perit vepron për poshtë. Kjo forcë e tendosjes e përcjell peshën e trupit te tavani (figura 5)



▲ **Figura 6.** Gjatë ngjitjes nëpër shkëmbinj alpinistët janë të siguruar me litarët dhe helmetat për mbrojtje në rast të rënies.

Shembull i zgjidhur 4:

Litarët që i përdorin alpinistët gjatë ngjitjes nëpër shkëmbinj janë të dizajnuar të tendosen nën veprimin e peshës së alpinistit, që është me rëndësi të veçantë në rast të rënies. Kjo tendosje ndihmon në zvogëlimin e modulit të goditjes dhe të zvogëlojë rrezikun nga lëndimi (figura 6).

Alpinisti me masë 80 kg i lidhur me litar ngjitet në shkëmb. Me çfarë force të tendosjes litari vepron tek alpinisti?

Është dhënë:
$m = 80\ \text{kg};\quad g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$

Kërkohet:
$F_T = ?$

Zgjidhje:

Forca e tendosjes me të cilën litari vepron tek alpinisti është:

$$F_T = mg = 80\,\text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 784{,}8\,\text{N}$$

5. Forca elastike te susta e deformuar ($\vec{F}_{el}$)

Sustat përdoren te trampolinat (Figura 7), amortizuesit e automobilave, pajisjet e ndryshme ortopedike e të ngjashme. Në të gjitha këto raste përdoret sustë përkatëse sepse në varësi nga zbatimi i tyre në to veprojnë forca të ndryshme dhe do të pësojnë deformime të ndryshme.

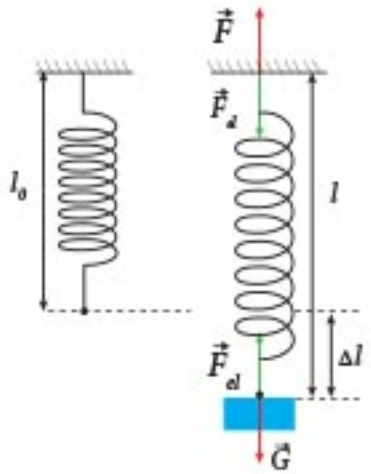


▲ Figura 7. Sustat te trampolina

Secila sustë në të cilën vepron forca ka gjatësinë e saj "normale", të quajtur **gjatësi e baraspeshës**. Kur në sustë vepron ndonjë forcë, ndryshon gjatësia e saj, domethënë deformohet. Për shembull, nëse e fiksojmë një trup në sustën e varur, ajo do të zgjatet nën veprimin e peshës së trupit.

Në çastin kur vepron forca e jashtme, në sustë do të paraqitet forca elastike e cila do të synojë ta kthejë sustën në gjatësinë "normale" të saj (figura 8). Ndryshimi ndërmjet gjatësisë së re l dhe gjatësisë "normale" l_0, quhet **zgjatje** dhe shënohet si:

$$\Delta l = l - l_0$$



▲ Figura 8. Forca elastike te susta e deformuar ($\vec{F}_{el}$)

Forca elastike është forca me të cilën susta e deformuar vepron në trupin te i cili e deformon atë, duke synuar që ajo vetë të kthehet në gjatësinë e saj "normale" (të barazpeshës)

Drejtimi i kësaj force është sipas gjatësisë së sustës, ndërsa kahu është i tillë që synon ta kthejë sustën në pozitën e saj të baraspeshës.

Mendo si shkencëtar

Realizo hulumtim me të cilin do të përcaktosh varësinë e zgjatjes së sustës nga forca e jashtme. Le të shërbejnë udhëzimet e njësisë mësimore "Hulumtimi shkencor" nga tema e mëparshme.

Titulli i hulumtimit shkencor: Varësia e zgjatjes së sustës nga forca e jashtme

Hapi 1: Vëzhgo zgjatjen e sustës nën veprimin e forcës së jashtme. Siguro test fer duke përcaktuar sipas rregullave ndryshoret e varura, pavarura dhe kontrolluese.

- Për realizim të hulumtimit shkencor mund të përdorësh edhe simulimin nga interneti. (Masses and Springs: Basics – Measurement | Periodic Motion | Hookes Law – PhET Interactive Simulations)

Hapi 2: Parashtro hipotezën

Hapi 3: Harto plan për eksperiment dhe realizo eksperimentin

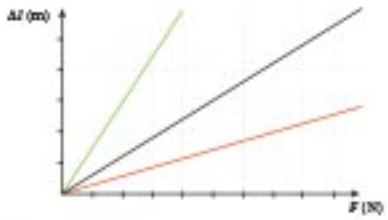
Hapi 4: Përpuno të dhënat dhe paraqiti në mënyrë grafike

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe konfirmo ose hidh poshtë hipotezën

Nëse e ke realizuar hulumtimin tënd me sukses atëherë ke fituar relacionin se zgjatja varet proporcionalisht nga forca.

Domethënë moduli/madhësia/e forcës elastike mund të llogaritet me formulën me të cilën është dhënë ligji i Hukut.

$$F_{el} = k\Delta l$$



▲ **Grafiku 1.** Varësia e zgjatjes së sustës nga forca e zbatuar. Pjerrtësinë e drejtëzës e përcakton koeficienti i elasticitetit të sustës. Koeficient më të vogël të elasticitetit ka susta të cilës i përgjigjet drejtëza me pjerrtësi më të vogël.

ku konstantja e proporcionalitetit k quhet **koeficient i elasticitetit**. Kjo madhësi varet nga dimensionet e sustës dhe natyra e materialit nga i cili është përpunuar.

Kjo varësi paraqitet edhe në mënyrë grafike, ku koeficienti i elasticitetit është paraqitur me pjerrtësinë e drejtëzës në grafikun tek i cili është dhënë varësia e zgjatjes së sustës nga forca e zbatuar. Do të duhej që të dhënat nga hulumtimi yt të paraqitura në grafik të përputhen me drejtëzën njëlloj si në grafikun 1. Secila drejtëz që është dhënë në grafikun 1 ka të bëjë me sustë me veti të ndryshme elastike.

Nga formula për koeficientin e elasticitetit $k = \frac{F}{\Delta l}$ rrjedh njësia për koeficientin e elasticitetit: $1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$. Kjo do të thotë se që të zgjasim për 1 m sustën me $k = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$, është e nevojshme që të veprojmë me forcë prej 1 N.

Dinamometrat janë të ndërtuar nga sustat sepse zgjatja është proporcionale me forcën.

Vlera e koeficientit të elasticitetit k (N/m)	Përdorimi	Përse?
1 – 5	Lodra apo stilolapsa	Nevojitet forcë e vogël për ta ngjeshur, e dedikuar për lëvizje të lehta.
10 – 50	Pajisje ndihmëse ortopedike	E mbajnë me lehtësi peshën dhe i përshtaten trupit
10 – 100	Dinamometra	Ndjeshmëri të ndryshme në një instrument kompakt
100 – 300	Amortizues të biçikletave	Doemos të absorbojnë goditjet, por edhe të mbajnë peshën.
200	Peshore kuzhine	Duhet të japin reagim preciz, por jo tepër të ndjeshëm.
100 – 500	Shtrat për fjetje	Ta mbajnë peshën e trupit, të përshtaten me formën e trupit dhe të absorbojnë lëvizje pa përcjellje të dridhjeve.
500 – 2 000	Susta te trampolina	Duhet të absorbojë dhe kthejë energjinë nga kërcimi, duke mundësuar kërcime të larta pa lëdime.
1 000 – 5 000	Susta te pushka me ajër apo pushka me sustë	Ta hedhë plumbin (apo topthin) kur lirohet susta.
10 000 – 100 000	Amortizuesit tek automobilat	Mbajnë masë shumë më të madhe dhe e absorbojnë energjinë gjatë vozitjes.
100 000 – 1 000 000	Makinat dhe sustat industriale	Duhet të përballojnë goditje të forta dhe të rikthehen pa u dëmtuar.

Tabela 1. Shembuj të sustave në jetën e përditshme me vlerat e tyre të koeficientit të elasticitetit

Shembull i zgjidhur 5:

Gjatësia e amortizuesit është 0,40 m. Gjatë goditjes me gropën në një rrugë në amortizues vepron forca prej 600 N, gjatë të cilës gjatësia e saj zvogëlohet për 0,35 m. Sa është koeficienti i elasticitetit të amortizuesit?

Zgjidhje:

Është dhënë:

l_0=0,40 m
l = 0,35 m
F = 600 N

Kërkohet:

k = ?

Forca elastike që paraqitet gjatë deformimit të amortizuesit është:

$$F = k\Delta l$$

Ku deformimi i amortizuesit është

$\Delta l = l_0 - l$=0,40 m – 0,35 m = 0, 05 m

Prej nga për koeficientin e elasticitetit të amortizuesit fitohet

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{600\,\text{N}}{0,05\,\text{m}} = 12000\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Eksperiment: Përcaktimi i koeficientit të elasticitetit të sustës

Detyrë: Të përcaktohet koeficienti i elasticitetit të sustës për së paku 5 ngarkesa të ndryshme në sustë. Rezultatet të paraqiten në tabelë. Të llogaritet vlera mesatare. Të paraqitet varësia grafike e zgjatjes nga ngarkesa në sustë. Të sqarohet përmes cilës procedurë – grafike apo analitike fitohet rezultat më i saktë dhe përse. Rezultati të paraqitet me gabim relativ gjatë matjes.

Mjetet e nevojshme:

- sustë me koeficient të panjohur të elasticitetit
- stativë me mbajtëse
- set i gramarëve me masa të ndryshme
- vizore/metër/ me saktësi prej 1 mm

Procedura gjatë matjes:

1. Vendose stativën në një mbështetëse të fortë dhe horizontale.
2. Fiksoje sustën në pjesën e sipërme të stativës dhe mate gjatësinë fillestare të sustës pa ngarkesë (l_0).
3. Matja vazhdon me vendosje të gramarit me masë m_1 në fundin e sustës.
4. Mate gjatësinë e re (l) të sustës dhe llogarite zgjatjen

$$\Delta l = l - l_0$$

5. Përsërite procedurën e matjes për së paku 5 gramarë me masa të ndryshme.

Rezultatet:

Rezultatet e fituara nga matjet si dhe vlerat mesatare dhe gabimet absolute të llogaritura vendosi në tabelë. Poashtu rezultatin e fituar të matjes paraqite me gabim relativ.

N	m (kg)	F (N)	l_0 (m)	l (m)	Δl (m)	k (N/m)	Δk (N/m)
1							
2							
...							

Vizato grafik të varësisë së zgjatjes së sustës (ndryshore e varur) nga forca (ndryshore e pavarur) dhe nga grafiku përcakto koeficientin e elasticitetit të sustës.

Në fund interpreto rezultatet e fituara.

Forcat e rezistencës së mjedisit

Një nga arsyet se përse automobilat sportivë mund të arrijnë shpejtësi më të mëdha se automobilat e qytetit është forma e tyre. Për dallim prej tyre kur automobili josportiv lëviz, ajri i jep rezistencë më të madhe e cila e ngadalëson lëvizjen.

Edhe notuesit profesionistë, me qëllim që të arrijnë rezultate më të mira gjatë notimit, përdorin teknika me të cilat e zvogëlojnë forcën e rezistencës së ujit e cila vepron tek ata gjatë lëvizjes së tyre në ujë (Figura 9).



▲ **Figura 9.** Notuesi i cili i kundërvihet rezistencës së mjedisit

Forcat e rezistencës së mjedisit janë forca që veprojnë kundër lëvizjes së trupit nëpër ndonjë mjedis. Ato janë rezultat i fërkimit ndërmjet trupave apo, rezistencës që e shkakton mjedisi (si ajri ose uji) kur trupi lëviz nëpër të.

Si veprojnë forcat e rezistencës së mjedisit? Forcat e rezistencës së mjedisit gjithmonë veprojnë në kahe të kundërt me kahun e lëvizjes së trupit dhe e zvogëlojnë shpejtësinë e lëvizjes së trupit. Sikur forca të rezistencës së mjedisit në veçanti do t'i shpjegojmë **forcën e fërkimit** dhe **forcën e rezistencës së ajrit**.

6. Forca e fërkimit ($\vec{F}_{fr}$)

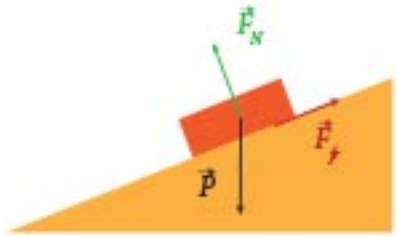
A të vjen më lehtë të ecësh në akull apo në asfalt? Përpiqu të japësh arsyetim të përgjigjes tënde pse është ashtu.

Nëse shutojmë topin e futbollit të rrotullohet në tokë, ai më shpejt do të ndalojë. Nëse e shutojmë në asfalt me të njëjtën forcë, ai do të shkojë më larg, por sërish pas një kohe do të ndalojë. Nëse të njëjtin top e shutojmë në sallë sporti me dysheme të rrëshqitshme, topi do të shkojë më së largu. Ç'është ndryshe në këto situata? Forca e goditjes të topit është gjithmonë e njëjtë. E ndryshojmë vetëm mjedisin. Shkaku i ndaljes së topit të futbollit është forca e fërkimit.

Forca e fërkimit është forca që paraqitet gjatë kontaktit të dy sipërfaqeve dhe vepron në kah të kundërt me kahun e lëvizjes (ose përpjekjes për lëvizje) të trupit në sipërfaqe.

Që të paraqitet forca e fërkimit mes dy trupave, duhet diçka t'i shtyjë njëri drejt tjetri. Forca e fërkimit paraqitet gjatë takimit të dy trupave edhe atë kur trupat lëvizin (apo kanë tendencë të lëvizin) njëri në lidhje me tjetrin.

Forca e fërkimit paraqitet edhe mes shtresave të lëngut të cilat lëvizin me shpejtësi të ndryshme. Fërkimi që paraqitet mes trupave të ngurtë quhet **fërkim i jashtëm**, ndërsa fërkimi mes shtresave të lëngut quhet **fërkim i brendshëm** apo **viskozitet**.



▲ Figura 10. Forca e fërkimit ($\vec{F}_{fr}$)



▲ Figura 11. Shkalla e mbështetur në mur qëndron në vend për shkak të forcës së fërkimit gjatë qetësisë

Këtu do të shqyrtojmë vetëm fërkimin e jashtëm që paraqitet te trupat e ngurtë (figura 10).

Ekzistojnë dy lloje të forcës së fërkimit: **forca e fërkimit gjatë qetësisë, forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes dhe forca e fërkimit gjatë rrokullisjes.**

6.1 Forca e fërkimit gjatë qetësisë

Me **forcën e fërkimit gjatë qetësisë** përballemi në jetën e përditshme. Ajo paraqitet gjithmonë kur dëshiron të zhvendosësh ndonjë objekt. Falënderuar forcës së fërkimit, automobili në teren të pjerrët mund të qëndrojë në vend dhe të mos kthehet prapa. Trupat e mbështetur në mur nuk rrëshqasin falënderuar forcës së njëjtë, domethënë forcës së fërkimit gjatë qetësisë (figura 11). Në cilindo trup, i cili ndodhet në rrafsh të pjerrët, dhe i cili nuk rrëshqet në të vepron forca e fërkimit gjatë qetësisë. Poashtu, kur mbajmë një objekt në pëllëmbë të dorës, për shembull gotë, ajo nuk rrëshqet dhe mbetet në pëllëmbë për shkak të forcës së fërkimit gjatë qetësisë.

Moduli i forcës maksimale të fërkimit gjatë qetësisë varet nga forca e reaksionit normal të mbështetëses në këtë mënyrë:

$$F_{fr,M} = \mu_M F_N$$

Në këtë barazim μ_q është **koeficienti i fërkimit gjatë qetësisë.** Koeficienti i fërkimit gjatë qetësisë është numër, pa njësi matëse. Ai është konstante e cila varet nga dy sipërfaqet takuese të cilat fërkohen. Nëse koeficienti i fërkimit ka vlerë zero, apo përafërsisht zero, domethënë se nuk ka fërkim ose mund të shpërfillet. Nëse vlera është shumë e madhe, domethënë se duhet të përdoret forcë shumë e madhe që të lëvizë trupi.

6.2 Forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes

Forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes paraqitet kur dy trupa lëvizin njëri në lidhje me tjetrin. Me eksperiment është treguar (ndërsa pasi që të mësohen ligjet e Njutnit edhe ti mund të vërtetosh) se forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes llogaritet me formulën

$$F_{fr,rr} = \mu F_N$$

Ku F_N është forca normale e reaksionit të mbështetëses, ndërsa μ është **koeficienti i fërkimit** gjatë rrëshqitjes. Koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes është poashtu numër pa njësi matëse. Ai i ka të njëjtat karakteristika si edhe koeficienti i fërkimit gjatë qetësisë, por gjithmonë është më i vogël apo i barabartë me koeficientin e fërkimit gjatë qetësisë

për kombinim të dy sipërfaqeve të njëjta. Kjo do të thotë se është e nevojshme më tepër forcë që të fillosh tërheqjen e një kutie të rëndë se sa ta mbash në lëvizje nëse ajo porsa ka filluar të rrëshqasë.



▲ Figura 12. Valixhja lëvizë më lehtë për shkak të rrotave

6.3 Forca e fërkimit gjatë rrokullisjes

Valixhet dhe karrocat në markete kanë rrota (figura 12). Gjatë bartjes së ngarkesës së madhe, ajo më lehtë zhvendoset kur nën të vendosen gypa cilindrik. Ekzistojnë hipoteza se vetëm në atë mënyrë njerëzit në të kaluarën i kanë sjella gurët e mëdhenj për ndërtim të piramidave në Egjipt dhe Stounhenxh në Britani të Madhe.

Kur një trup rrotullohet nëpër një sipërfaqe, paraqitet forca e fërkimit e quajtur **forca e fërkimit gjatë rrokullisjes**. Kjo forcë është më e madhe se forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes. Rezultatet eksperimentale tregojnë se forca e fërkimit gjatë rrokullisjes është në proporcion të drejtë me reaksionin normal të mbështetëses, ndërsa në proporcion të zhdrejtë me rrezen e trupit cilindrik mbi të cilin ndodhet, ndërsa kjo jepet me formulën:

$$F_{fr,rrok} = k\frac{F_N}{r}$$

Në këtë barazim k është koeficienti i fërkimit gjatë rrokullisjes, ndërsa r është rrezja e cilindrit nën trup. Njësia matëse për koeficientin e fërkimit gjatë rrokullisjes është 1 m – metri.

6.4 Përse paraqitet forca e fërkimit

Forca e fërkimit mund të sqarohet nëse sipërfaqet takuese të trupave shikohen nën mikroskop (figura 13).

Mund të vërehet se edhe sipërfaqet më të lëmuara kanë parregullsi. Parregullsitë e sipërfaqes takuese të njërit prej trupave depërtojnë në parregullsitë e tjetrit, sa më e madhe të jetë sipërfaqja takuese aq më e madhe është forca e fërkimit.



▲ Figura 13. Fotografi mikroskopike e sipërfaqes së metalit

6.5 Efektet negative të forcës së fërkimit

Efektet pozitive të forcës së fërkimit i përmendëm: duke falënderuar forcës së fërkimit mund të lëvizim, të mbajmë objekte, të ndërtojmë shtëpi, automobili të frenojë etj. Por forca e fërkimit shpesh herë shkakton edhe efekte negative siç janë harxhimi i panevojshëm i energjisë, nxehja, gërryerja e pajisjeve e të ngjashme. Që të zvogëlohet forca e fërkimit, pjesët ndërmjet të cilave duhet të zvogëlohet fërkimi lubrifikohen (procesi quhet lubrifikim) apo shfrytëzohen kushineta që koeficienti i



▲ Figura 14. Vaji për lubrifikim dhe kushinetat

fërkimit gjatë rrokullisjes të jetë më i vogël se koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes (figura 14).

Shembull i zgjidhur 6:

Kur Monika ecte nëpër aeroport me valixhen prej 20 kg, me rrota që kanë rreze 3 cm, forca e fërkimit gjatë rrokullisjes së rrotave të valixhes ka qenë 10 N. Gjatë kohës së udhëtimit rrotat e valixhes u thyen, por Monika doemos duhej ta nxjerrë valixhen pa rrota, gjatë të cilës forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes ishte 80 N. Sa janë koeficientët e fërkimit gjatë rrokullisjes dhe gjatë rrëshqitjes dhe sa është herësi i tyre?

Është dhënë:

$m = 20\ \text{kg}$; $r = 3\ \text{cm} = 0{,}03\ \text{m}$; $F_{fr,rr} = 10\ \text{N}$; $F_{mak} = 80\ \text{N}$

Kërkohet:

$k = ?$; $\mu = ?$; $\mu/k = ?$

Zgjidhje:

Valixhja është në mbështetësen horizontale, por forcën e reaksionit mund ta njehsojmë si

$F_N = mg$

$F_N = 20\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2 = 196{,}2\ \text{N}$

Nga barazimi për fërkim gjatë rrokullisjes mund të shprehim koeficientin k

$$F_{rrok} = k\frac{F_N}{r}$$

$$k = 10\ \text{N} \cdot \frac{0{,}03\ \text{m}}{196{,}2\ \text{N}} = 0{,}0015\ \text{m}$$

Të njëjtën mund ta bëjmë edhe për koeficientin e fërkimit gjatë rrëshqitjes

$$F_{fr,rr} = \mu F_N$$

$$\mu = \frac{F_{fr,rr}}{F_N}$$

$$\mu = \frac{80\ \text{N}}{196{,}2\ \text{N}} = 0{,}41$$

Herësi i dy koeficientëve do të jetë

$$\frac{\mu}{k} = \frac{0{,}41}{0{,}0015} = 273\ \text{m}^{-1}$$

Koeficienti i fërkimit gjatë rrëshqitjes është rreth 273 herë më i madh se ai i rrokullisjes. Kjo qartëson përse valixhet me rrota janë shumë më të lehta për tërheqje. Por, për dallim nga fërkimi gjatë rrëshqitjes, koeficienti i fërkimit gjatë rrokullisjes k nuk është pa dimensione – ai ka dimensionet e gjatësisë dhe njësia e tij është metri (m), sepse varet nga gjeometria e rrotës.

Mendo si shkencëtar

Realizo hulumtim përmes të cilit do të mund të përcaktosh koeficientin e fërkimit gjatë qetësisë mes një trupi dhe tre dyshemeve të ndryshme.

Titulli i hulumtimit shkencor: Përcaktimi i koeficientit të fërkimit gjatë qetësisë

Hapi 1: Vëzhgo lëvizjen e trupit i cili fillon të kryejë lëvizje nën veprimin e ndonjë force dhe siguro test fer përmes përcaktimit sipas rregullave të ndryshoreve të pavarura, të varura dhe kontrolluese që të përcaktosh koeficientin e fërkimit gjatë qetësisë ndërmjet dy trupave për tri dysheme të ndryshme. Për realizim të hulumtimit shkencor mund të përdorësh edhe simulim nga interneti.

Hapi 2: Parashtro hipotezë.

Hapi 3: Harto plan për eksperiment dhe realizo eksperimentin.

Hapi 4: Përpuno të dhënat

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe konfirmo ose hidhe poshtë hipotezën.

7. Forca e rezistencës së ajrit ($\vec{F}_{rez}$)

Kur një trup lëviz nëpër ajër, në të vepron forca e rezistencës së ajrit. Kjo forcë është pothuajse e pahetueshme gjatë lëvizjes me shpejtësi të vogël, por bëhet më e madhe gjatë lëvizjes me shpejtësi më të mëdha. Për shembull: nëse vozit me automobil dhe e shtrin pëllëmbën e dorës jashtë dritares, do të ndjesh se si ajri e shtyn prapa.

Kur trupi kryen lëvizje nëpër ajër, gjatë rrugës së tij goditet me molekulat e ajrit. Këto goditje të trupit me molekulat e ajrit e japin forcën e rezistencës së ajrit, e cila vepron në kah të kundërt me lëvizjen e trupit. Trupat të cilët lëvizin me shpejtësi më të madhe, do të godasin një numër më të madh të molekulave, e kjo do të thotë edhe forca e rezistencës së ajrit që do të veprojë tek ata do të jetë më e madhe. Poashtu sa më e madhe është sipërfaqja frontale e trupit që lëviz, do të ketë numër më të madh të goditjeve me molekulat e ajrit, domethënë forcë më të madhe të rezistencës së ajrit.

Kamionët, për dallim nga automobilat sportivë, nuk janë aerodinamikë, sepse sipërfaqja e tyre frontale është e madhe (figura 15).



▲ **Figura 15.** Kamionët dhe automobilat kanë sipërfaqe të ndryshme frontale, e me këtë edhe aerodinamikë të ndryshme

Për një trup, i cili lëviz me shpejtësi v, për forcën e rezistencës së ajrit mund të përdoret barazimi:



▲ Figura 16. Automobili i shpejtë frenon më shpejt falë forcës së rezistencës së ajrit



▲ Figura 17. Çiklistët profesionistë i kushtojnë kujdes edhe formës së helmetës

$$F_{re} = cv^2$$

ku c është koeficienti i rezistencës së ajrit, i cili varet nga konstantja e rezistencës së ajrit, dendësia e ajrit dhe sipërfaqja frontale e trupit. Njësia për koeficientin e rezistencës së ajrit është $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$.

Forca e rezistencës përdoret veçanërisht kur nevojitet ndalje e shpejtë e ndonjë trupi i cili lëviz me shpejtësi të madhe. Për shembull, me hapjen e parashutës pas automobilit, rritet sipërfaqja që vjen në kontakt me molekulat e ajrit, që çon në frenim të shpejtë (figura 16).

Nga ana tjetër, në shumë raste zvogëlimi i rezistencës së ajrit është i dobishëm. I tillë është rasti te dizajni i automobilave, sepse më pak rezistencë do të thotë shpejtësi më e madhe dhe efikasitet më i mirë. Rezistenca e ajrit varet në masë të madhe nga forma e automobilit. Edhe te biçikletat forma e helmetës mund të sigurojë arritje të shpejtësive më të mëdha (figura 17).

Shembull i zgjidhur 7:

Një çiklist kryen lëvizje me shpejtësi v=10 m/s. Koeficienti i rezistencës së ajrit për të dhe biçikletën është 0,5 kg/m. Sa është forca e rezistencës së ajrit?

Është dhënë:

$c = 0{,}5$ kg/m; $v = 10$ m/s

Kërkohet:

$F_{re} = ?$

Zgjidhje:

Madhësia e forcës së rezistencës është: $F_{re} = cv^2 = 0{,}5\frac{\text{kg}}{\text{m}}\left(10\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 50$ N

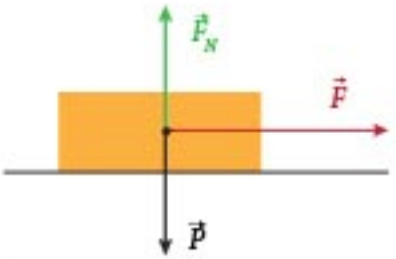


▲ Figura 18. Testimi i sigurisë së automobilave

Diagrami i forcave

Diagrami i forcave është skicë e cila i paraqet të gjitha forcat që veprojnë në një trup në një çast të dhënë, dhe gjatë kësaj nuk merren parasysh forcat me të cilat trupi vepron mbi objektet në rrethinën e tij. Përdoret që më lehtë të analizohet lëvizja apo gjendja e qetësisë së tij.

Trupi i shqyrtuar vizatohet si drejtkëndësh dhe në pikën e veprimit të trupit vizatohen të gjitha forcat që veprojnë. Gjatë kësaj duhet pasur kujdes që forcat janë madhësi vektoriale, domethënë kanë modul, drejtim dhe kah.



▲ Figura 19. Diagrami i forcave që veprojnë në automobil gjatë ndeshjes nëse ai lëviz majtas.

Shembull i zgjidhur 8.

Vizato diagramin e forcave të cilat veprojnë te parashutisti gjatë kërcimit me parashutë të hapur.

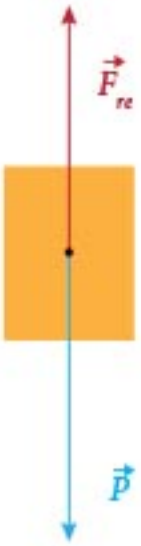
Zgjidhje:

Gjatë kërcimit me parashutë është e nevojshme të identifikohen forcat që veprojnë te parashuta dhe kërcyesi/parashutisti si sistem, por jo edhe forcat që ata i shkaktojnë gjatë lëvizjes së tyre nëpër ajër.

Në diagram të forcave paraqiten

- Forca e rëndesës së Tokës – e orientuar vertikalisht për poshtë dhe
- Forca e rezistencës së ajrit – e orientuar vertikalisht për lart

Forca e tendosjes së penjve në këtë rast nuk duhet të analizohet, sepse nuk ndikon në lëvizjen e parashutës dhe kërcyesit si tërësi. Diagrami i forcave është dhënë në figurën 20.



▲ Figura 20. Diagrami i forcave te parashutisti me parashutë të hapur

Shembull i zgjidhur 9:

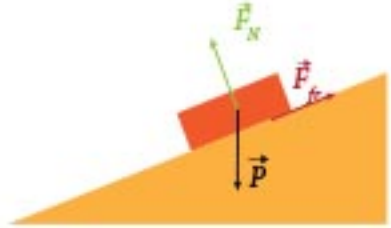
Vizato diagramin e forcave të cilat veprojnë te trupi i cili rrëshqet përgjatë rrafshit të pjerrët.

Zgjidhje:

Në trupin i cili rrëshqet sipas rrafshit të pjerrët veprojnë forcat:

- Forca e rëndesës së Tokës – e orientuar vertikalisht për poshtë
- Forca normale e reaksionit të mbështetëses – e orientuar normal ndaj rrafshit të pjerrët me kahun prej rrafshit kah trupi
- Forca e fërkimit – e orientuar në kahun e kundërt me kahun e lëvizjes së trupit

Sipas të gjitha këtyre të dhënave, diagrami i forcave është paraqitur në figurën 21.



▲ Figura 21. Diagrami i forcave të cilat veprojnë te trupi i ndodhur në rrafsh të pjerrët

Forca rezultante ($\vec{F}_R$)

Në trup mund të veprojnë njëkohësisht më tepër forca. Se si do të lëvizë trupi nën veprimin e të gjitha këtyre forcave, varet nga forca e përgjithshme apo **forca rezultante**.

Pas mbledhjes së forcave, ato zëvendësohen me një forcë e cila quhet **forca rezultante**.

Forcat janë madhësi vektoriale, kjo do të thotë se gjatë mbledhjes së forcave vlejnë rregullat për mbledhje të vektorëve (mbledhja e vektorëve kolinearë, rregulla e trekëndëshit, rregulla e shumëkëndëshit). Edhe forca rezultante është vektor, d.m.th ka modulin, drejtimin dhe kahun e saj. Forca rezultante përcaktohet me formulën:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots + \vec{F}_n$$

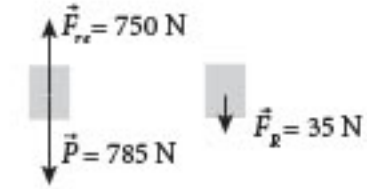
Shembull i zgjidhur 10:

Përcakto forcën rezultante e cila vepron te parashutisti me parashutë të hapur, nëse masa e parashutistit së bashku me masën e parashutës është 80 kg, ndërsa forca e rezistencës së ajrit pas hapjes së parashutës është 750 N.

Zgjidhje:

Gjatë përcaktimit të forcës rezultante hapi i parë është të vizatohet diagrami i forcave (figura 22). Hapi i dytë është llogaritja e forcës rezultante, e cila paraqet shumë vektoriale të të gjitha forcave të cilat veprojnë te parashutisti dhe parashuta.

Në këtë rast vlen rregulla e mbledhjes së vektorëve kolinearë me kah të kundërt, gjatë të cilës për forcën rezultante fitohet se është 35 N, ndërsa kahu i saj përputhet me kahun e forcës më të madhe, domethënë është e orientuar vertikalisht për lart.

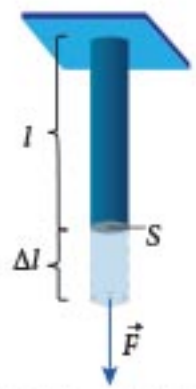


▲ Figura 22. Diagrami i forcave të parashutistit me parashutë të hapur

Nëse do të dish më tepër:

Te trupat e ngurtë nën veprimin e forcës mund të paraqiten lloje të ndryshme të deformimeve, por këtu do të ndalemi vetëm te deformimet lineare – zgjatja. Deformimet e këtilla më së shpeshti paraqiten te trupat me gjatësi dukshëm më të madhe se dimensionet e tjera, siç janë telat, shufrat e të ngjashme.

Zgjatja e shufrës metalike bëhet kur në shufër veprohet me forcë e cila është normal me sipërfaqen e prerjes tërthore të shufrës, gjatë të cilës shufra nën veprimin e forcës zgjatet (figura 23). Por, jo të gjitha shufrat zgjaten njëlloj nën veprimin e forcës së njëjtë.



▲ Figura 23. Zgjatja e shufrës nën veprimin e forcës

Se sa do të zgjatet shufra nën veprimin e forcës, gjegjësisht se sa deformim do të shkaktojë forca, varet nga cili material është ndërtuar shufra, sa është gjatësia e saj dhe sa është sipërfaqja e prerjes tërthore të saj. Është e vërtetuar se zgjatja e shufrës është proporcionale me forcën F e cila e shkakton zgjatjen dhe gjatësinë fillestare të shufrës l, dhe në proporcion të zhdrejtë me syprinën e sipërfaqes së prerjes tërthore S në të cilën vepron forca.

Kjo varësi jepet nga ligji i Hukut i cili shprehet me formulën

$$\Delta l = \frac{1}{E}\frac{F}{S}l$$

ku E quhet moduli i Jungut i elasticitetit. Vlera e tij është karakteristikë e materialit nga i cili është i ndërtuar shufra dhe është i lidhur me vetitë elastike të materialit.

Trupat të cilët e kundërshtojnë më shumë deformimin gjatë veprimit të forcës, themi se kanë modul të Jungut të elasticitetit më të madh.

Nëse për një trup nuk ndryshon materiali nga i cili është i ndërtuar trupi, gjatësia e tij fillestare dhe syprina e sipërfaqes së prerjes tërthore gjendet nga ligji i Hukut, i cili jepet me formulën

$$F = k\Delta l$$

ku k është koeficienti i elasticitetit të trupit.

Ligji i Hukut mund të paraqitet edhe përmes tensionit mekanik normal σ.

Herësi $\frac{F}{S} = \sigma$ quhet tensioni mekanik normal. Ligji i Hukut, i cili jepet:

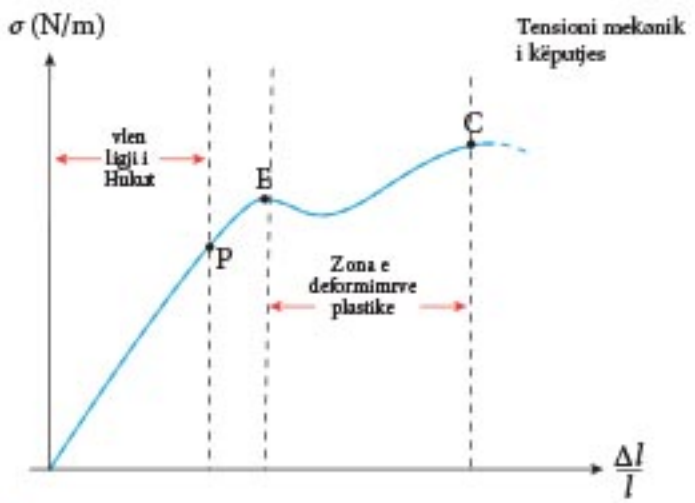
$$\Delta l = \frac{1}{E}\frac{F}{S}l$$

mund të shprehet me barazimin

$$\sigma = E\frac{\Delta l}{l}.$$

Sipas këtij ligji, tensioni mekanik normal gjatë deformimeve elastike është proporcional me zgjatjen relative.

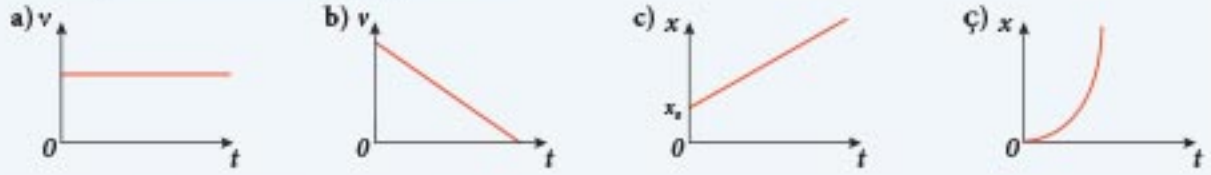
Paraqitja grafike e varësisë së deformimit relativ nga tensioni mekanik jepet në grafikun 2.



▲ Grafiku 2. Varësia e zgjatjes relative nga tensioni mekanik normal

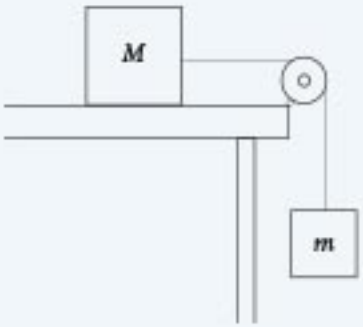
Pyetje:

1. Në grafikët vijues është paraqitur varësia e shpejtësisë së trupit në lidhje me kohën apo pozita e trupit në lidhje me kohën. Në cilët prej këtyre trupave vepron forcë rezultante e ndryshme nga zero. Sqaro shkurtimisht përgjigjen tënde.

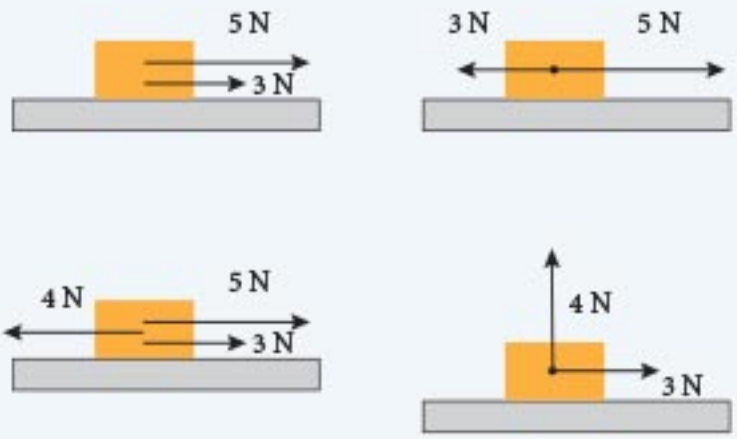


2. Vizato diagramet e forcave për rastet vijuese:
   - **a)** Libri i vendosur në tavolinë
   - **b)** Topi në çastin e goditjes.
   - **c)** Trupi i varur në sustë
   - **ç)** Automobili në lëvizje kur vozitësi shtyp pedalën e gazit
   - **d)** Automobili në lëvizje kur vozitësi shtyp pedalën e frenimit
   - **dh)** Fëmija në sajë kur prindi e tërheq kah maja e kodrës
   - **e)** Gjylja e varur në litar kur garuesi përgatitet ta hedhë në një garë kualifikuese për Lojërat Olimpike
   - **ë)** Vagoni te treni rrotullues (Roller coaster), kur vagoni ndodhet në pozitën më të lartë apo më të ulët të hekurudhës së trenit rrotullues.
   - **f)** Trupi i cili rrëshqet pa fërkim, me shpejtësi të vogël, sipas sipërfaqes së një gjysmësfere në çastin kur trupi do të shkëputet nga gjysmësfera
   - **g)** tre trupa mes tyre të lidhur me anë të perit dhe trupin e parë e tërheqim djathtas

3. Në figurë është dhënë sistem prej dy trupave me masa M dhe m të lidhur me anë të një peri. $M < m$. Koeficienti i fërkimit mes trupit me masë M dhe mbështetëses është μ. Vizato forcat që veprojnë në të dy trupat dhe emërto forcat!



4. Njehso forcat rezultante në të gjitha rastet e paraqitura në figurat.



2.6 Ligjet e Njutonit

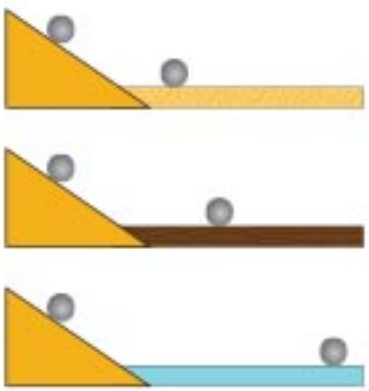
Ligji i parë i Njutonit

Qysh në Greqinë Antike Aristoteli e paraqiti kuptimin e forcës. Sipas mendimit të tij, trupat lëvizin vetëm kur në ta vepron forcë. Kjo ide nuk është e pakuptimtë, sepse në jetën e përditshme takohemi me të: për të lëvizur automobilin nga qetësia na nevojitet forcë, njëlloj nëse dëshirojmë që të vazhdojë automobili të lëvizë, duhet vazhdimisht të shtypim pedalën e gazit. Por ajo që Aristoteli nuk mori parasysh ishte forca e fërkimit. Automobili ndalet kur do të ndalim së shtypuri në pedalën e gazit sepse në të vepron forca e fërkimit.

Kjo ide e Aristotelit për rolin e forcës te trupat mbeti për një kohë të gjatë. Rreth 2000 vite më vonë Galilei me ndihmën e eksperimenteve e ridefinoi veprimin e forcës te trupat.

Le të shqyrtojmë një eksperiment të ngjashëm me atë që e realizoi Galilei.

Një top metalik lëshohet përgjatë një rrafshi të pjerrët i cili vazhdon me një mbështetëse horizontale (figura 1). Kur te mbështetësja horizontale është e hedhur rërë, topi shumë shpejt ndalet. Kur sipërfaqja është prej druri, topi lëviz më gjatë dhe arrin më larg. Nëse sipërfaqja është qelqore, mund të vërehet se topi lëviz edhe më gjatë dhe arrin edhe më larg.



▲ Figura 1. Eksperimenti me topin dhe rrafshin e pjerrët

Nga ky eksperiment mund të nxirret përfundimi se me zvogëlimin e forcës së fërkimit, distanca që e kalon topi rritet, domethënë lëvizja zgjat më tepër dhe gjithnjë e më shumë i përafrohet lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore.

Duke realizuar eksperimente të ngjashme, Galilei erdhi deri te përfundimi se, nëse mundesh në tërësi t'i heqësh të gjitha ndikimet e jashtme, trupi do të vazhdojë të lëvizë në kohëzgjatje pafund sipas një vije të drejtë me shpejtësi të njëjtë, domethënë kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme.

Isak Njutni i përgjithësoi përfundimet deri te të cilat arriti Galilei në një ligj i cili sot njihet si Ligji i parë i Njutonit i cili thotë:

Kur te trupat nuk vepron forcë, ata mbesin në gjendje të qetësisë apo lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore.

Ligji i parë i Njutonit mund të formulohet edhe si:

Çdo trup mbetet në gjendjen e qetësisë apo në lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme derisa një trup tjetër të mos veprojë në të.

Ligji i parë i Njutonit poashtu quhet edhe ligji për inercion.



▲ **Figura 2.** Vozitësi fillestar është i mbrojtur me anë të rripit të sigurimit

Inercioni është veti e trupave që të kundërshtojnë ndryshimin e gjendjes së qetësisë apo lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore.

Lëvizja e trupit kur në të vepron forcë rezultante e barabartë me zero quhet lëvizje sipas inercionit.

Pikërisht ky ligj e arsyeton nevojën e vendosjes së detyrueshme të rripit të sigurimit në automobila. Gjatë lëvizjes së automobilit me shpejtësi të madhe, nëse automobili frenon me të madhe (si në shembullin gjatë ndeshjeve), udhëtarët, nëse nuk e kanë të vendosur rripin e sigurimit, sipas inercionit do të hidhen përpara (figura 2).

Sistemi inercial i referimit është sistemi në të cilin trupat të cilët nuk janë nën veprimin e forcës, janë në gjendje të qetësisë apo lëvizjes së njëtrajtëshme drejtvizore.

Sistemi inercial i referimit

Në sisteme të këtilla vlen Ligji i parë i Njutonit për lëvizje, kurse lëvizja e trupit mund të përshkruhet saktë pa pasur nevojë të forcave shtesë (imagjinare).

Këto sisteme të referimit luajnë rol tepër të madh në Fizikë. Është e vërtetuar se nëse një eksperiment realizohet në dy sisteme inerciale të ndryshme, eksperimentet do t'u nënshtrohen të njëjtave ligje fizike dhe do të fitohen të njëjtat rezultate. Shembull: Një sistem referimi është i lidhur për sipërfaqen e Tokës, ndërsa tjetri për trenin, i cili lëviz me shpejtësi konstante. Këto dy sisteme referente mund t'i llogarisim se janë inerciale. Nuk ekziston eksperiment me të cilin udhëtari në tren do të tregojë nëse treni lëviz me shpejtësi konstante apo është në gjendje të qetësisë, domethënë ligjet e fizikës do të vlejnë njëlloj për të dy sistemet e referimit.

Masa si masë e intertësisë së trupit

Kur udhëtojmë në autostradë, shpesh vërejmë se automjete të ndryshme lëvizin me shpejtësi të ndryshme. Përse kamionët gjithmonë lëvizin më ngadalë se automobilat, dhe përse ka kufizime të veçanta për ta?

Që të kuptojmë përse kamionët doemos duhet të lëvizin më ngadalë, me anë të një shembulli do të shohim rolin e masës në lëvizje dhe në ndalje të trupit.

Shembull i zgjidhur 1:

Pse në autostradë, ku shpejtësia e lejuar për automobila është 120 km/h, kamionëve u lejohet të lëvizin me shpejtësi maksimale prej 80 km/h?

Përgjigje:

Kamionët kanë masë shumë më të madhe se automobilat, ndërsa kjo do të thotë se kanë inercion shumë më të madh. Inercioni është aftësia e trupit që të kundërshtojë ndryshimin e shpejtësisë së tij. Kjo do të thotë se kamionit do t'i duhet kohë më e gjatë për të frenuar, ndërsa me këtë do të kalojë rrugë më të gjatë para se të frenojë. Që të zvogëlohet rreziku nga fatkeqësitë, veçanërisht gjatë frenimeve të papritura, kamionët doemos duhet të lëvizin me shpejtësi më të vogël, domethënë me shpejtësi maksimale prej 80 km/h dhe të respektojnë rregulloren për distancë mes kamionit dhe automjeteve të tjera para tyre.

Masa është masë për inercionin e trupit, domethënë masa e trupit tregon se sa trupi e kundërshton ndryshimin e shpejtësisë.

Ligji i dytë i Njutonit

Mendo si shkencëtar

Ligjin e parë të Njutonit nuk mund ta vërtetojmë, sepse është e pamundur që të lirohemi nga veprimi i trupave të e tjerë. Por mund të tregojmë se nën veprimin e forcës mund të ndryshohet shpejtësia e trupit, si dhe drejtimi i kahut të lëvizje së tij. Me këtë mund të tregojmë se nën veprimin e forcës trupi fiton nxitim. Nga çka varet se sa do të jetë nxitimi? Detyra jote do të jetë të realizosh dy hulumtime shkencore me të cilat do të caktosh varësinë e nxitimit të trupit nga forca që vepron në të dhe masa e tij.

Titulli i hulumtimit shkencor: Përcaktimi i varësisë së nxitimit të trupit nga forca që vepron në të

Hapi 1: Vëzhgo lëvizjen e një karroce në një sipërfaqe të rrafshët e cila nën veprimin e forcës kryen lëvizje njëtrajtësisht të nxituar. Siguro test fer duke përcaktuar sipas rregullave ndryshoret e pavarura, të varura dhe kontrolluese që të përcaktosh se si nxitimi që e fiton trupi varet nga forca e cila vepron në të.

Hapi 2: Parashtro hipotezën.

Hapi 3: Harto plan për eksperimentin dhe realizo eksperimentin. Eksperimenti mund të realizohet edhe përmes simulimit: PhET | Forces and motion: Basics | Acceleration.

Hapi 4: Përpuno të dhënat dhe vizato grafik të varësisë së nxitimit të karrocës nën veprimin e forcës.

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe konfirmo ose hidhe poshtë hipotezën.

Përsërite të njëjtën procedurë për hulumtimin shkencor me titull: Përcaktimi i varësisë së nxitimit të trupit nga masa e tij

Sipas rezultateve të fituara nga hulumtimi i mëparshëm i realizuar shkencor, sigurisht ke arritur te përfundimet vijuese se:

- Nxitimi të cilin e fiton trupi nën veprimin e forcës varet në proporcion të drejtë nga forca që vepron te trupi
- Nxitimi të cilin e fiton trupi nën veprimin e forcës varet në proporcion të zhdrejtë nga masa e tij

Së bashku këto përfundime mund të shënohen me formulën vijuese:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Ti me hulumtimin tënd e zbulove Ligjin e dytë të Njutonit i cili ishte dhënë më sipër.

Ligji i dyt i Njutonit i shënuar ndryshe, thotë:

Nën veprimin e forcës (F), trupi me masë (m) fiton nxitim (a).

Për emërtim më të lehtë Ligji i dytë i Njutonit shpesh shënohet si: $\vec{F} = m\vec{a}$. Edhe pse matematikisht kjo formulë është identike me atë paraprake, mund të shkaktojë huti. Nuk mund të themi: "forca varet nga masa dhe nxitimi". Forca është diçka që nga jashtë vepron në trup dhe nuk varet nga masa dhe nga nxitimi i trupit. Poashtu, meqë bëhet fjalë për trupin e njëjtë, masa e tij nuk ndryshon.

Nëse në trup veprojnë më tepër forca, nën veprimin e forcës rezultante F_R trupi me masë m fiton nxitim a :

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

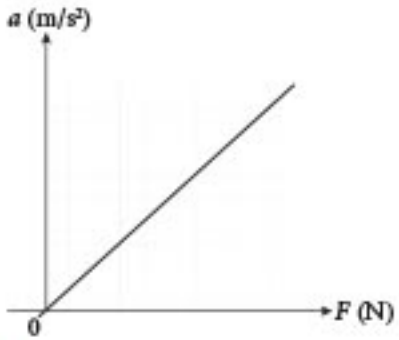
Kahu i nxitimit që do ta fitojë trupi nën veprimin e forcës, është i njëjtë me kahun e forcës rezultante që vepron në të.

Nga barazimet e fundit definohet edhe njësia për forcën - njutoni.

Forca prej 1 N trupit me masë prej 1 kg i jep nxitim 1 m/s², ose

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ligji i dytë i Njutonit poashtu quhet edhe ligji themelor i dinamikës i cili vlen vetëm në sistemet inerciale të referimit.



▲ **Grafiku 1.** Grafiku i varësisë së nxitimit të trupit nga forca që vepron në të

Grafiku i varësisë së nxitimit të trupit nën veprimin e forcës

Nëse e tregojmë varësinë e nxitimit nga forca në grafik, fitohet vijë e drejtë e cila fillon nga fillimi koordinativ, domethënë sa i përket varësisë nxitimi është në proporcion të drejtë me forcën (grafiku 1)

Grafiku fillon nga qendra e sistemit koordinativ, që do të thotë se kur forca $F = 0$ N, nxitimi i trupit është poashtu 0. Kjo do të thotë se trupi ose është në qetësi ose kryen lëvizje të njëtrajtëshme sipas një vije të drejtë, ashtu siç tregon ligji i parë i Njutonit!

Shembull i zgjidhur 2:

Në trupin me masë prej $m = 2{,}5$ kg vepron forcë konstante. Trupi fillon të lëvizë nga gjendja e qetësisë dhe për kohën prej $t = 2$ min kalon rrugë prej $s = 500$ m. Përcakto modulin e forcës.

Këshilla:

Kur zgjidh problemet e dinamikës, mbaj gjithmonë parasysh ekuacionet për lëvizjen drejtvizore të njëtrajtshme dhe të përshpejtuar.

Është dhënë:

$m = 2{,}5$ kg
$t = 2$ min $= 2 \cdot 60$ s $= 120$ s
$s = 500$ m
$v_0 = 0$

Kërkohet:

$F = ?$

Zgjidhje:

Duke filluar nga barazimi i dinamikës – Ligji i Dytë i Njutnit $\vec{F} = m\vec{a}$ dhe duke pasur parasysh se forca dhe nxitimi që fiton trupi kanë të njëjtin drejtim dhe kah, shënohet barazimi skalar $F = ma$

Shënohen edhe barazimet skalare për lëvizjen njëtrajtësisht të nxituar

$$v = v_o + at \qquad s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v = at \qquad s = \frac{at^2}{2}$$

Sipas kushtit të detyrës, shfrytëzohet barazimi për rrugën dhe fitohet

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 500\ \text{m}}{(120\ \text{s})^2} = 0{,}07\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Duke zëvendësuar në barazim, për F fitohet

$$F = ma = 2{,}5\ \text{kg} \cdot 0{,}07\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}175\ \text{N}$$

Mendo si shkencëtar

Duke shfrytëzuar Ligjin e Dytë të Njutnit përcakto se si forca e fërkimit varet nga masa e trupit, nga ashpërsia e sipërfaqeve takuese dhe nga syprina e sipërfaqeve takuese.

Titulli i hulumtimit shkencor: Përcaktimi i varësisë së forcës së fërkimit nga masa e trupit

Hapi 1: Vëzhgo lëvizjen e një trupi i cili nën veprimin dy forcave të ndryshme (forcës tërheqëse dhe forcës së fërkimit) kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme. Siguro test fer duke përcaktuar sipas rregullave ndryshoret e pavarura, të varura dhe kontrolluese që të përcaktosh si masa e trupit ndikon në forcën e fërkimit.

Hapi 2: Parashtro hipotezën.

Hapi 3: Harto plan për eksperimentin dhe realizo eksperimentin.

Hapi 4: Përpuno të dhënat

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe konfirmo ose hidhe poshtë hipotezën.

Përsërite të njëjtën procedurë për hulumtimin shkencor me titull:

- Përcaktimi i varësisë së forcës së fërkimit nga ashpërsia e sipërfaqeve
- Përcaktimi i varësisë së forcës së fërkimit nga syprina e sipërfaqeve takuese

Ligji i tretë i Njutonit

Gjatë lojës së ping-pongut gjithmonë kur topi godet tavolinën, ai vepron mbi tavolinë me forcë. Por, njëkohësisht edhe tavolina vepron në topin me forcë dhe për atë topi shkëputet nga tavolina duke e ndryshuar shpejtësinë, drejtimin dhe kahun e tij të lëvizjes.

Isak Njutni vuri re se forcat gjithmonë ekzistojnë, domethënë paraqiten në çifte. Edhe vetë definicioni i forcës si matje e bashkëveprimit të trupave tregon se doemos të ekzistojnë së paku dy trupa të cilët bashkëveprojnë. Gjatë këtij bashkëveprimi trupi i parë vepron në trupin e dytë me forcë të quajtur forca e aksionit, ndërsa trupi i dytë vepron në trupin e parë me forcë të quajtur forca e reaksionit.

Ligji i tretë i Njutonit thotë:

Forca me të cilën trupi i parë vepron në trupin e dytë, është e barabartë sipas modulit me forcën me të cilën trupi i dytë vepron në të parin.

Kjo shënohet si:

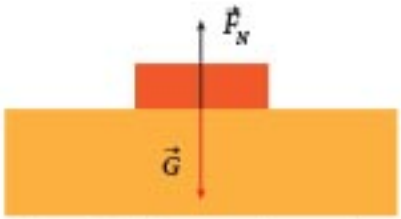
$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

Shenja minus tregon se këto dy forca kanë kah të kundërt.

Ligji i tretë i Njutonit i shënuar ndryshe thotë: Për çdo veprim (aksion) ekziston një kundërveprim (reaksion) i barabartë por me kah të kundërt.

Ligji i tretë i Njutonit na tregon se gjatë bashkëveprimit të trupave, forcat gjithmonë paraqiten në çift, ku njëra forcë është forca e aksionit, ndërsa tjetra shfaqet si rezultat i forcës së aksionit dhe quhet forcë e reaksionit. Disa prej këtyre çifteve të forcave tashmë i kemi përmendur gjatë mësimit të llojeve të forcave: pesha e trupit – aksioni dhe forca normale e reaksionit të mbështetëses – reaksioni (figura 3), pesha e trupit – aksioni dhe forca e tendosjes së perit – reaksioni, pesha e trupit – aksioni dhe forca elastike e sustës – reaksioni, forca gravitacionale me të cilën Toka tërheq trupin – aksioni dhe forca me të cilën trupi e tërheq Tokën – reaksioni.

Forca e aksionit dhe forca e reaksionit veprojnë mbi trupa të ndryshëm. Kur kërkohet forca rezultante që vepron mbi trupin, duhet pasur kujdes se cila nga këto dy forca vepron mbi trupin dhe cila është forca me të cilën trupi vepron mbi trupin tjetër.



▲ **Figura 3.** Çifti i forcave: pesha e trupit – aksioni dhe forca e reaksionit normal të mbështetëses – reaksioni

Shembull i zgjidhur 3:

Nëse një automobil përplaset me një kamion, mbi cilin nga mjetet do të veprojë një forcë më e madhe? Cili nga mjetet do të marrë nxitim më të madh? Shpjego!

Përgjigje:

Sipas Ligjit të Tretë të Njutnit, forca e aksionit dhe forca e reaksionit janë të barabarta mes tyre. Kjo do të thotë se forca me të cilën kamioni do të veprojë mbi automobilin do të jetë e barabartë me forcën me të cilën automobili do të veprojë mbi kamionin. Nga Ligji i Dytë i Njutnit ($F=ma$) rrjedh se mjeti që ka masë më të vogël, pra vetura, do të fitojë nxitim më të madh.

Nëse do të dish më tepër:

Përveç sistemeve inerciale ekzistojnë edhe sisteme joinerciale. Sisteme joinerciale janë ato sisteme të cilat në lidhje me sistemet referuese inerciale lëvizin me nxitim. Në to veprojnë të ashtuquajturat forca inerciale, natyra e të cilave nuk rrjedh nga veprimi i ndërsjellë i trupave. Forcat inerciale paraqiten vetëm në sistemet joinerciale!

Nëse një top është vendosur në dyshemenë e trenit i cili lëviz me nxitim, topi do të fillojë të lëvizë mbi dyshemenë e trenit në kahun e kundërt nga kahu i lëvizjes së trenit.

Forcat inerciale janë pasojë e lëvizjes me nxitim të sistemit referues, e jo si rezultat i veprimit të ndërsjellë të trupave. Moduli i këtyre forcave është i barabartë me prodhimin e masës së trupit dhe nxitimit të sistemit, ndërsa kahu është i kundërt me kahun e nxitimit të sistemit, pra:

$$\vec{F}' = -m\vec{a}$$

Gjatë kësaj ligji themelor i dinamikës për sistemet joinerciale jepet:

$$\vec{F} + \vec{F}' = m\vec{a}'$$

ku $\vec{F}$ është forca rezultante e të gjitha forcave "të vërteta" të cilat veprojnë te trupi, $\vec{F}'$ është forca inerciale, $\vec{a}'$ është nxitimi që fiton trupi në lidhje me sistemin joinercial të referimit.

Pyetje:

1. Nëse mbi trupin vepron vetëm një forcë, trupi a mund të jetë në gjendje qetësie ose në lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme?
2. Forca e fërkimit mes një trupi dhe sipërfaqes matet në këtë mënyrë: nëse një trup tërhiqet me dinamometër mbi një sipërfaqe horizontale ashtu që ai të lëvizë në mënyrë drejtvizore të njëtrajtëshme, atëherë forca me të cilën tërhiqet trupi është e barabartë në modul me forcën e fërkimit. Shpjego pse!
3. Pse një automjet mund të nxitojë më lehtë se një kamion?
4. Një kuti qëndron në gjendje të qetësisë në një rrafsh të pjerrët. Pjerrtësia e rrafshit rritet deri sa kutia të fillojë të rrëshqasë. Nëse më pas Pjerrtësia nuk ndryshon më, si do të lëvizë trupi?
5. Mbi një trup të vendosur mbi një sipërfaqe veprojnë forca e rëndesës së Tokës dhe forca e reaksionit të mbështetëses. Këta dy forca a janë forca e aksionit dhe forca e reaksionit? Nëse jo, shkruaj emrat e forcave të reaksionit për këto dy forca.
6. Kur dëshiron të gozhdosh një gozhdë në dru, sa herë që godet me çekan gozhda i vepron çekanit me një forcë të njëjtë për nga moduli. Pse megjithatë arrin ta gozhdosh gozhdën?
7. A pajtohesh që Ligji i Parë i Njutnit është rast i veçantë i Ligjit të Dytë të Njutnit? Pse po /pse jo?
8. Një trup me masë $m = 2$ kg, duke nisur nga gjendja e qetësisë, fillon të lëvizë nën veprimin e një force konstante. Përcakto intensitetin e forcës pas një rruge të përshkuar prej $s = 100$ m, kur trupi ka arritur shpejtësi $v = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

9. Me çfarë force duhet të veprohet mbi një trup me masë $m = 2$ kg, që ai në sekondën e parë të përshkojë rrugën $s = 2$ m?

10. Një nga raketat më të njohura që është përdorur për fluturim në Hënë është Saturn 5. Me një masë të përgjithshme $m = 516 \cdot 10^3$ kg, forcë rezultante $F = 4900$ kN dhe shpejtësi të çastit $v_0 = 2300 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, raketa për kohën $t = 20$ s, ka kaluar një rrugë të caktuar s. Njehso këtë rrugë.



11. Një nga bolidët e Formula 1 të Tojota-s, masa e të cilit së bashku me shoferin është $m = 600$ kg, duke nisur nga gjendja e qetësisë, për kohë prej $t = 3{,}4$ s kalon rrugën $s = 100$ m. Njehso forcën tërheqëse rezultante të bolidit.



Zgjidhje e detyrave me lloje forcash dhe ligjet e Njutnit

Këshilla:
Për zgjidhje të suksesshme të detyrave me zbatim të ligjeve të Njutnit, kur mbi trupin veprojnë më shumë forca, është e preferueshme të zbatohet disa hapa:

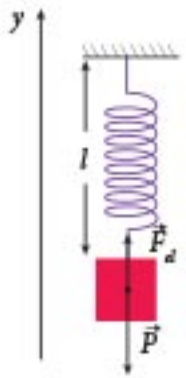
- Vizatohet diagrami i forcave në trup.
- Përcaktohet drejtimi i lëvizjes së trupit.
- Shënohet Ligji i Dytë i Njutnit në formë vektoriale, duke marrë parasysh të gjitha forcat që veprojnë mbi trupin.
- Shënohet Ligji i Dytë i Njutnit në formë skalare, gjatë të cilit bëhet projektimi i forcave në sistem koordinativ. Më së miri është që kahu i njërit prej boshteve të përputhet me kahun e lëvizjes. Si do ta vendosësh sistemin koordinativ varet nga drejtimi i forcave të cilat veprojnë mbi trupin.
- Të përcaktohen madhësitë e panjohura.

Pasi të jenë shkruar barazimet fizike, përdori operacione matematikore përkatëse për të eliminuar ndonjë madhësi fizike.

Kur zgjidhet një detyrë, në të cilën shqyrtohen shumë trupa, ki parasysh se për çdo trup vizatohet diagram i veçantë i forcave dhe shkruhet barazim i veçantë i Ligjit të Dytë të Njutnit.

Lëvizja e trupave të ndryshëm mund të shqyrtohet në lidhje me boshte të ndryshme referente.

Në Shtojcën 2 për funksionet trigonometrike, të dhënë në fund të librit, janë definuar funksionet themelore trigonometrike që do të të vijnë në ndihmë gjatë zgjidhjes së këtyre detyrave.



▲ Figura 1. Diagrami i forcave të cilat veprojnë te trupi i varur në sustë

Shembull i zgjidhur 1:

Shitësi i frutave e mat masën e frutave duke i varur ato në peshore. Peshorja ka një sustë, gjatësia e të cilës në gjendje jo të zgjatur është 10 cm. Në fund të sustës ai ka varur qesen me fruta me masë 600 g. Pas zgjatjes gjatësia e sustës është për dy të tretat më e madhe se gjatësia fillestare e saj. Sa është koeficienti i elasticitetit të sustës?

Zgjidhje:

Është dhënë:

$l_0 = 10\ \text{cm} = 0{,}1\ \text{m}$

$m = 600\ \text{g} = 0{,}6\ \text{kg}$

$v_0 = 0$

$$l = l_0 + \frac{2}{3}l_0 = (1+\frac{2}{3})l_0 = \frac{5}{3}l_0$$

$$g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kërkohet:

$k = ?$

Në kushtet kur trupi dhe susta janë në gjendje të qetësisë shënohet barazimi i Ligjit të Dytë të Njutnit, duke marrë se $a = 0$:

$$\overrightarrow{F_{el}} + \vec{P} = 0$$

Me projektim në lidhje me boshtin e referimit fitohet

$$F_{el} - P = 0 \qquad F_{el} - mg = 0 \qquad F_{el} = mg$$

Në barazimin e ligjit të Hukut $F_{el} = k\Delta l$ përdoret zgjatja e cila është e barabartë me

$$\Delta l = l - l_0 = \frac{5}{3}l_0 - l_0 = \frac{2}{3}l_0$$

Këtë e zëvendësojmë në ligjin e Hukut, kurse forca elastike është $F_{el} = k\frac{2}{3}l$. Më tej këtë varësi e zëvendësojmë në Ligjin e Dytë të Njutnit

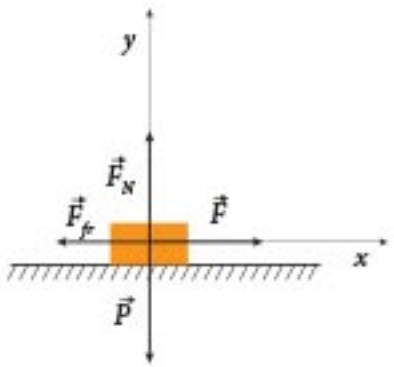
$$k\frac{2}{3}l_0 = mg$$

Nga barazimi i fundit për k fitohet

$$k = \frac{3mg}{2l_0} = \frac{3 \cdot 0{,}6\ \text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 0{,}1\ \text{m}} = 88{,}3\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Shembull i zgjidhur 2:

Ksenia tërheq një kuti me masë 10 kg me forcë 800 N në drejtim horizontal në lidhje me sipërfaqen mbështetëse. Koeficienti i fërkimit midis sipërfaqes dhe kutisë është 0,1. Rezistenca e ajrit të mos përfillet. Nxitimi gravitacional në Tokë është $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Sa është nxitimi që fiton kutia?



▲ Figura 2. Diagrami i forcave për trupin i cili lëviz në rrafsh horizontal

Zgjidhje:

Është dhënë:

$m = 10 \text{ kg}$

$F = 800 \text{ N}$

$\mu = 0,1$

$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Kërkohet:

$a = ?$

Shënohet barazimi vektorial i Ligjit të Dytë të Njutnit për të gjitha forcat që veprojnë në kuti

$$\vec{F}_{fr} = \vec{F}_N + \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Duke qenë se forcat që veprojnë mbi kutinë janë në drejtime reciproke normale, vendosim një sistem koordinativ planar, drejtimet e të cilit përkojnë me drejtimet e forcave.

Bëhet projeksioni i barazimit në lidhje me boshtet x dhe y

$x : -F_{frx} + F_{Nx} + P_x + F_x = ma_x$ $\quad y : -F_{fry} + F_{Ny} + P_y + F_y = ma_y$

$F_{frx} = F_{fr}$; $\quad F_{fry} = 0$;

$F_x = F$; $\quad F_x = 0$;

$P_x = 0$; $\quad P_x = P$

$F_{Nx} = 0$; $\quad F_{Ny} = F_N$;

$a_x = a$ $\quad a_y = 0$

Duke përdorur të gjitha këto kushte, projeksionet e Ligjit të Dytë të Njutnit thjeshtohen, dhe fitohet

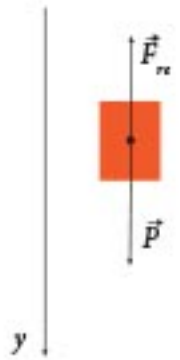
$x : -F_{fr} + F = ma$

$y : -P + F_N = 0; F_N = P = mg$

Duke pasur parasysh barazimin për forcën e fërkimit $F_{fr} = \mu F_N$, mund të zëvendësojmë:

$x : -\mu mg + F = ma$

$$a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{800 \text{ N} - 0,1 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10 \text{ kg}} = 79,02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



▲ Figura 3. Diagrami i forcave për parashutistin me parashutë të hapur

Shembull i zgjidhur 3.

Masa e parashutistit së bashku me parashutën e tij është 90 kg. Në çastin e hapjes së parashutës shpejtësia e parashutistit është 50 m/s. Pas uljes së parashutistit për 40 m shpejtësia e tij zvogëlohet në 10 m/s. Sa është forca e rezistencës së ajrit kur parashuta është e hapur?

Zgjidhje:

Është dhënë:

$m = 90$ kg

$v_0 = 50$ m/s

$v = 10$ m/s

$h = 40$ m

Kërkohet:

$F_{re} = ?$

Diagrami i forcave mbi parashutistin së bashku me parashutën gjatë uljes me parashutë të hapur është dhënë në Figurën 3.

Sipas diagramit të forcave të cilat veprojnë mbi parashutistin, Ligji i Dytë i Njutnit në formë vektoriale është:

$$\vec{F}_{re} + \vec{P} = m\vec{a}$$

Nëse bëjmë projeksion të këtyre forcave në bosht koordinativ, të vendosur në drejtim të lëvizjes së parashutistit, fitohet

$$P - F_{re} = ma$$

Gjatë të cilës për forcën e rezistencës së ajrit fitohet

$$F_{re} = P - ma$$

$$F_{re} = mg - ma = m(g - a)$$

Nxitimi i parashutistit mund të gjendet nga formulat për rrugën e kaluar dhe ndryshimit të shpejtësisë

$$h = v_0 t + \frac{at^2}{2} \text{ dhe } v = v_0 + at$$

Gjatë të cilës për nxitimin fitohet

$$a = \frac{v^2}{v_0^2} 2h = -30 \text{ m/s}$$

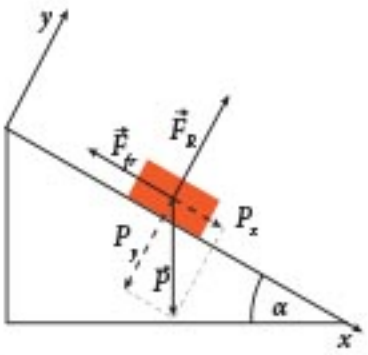
Për forcën e rezistencës së ajrit fitohet

$$F_{re} = 3583 \text{ N}$$

Shembull i zgjidhur 4:

Gjatë shkarkimit të kamionëve punëtorët për të mos ngritur ngarkesën përdorin rrafshë të pjerrët ngarkues/bartës, me të cilat lëshojnë ngarkesën. Kutinë me masë 50 kg punëtori e vendos në fillim të rrafshë të pjerrët. Këndi i rrafshit të pjerrët është 30°, ndërsa gjatësia e saj është 2 m. Koeficienti i fërkimit midis sipërfaqes dhe kutisë është 0,1. Nxitimi gravitacional në Tokë është $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Rezistenca e ajrit të mos përfillet. Për sa kohë kutia do të lëvizë mbi rrafshin e pjerrët?



▲ Figura 4. Diagrami i trupit që lëviz përgjatë rrafshit të pjerrët

Zgjidhje:

$m = 50\ \text{kg}; \quad s = 2\ \text{m}; \quad \alpha = 30°; \quad \mu = 0,1; \quad g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Është dhënë:

$t = ?$

Kërkohet:

Shënohet barazimi vektorial i Ligjit të Dytë të Njutnit për të gjitha forcat që veprojnë te trupi

$$\vec{F}_{fr} + \vec{F}_N + \vec{P} = m\vec{a}$$

Bëhet projeksioni i barazimit në lidhje me boshtin x:

$x : -F_{frx} + F_{Nx} + P_x = ma_x;$

$F_{frx} = F_{fr};$

$P_x = P\sin\alpha;$

$F_{Nx} = 0;$

$a_x = a$

Gjatë të cilës fitohet

$x : -F_{fr} + P\sin\alpha = ma;$

$-\mu F_N + mg\sin\alpha = ma$

Bëhet projeksioni i barazimit në lidhje me boshtin y:

$y : F_{fry} + F_{Ny} - P_y = ma_y =;$

$F_{fry} = 0;$

$P_y = P\cos\alpha;$

$F_{Ny} = F_N;$

$a_y = 0$

$y : F_N - P\cos\alpha = 0;$

$F_N - mg\cos\alpha = 0;$

$F_N - mg\cos\alpha$

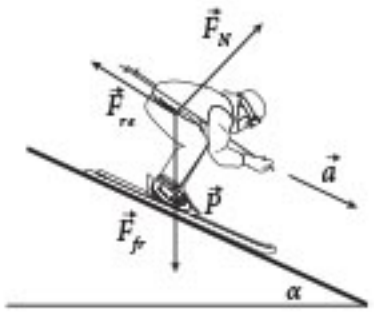
Duke zëvendësuar F_N në barazimin e projektuar sipas boshtit x fitohet:

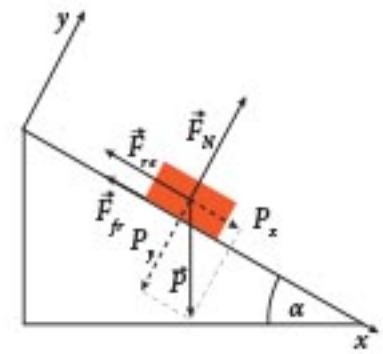
$$-\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma$$

Nga barazimi i fundit për nxitimin a fitohet

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(\sin 30° - 0{,}1\cos 30°) = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\left(\frac{1}{2} - 0{,}1\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 4{,}05\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nga barazimi për rrugën te lëvizja drejtvizore e njëtrajtsisht e nxituar $s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$, domethënë $s = \frac{a t^2}{2}$, për kohën fitohet $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = 0{,}89\ \text{s}$





▲ Figura 5. Skiatori që zbret dhe diagrami i forcave të cilat veprojnë në të

Shembull i zgjidhur5:

Vizato diagramin e forcave të cilat veprojnë mbi skiatorin me masë m gjatë zbritjes, nëse është dhënë këndi α i pjerrësisë së kodrës. Bëj një analizë se si forcat që veprojnë mbi të ndikojnë në lëvizjen e skiatorit dhe nga çfarë varet nxitimi i tij.

Zgjidhje:

Gjatë zbritjes së skiatorit përgjatë rrafshit të pjerrët (skijimit në alpe) skiatori fiton nxitim në kah të lëvizjes së tij. Forcat që veprojnë gjatë zbritjes janë:

- Forca e rëndesës ($\vec{P}$) – e orientuar vertikalisht për poshtë
- Forca e reaksionit normal të mbështetëses ($\vec{F}_N$) – e orientuar normal ndaj rrafshit të pjerrët me kahun prej rrafshit drejt skiatorit
- Forca e rezistencës së ajrit ($\vec{F}_{re}$) – e orientuar në kahun e kundërt me kahun e lëvizjes së skiatorit
- Forca e fërkimit ($\vec{F}_{fr}$) – poashtu e orientuar në kahun e kundërt me kahun e lëvizjes së skiatorit

Ligji i Dytë i Njutnit për skiatorin i cili zbret përgjatë rrafshit të pjerrët në formë vektoriale jepet me barazimin

$$\vec{P} + \vec{F}_N + \vec{F}_{re} + \vec{F}_{fr} = m\vec{a}$$

Nëse bëhet projeksioni i barazimit në boshtet x dhe y fitohet që

$x: -F_{frx} - F_{rex} + F_{Nx} + P_x = ma_x$; $y: -F_{fry} - F_{rey} + F_{Ny} - P_y = ma_y$;

$F_{frx} = F_{fr}$, $F_{fry} = 0$;

$F_{rex} = F_{re}$; $F_{rey} = 0$;

$P_x = P\sin\alpha$ $P_y = P\cos\alpha$;

$F_{Nx} = 0$; $F_{Nx} = 0$;

$a_x = a$ $a_x = a$

$$\begin{cases} x: -F_{fr} - F_{re} + P\sin\alpha = ma \\ -\mu F_{fr} - F_{re} + mg\sin\alpha = ma \end{cases}; \qquad y: F_N - P\cos\alpha = 0;$$

$$F_N - mg\cos\alpha = 0;$$

$$F_N = mg\cos\alpha$$

Me zëvendësimin e F_N në barazimin e projeksionit sipas boshtit x fitohet

$$-\mu mg\cos\alpha - F_{re} + mg\sin\alpha = ma$$

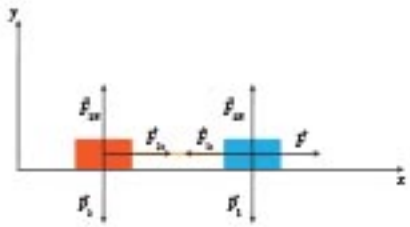
Nga barazimi i fundit për nxitimin a fitohet

$$\frac{-\mu mg\cos\alpha - F_{\alpha t} + mg\sin\alpha}{m} = a$$

$$g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha - \frac{F_{at}}{m} = a$$

Nga barazimet e fundit mund të përfundohet se:

- Skiatori zbret poshtë përgjatë rrafshit të pjerrët falë forcës së rëndesës edhe atë vetëm nën veprimin e komponentit të kësaj force e cila është në drejtim dhe kah të lëvizjes së skiatorit. Kjo komponentë është më e madhe në rrafshet e pjerrëta me pjerrtësi më të madhe. Prandaj, gjatë skijimit në rrafshet e pjerrëta me pjerrtësi më të madhe, skiatorët arrijnë shpejtësi më të madhe.
- Forca normale e reaksionit të mbështetëses nuk luan rol në nxitimin që fiton skiatori.
- Sa më të mëdha të jenë forca e rezistencës së ajrit dhe forca e fërkimit ndërmjet skiave dhe borës, aq më i vogël do të jetë nxitimi që do të fitojë skiatori. Për ta zvogëluar rezistencën e ajrit, skiatori e vendos trupin e tij në pozicionin e dhënë si në figurë, me ç'rast zvogëlon sipërfaqen e kontaktit, e me këtë edhe forcën e rezistencës së ajrit. Forca e fërkimit zvogëlohet me dizajne të veçanta të skive për stile të ndryshme skijimi. Megjithatë, forca e fërkimit që shfaqet ndërmjet skajit të skive dhe borës është e rëndësishme, sepse falë kësaj force skiatori mund t'i përballojë kthesat e pistës.



▲ Figura 6. Diagrami i forcave të dy trupave të lidhur

Shembull i zgjidhur 6:

Dy trupa, të vendosur mbi një sipërfaqe të rrafshët, me masa $m_1 = 0{,}1$ kg dhe $m_2 = 0{,}3$ kg janë të lidhur me një pe të pazgjatshëm, pesha e të cilit nuk përfillet. Forca që vepron mbi trupin e parë është $F = 40$ N. Forca maksimale që mund të përballojë peri është $F_{max} = 35$ N. Forca e fërkimit ndërmjet trupave dhe sipërfaqes të mos përfillet.

a) Sa është nxitimi i sistemit prej dy trupave gjatë ngarkesës?
b) Peri a mund ta mbajë ngarkesën?

Zgjidhje:

Është dhënë:

$m_1 = 5\text{kg}$
$m_2 = 6\text{kg}$
$g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Kërkohet:

$a = ?$

Duke u bazuar në ligjin e dytë të Njutonit shkruhen barazimet në formë vektoriale për të dy trupat, kurse pastaj shkruhen edhe barazimet e projektuara në boshtin x dhe y.

Trupi I:

$\vec{F} + \vec{F}_{f1} + \vec{P}_1 + \vec{F}_{N1} = m_1\vec{a}$

$x: F_x - F_{1fx} + F_{1Nx} + P_{1x} = m_1 a_x;$ $y: F_y - F_{1fy} + F_{1Ny} + P_{1y} = m_1 a_y;$

$F_x = F;$ $F_y = 0;$

$F_{1fx} = F_{1f};$ $F_{1f} = 0;$

$F_{1Nx} = 0;$ $F_{1Nx} = F_{1N};$

$P_{1x} = 0;$ $P_{1y} = P_1;$

$a_x = a$ $a_y = 0$

$x: F - F_{1f} = m_1 a$ $y: F_{1N} + P_1 = 0$

Trupi II:

$\vec{F}_{2f} + \vec{P}_2 + \vec{F}_{2N} = m_2\vec{a}$

$x: F_{2fx} + F_{2Nx} + P_{2x} = m_2 a_x;$ $y: -F_{2fy} + F_{2Ny} + P_{2y} = m_2 a_y;$

$F_{2f} = F_{2f};$ $F_{2f} = 0;$

$F_{Nx} = 0;$ $F_{2Nx} = F_{2N};$

$P_{2x} = 0;$ $P_{2y} = P;$

$a_x = a$ $a_y = 0$

$x: F_{2f} = m_2 a$ $y: F_{2N} + P_2 = 0$

Duke pasur parasysh se lëvizja e trupit është në kahun sipas boshtit x, do të përdoren vetëm barazimet e projektuara sipas boshtit x

$$F - F_{1x} = m_1 a\,;$$

$$F_{2t} = m_2 a$$

Sipas Ligjit të Tretë të Njutnit $F_{1t} = F_{2t} = F_t$, kështu që mund të shkruajmë

$F - m_2 a = m_1 a$, domethënë për a fitohet

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{40\ \text{N}}{0{,}1\ \text{kg} + 0{,}3\ \text{kg}} = 100\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Për forcën e tendosjes së perit fitohet

$$F_{2t} = F_t = m_2 a = 30\ \text{N}$$

që do të thotë se ngarkesën e këtillë peri mund ta mbajë.

Shembull i zgjidhur 7:

Përmes një rrotulle të varur është hedhur peri në skajet e të cilit janë fiksuar dy gramarë me masa $m_1 = 5\ \text{kg}$ dhe $m_2 = 6\ \text{kg}$. Masa e rrotullës dhe e perit, si dhe fërkimi i perit me rrotullën janë të papërfillshme. Sa është nxitimi i gramarëve në lidhje me Tokën?

Zgjidhje:

Është dhënë:

$m_1 = 5\ \text{kg}$
$m_2 = 6\ \text{kg}$

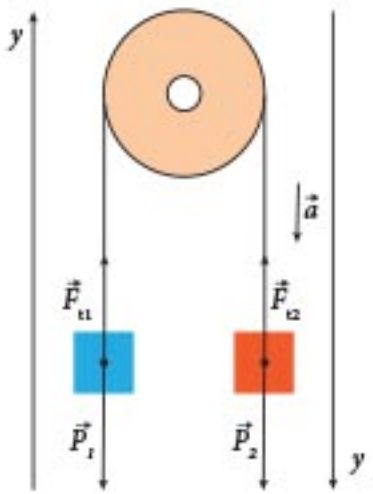
$$g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kërkohet:

$a = ?$

Vizatohen boshtet referente për secilin trup. Kahu përzgjidhet sipas kahut të lëvizjes së trupave. Në kushtet kur në gramarët veprojnë forca e rëndesës së Tokës dhe forca e tendosjes së perit, kahu i lëvizjes përcaktohet sipas masës së gramarit më të madh. Nëse bëhet procedurë e gabuar e përzgjedhjes së kahut të lëvizjes, për nxitimin do të fitohet vlerë negative.

Shënohen barazimet vektoriale të Ligjit të Dytë të Njutnit për të dy gramarët, dhe pastaj shënohen barazimet e projeksioneve në lidhje me boshtin y.



▲ Figura 7. Diagrami e *dy* trupave të varur nga një fije e pazgjerueshme

Gramari I:

$\vec{F}_{1t} + \vec{P}_1 = m_1\vec{a}$

$y_1 : F_{1t} - P_1 = m_1 a$

$F_{1t} - m_1 g = m_1 a$

Gramari II:

$\vec{F}_{2t} + \vec{P}_2 = m_2\vec{a}$

$y_2 : F_{2t} - P_2 = m_2 a$

$-F_{2t} - mg = m_2 a$

Sipas Ligjit të Tretë të Njutnit $F_{1t} = F_{2t} = F_t$

Duke zëvendësuar F_{1t} nga barazimi për gramarin e parë fitohet

$F_{1t} = F_t = m_1 g + m_1 a$

Në barazimin për gramarin e dytë fitohet

$-(m_1 g + m_1 a) + m_2 g = m_2 a$

Duke e rregulluar shprehjen e fundit për nxitimin fitohet

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2} = \frac{1\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{11\ \text{kg}} = 0{,}89\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

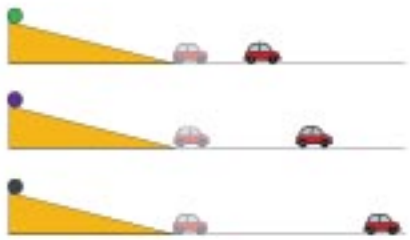
2.7 Impulsi i trupit dhe ligji i ruajtjes së impulsit

Kur godasim një top ping-pongu me shkop, ndryshohet drejtimi dhe shpejtësia e lëvizjes së topit. Ligjet e Njutnit mundësojnë të llogaritet se si do të lëvizë topi, por me ndihmën e ligjeve të Njutnit nuk mund të dihet se si ndikojnë kohëzgjatja e kontaktit ndërmjet topit dhe shkopit në ndryshimin e lëvizjes së tij. Prandaj do të futim disa madhësi fizike me të cilat do ta zbulojmë këtë varësi.

Impulsi i trupit

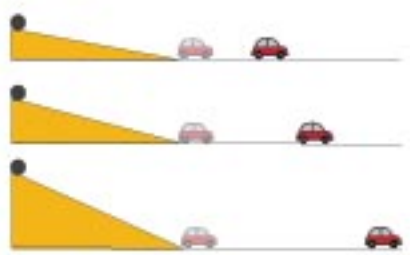
Për të parë nga çfarë varet se si do të lëvizë një trup nën veprimin e një force, do të bëjmë një eksperiment prej dy pjesësh.

Në pjesën e parë të eksperimentit do të lëshojmë tre topa me të njëjtat dimensione, por me masa të ndryshme (p.sh.: top tenisi, top gome dhe top metalik) në një rrafsh të pjerrët, i cili ka pjerrësi të pandryshueshme (Figura 1). Nëse në fund të rrafshit vendosim një veturë lodër, do të vërejmë se më së shumti do të lëvizë vetura lodër që goditet nga topi me masën më të madhe. Të gjithë topat lëvizin me të njëjtën shpejtësi, sepse lëshohen nga e njëjta lartësi, por zhvendosjen më të madhe e shkakton topi me masën më të madhe.



▲ **Figura 1.** Zhvendosjet e ndryshme të veturës lodër nën veprimin e topave me masa të ndryshme

Në pjesën e dytë të eksperimentit do të ndryshojmë shpejtësinë me të cilën një top i njëjtë goditet me veturën lodër të vendosur në fund të rrafshit të pjerrët. Këtë do ta arrijmë duke ndryshuar pjerrësinë e rrafshit (Figura 2). Sa më shumë të rritet pjerrësia e rrafshit, aq më shumë rritet edhe shpejtësia e topit. Me këtë eksperiment mund të vërehet se vetura lodër lëviz më shumë kur në të godet topi që lëviz me shpejtësinë më të madhe. Të gjithë topat kanë të njëjtën masë, por zhvendosjen më të madhe të veturës lodër e shkakton topi me shpejtësinë më të madhe.



▲ **Figura 2.** Zhvendosjet e ndryshme të veturës lodër nën veprimin e topave me shpejtësi të ndryshme

Rezultatet tregojnë se efekti i goditjes varet si nga masa, ashtu edhe nga shpejtësia e topit. Prandaj themi se, për të përshkruar aftësinë e një trupi për të shkaktuar ndryshim te një trup tjetër gjatë goditjes, është e nevojshme të futim një madhësi të re fizike që i bashkon masën dhe shpejtësinë. Këtë madhësi Isak Njutën e quajti sasi të lëvizjes, ndërsa sot njihet si impulsi i trupit.

Impulsi i trupit është prodhim i masës së trupit dhe shpejtësisë së tij.

Impulsi i trupit llogaritet me formulën:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Edhe pse masa e trupit është madhësi skalare, për shkakun që shpejtësia e trupit është madhësi vektoriale, edhe impulsi i trupit është madhësi vektoriale dhe shënohet me shkronjën $\vec{p}$.

Njësia për impulsin e trupit është $\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Impulsi i forcës

Në autostradë lëvizin dy automjete me të njëjtën shpejtësi. Njëri është automobil, ndërsa tjetri kamion i ngarkuar. Nëse të dy shoferët duhet të frenojnë papritmas për të shmangur një aksident, kamioni do të ketë nevojë për një forcë shumë më të madhe për të ndaluar në të njëjtin interval kohor. Prandaj, kamionët kanë rrugë më të gjata ndalimi dhe sisteme të veçanta frenimi. Kjo është arsyeja pse në trafikun rrugor ekzistojnë rregulla të ndryshme për automjetet e rënda të ngarkuara, veçanërisht në lidhje me distancën që duhet të ruajnë midis automjeteve dhe shpejtësinë e lëvizjes.

Po çfarë ndodh kur lëvizin dy automobila të njëjtë, por njëri me shpejtësi 80 km/h dhe tjetri me 120 km/h? Nëse të dy shoferët duhet të frenojnë papritmas për të shmangur një aksident, shoferi që lëviz me shpejtësi më të madhe do të ketë nevojë për një forcë shumë më të madhe për të ndaluar në të njëjtin interval kohor. Edhe pse masa e të dy automobilave është e njëjtë, makina me shpejtësi më të madhe ka impuls më të madh, që do të thotë se është më vështirë të ndalet.

Vërejtët se në të dy shembujt u përdor madhësia fizike **intervali kohor** gjatë të cilit automjetet mund të frenojnë. Tani do të shqyrtojmë se si kohëzgjatja e veprimit të forcës ndikon në ndryshimin e lëvizjes së trupit.

Barazimi bazë i dinamikës i dhënë me formulën:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

mund të paraqitet edhe si $\vec{F} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, domethënë

$$\vec{F} = m\frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ose} \quad \vec{F} = \frac{m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Madhësia $\Delta\vec{p} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ është ndryshim i impulsit në intervalin kohor $\Delta t = t_2 - t_1$

Kështu, barazimi themelor i dinamikës mund të shënohet edhe me formulën

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

ku herësi $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ paraqet shpejtësinë e ndryshimit të impulsit, domethënë tregon se sa shpejt ndryshon impulsi i trupit.

Shpejtësia e ndryshimit të impulsit të trupit është e barabartë me forcën e cila vepron te trupi.

Barazimi i njëjtë mund të shkruhet edhe si $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$.

Prodhimi $\vec{F}\Delta t$ quhet impuls i forcës. Nga barazimi mund të tregohet se impulsi i forcës është i barabartë me ndryshimin e impulsit të trupit.

Kur një automjet ndalon papritmas ose kur e godet ndonjë objekt, udhëtarët për shkak të inercisë vazhdojnë të lëvizin përpara, madje mund edhe të godasin pjesën e përparme të automjetit. Për të zvogëluar forcën që vepron mbi udhëtarët gjatë një ndalimi të tillë të papritur, është e rëndësishme të rritet koha gjatë së cilës vepron forca. Pikërisht këtë e mundësojnë rripat e sigurisë dhe jastëkët e ajrit (figura 3). Në vend që trupi të ndalet për një pjesë të sekondës, ata e zgjasin kohën e ndaljes së trupit (pra kohën e ndryshimit të impulsit), me çka e zvogëlojnë forcën që vepron mbi udhëtarin sipas formulës:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$



▲ Figura 3. Pajisja e sigurisë (rripi dhe jastëku i ajrit) ka për qëllim të zgjasë kohën e veprimit të forcës gjatë ndalimit të papritur të automjetit

Shembull i zgjidhur 1:

Bolidi i Meklarenit me masë $m = 691$ kg, duke ndalë nga kthesa gjysmërrethore me shpejtësi $v_0 = 144\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$, në $\Delta t = 5$ s e ardhshme nxiton në mënyrë konstante deri në shpejtësinë $v = 216\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Llogarit ndryshimin e impulsit të bolidit si dhe forcën tërheqëse të tij gjatë nxitimit të dhënë.



▲ Figura 4. Bolidi i Meklarenit

Është dhënë:

$$m = 691\text{ kg};\quad v_0 = 144\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 40\,\frac{\text{m}}{\text{s}};\quad \Delta t = 5\text{ s};\quad v = 216\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 60\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kërkohet:

$\Delta p = ?;\quad F = ?$

Zgjidhje:

Për ndryshimin e impulsit shënohet

$$\Delta p = mv - mv_0 = m(v - v_0) = 691\text{ kg}\cdot\left(60\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 40\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 1382\text{ kg}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nga barazimi për F, sipas ligjit të Njutnit, kemi

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{1382\text{ kg}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5\text{ s}} = 276{,}4\text{ N}$$

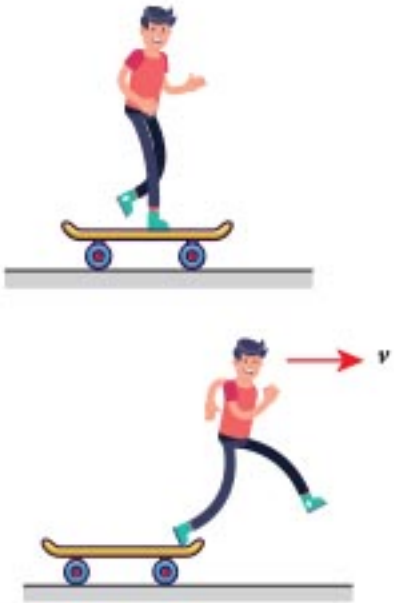


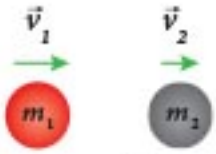
Figura 5. Djali kërcen nga skejtbordi i cili ndodhet në gjendje të qetësisë. Gjatë kërcimit të djalit në të djathtë, skejtbordi lëviz në të majtë

Ligji i ruajtjes së impulsit

Nëse një djalë që qëndron mbi skejtbord i cili është në qetësi kërcen në drejtim horizontal, skejtbordi do të lëvizë prapa. E njëjta gjë ndodh edhe kur peshkatari zbret nga varka e parkuar në ujë pranë bregut. Kur ai del prej saj, varka do të lëvizë prapa. A mund ta sqarosh pse ndodh kjo?

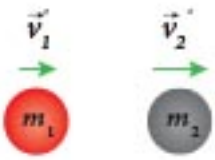
Deri më tani kemi shqyrtuar impulsin e një trupi të vetëm. Por le të shohim tani se ç'ndodh me impulsin e disa trupave kur ata bashkëveprojnë me njëri-tjetrin, si në shembujt e dhënë më sipër. Në rastin tonë ne do të shqyrtojmë dy topa që bashkëveprojnë me njëri-tjetrin, ndërsa ti duhet të përgjigjesh pse skejtbordi dhe varka lëvizin prapa. Të dy trupat të cilët bashkëveprojnë e përbëjnë sistemin. Nëse këta dy trupa nuk bashkëveprojnë me trupa të tjerë nga mjedisi rrethues, ky sistem quhet sistem i izoluar.

Sistem i izoluar është sistemi i trupave të cilët nuk bashkëveprojnë me trupa të tjerë nga mjedisi rrethues.



para goditjes

Figura 5 a. Topat e bilardos para goditjes



pas goditjes

Figura 5 b. Topat e bilardos pas goditjes

Gjatë bashkëveprimit të trupave vlen Ligji i Tretë i Njutnit, domethënë

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

Do të zbatojmë Ligjin e Tretë të Njutnit për rastin e goditjes së dy topave të bilardos me njëri-tjetrin të cilët lëvizin me shpejtësi $\vec{v}_1$ dhe $\vec{v}_2$ (figura 5a) dhe të cilët paraqesin sistem të izoluar.

Të dy topat kanë impulse $\vec{p}_1$ dhe $\vec{p}_2$.

Gjatë goditjes së tyre ata bashkëveprojnë, ashtu që forca me të cilën topi i parë e godet topin e dytë është e barabartë për nga moduli dhe drejtimi, por ka kah të kundërt me forcën me të cilën topi i dytë e godet të parin. Gjatë goditjes shpejtësitë e të dy topave do të ndryshojnë dhe ato i shënojmë me $\vec{v}_1'$ dhe $\vec{v}_2'$ (figura 5b).

Masat e topave mbesin konstante, ndërsa shpejtësitë e tyre ndryshojnë. Ndryshimi i shpejtësisë së trupit domethënë ndryshim edhe i impulsit $\vec{p}_1'$ dhe $\vec{p}_2'$ dhe e anasjellta.

Sipas Ligjit të Dytë të Njutnit, forca me të cilën topi i parë vepron në topin e dytë në interval të shkurtër kohor Δt, shkakton ndryshim të shpejtësisë së topit të dytë, domethënë ndryshim të impulsit të tij dhe mund të shkruajmë

$$\vec{F}_{1,2} = \frac{\vec{p}_2' - \vec{p}_2}{\Delta t}$$

E njëjta vlen edhe për forcën me të cilën topi i dytë vepron në të parin duke ia ndryshuar atij shpejtësinë, domethënë impulsin. Ky rast mund të shënohet si

$$\vec{F}_{2,1} = \frac{\vec{p}_1' - \vec{p}_1}{\Delta t}$$

Sipas Ligjit të Tretë të Njutnit $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$ këto dy forca janë të barabarta për nga moduli, kanë drejtim të njëjtë por kah të kundërt, domethënë

$$\frac{\vec{p}_2' - \vec{p}_2}{\Delta t} = -\frac{\vec{p}_1' - \vec{p}_1}{\Delta t} \quad \text{ose} \quad \vec{p}_2' - \vec{p}_2 = -(\vec{p}_1' - \vec{p}_1)$$

Prej nga rrjedh se

$$\vec{p}_1' + \vec{p}_2' = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

Formula e fundit e shpreh ligjin e ruajtjes së impulsit të përgjithshëm të trupave në sistem të izoluar i cili thotë:

Shuma e impulseve të trupave para bashkëveprimit të tyre është e barabartë me shumën e impulseve të trupave pas bashkëveprimit të tyre.

Ose, nëse pas bashkëveprimit impulsi i një trupi rritet, atëherë impulsi i një trupi tjetër në të njëjtën situatë duhet të zvogëlohet për të njëjtën vlerë.

A mundesh t'i shpjegosh tani dy shembujt e dhënë në fillim?

Shembull i zgjidhur 2:

Predha me masë $m = 100$ kg fluturon me shpejtësi $v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Në një çast të dhënë predha e këtillë ndahet në dy pjesë. Njëra prej tyre e cila ka masë $m_1 = 60$ kg vazhdon të lëvizë në të njëjtin drejtim si predha para ndarjes, por me shpejtësi më të madhe $v_1 = 320 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Përcakto modulin, drejtimin dhe kahun e lëvizjes së pjesës së dytë të predhës.

Udhëzim: Mos harro se shenja barazi te barazimi vektorial na tregon se përveç modulit dhe drejtimit edhe kahu i vektorëve rezultant nga ana e majtë dhe e djathtë e barazimit duhet të jenë të njëjta.

Është dhënë: $m = 100$ kg $\quad v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad m_1 = 60$ kg $\quad v_1 = 400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Kërkohet: $\vec{v_2} = ?$

Zgjidhje:

Shkruhet barazimi vektorial për ligjin e ruajtjes së impulsit

$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2, \quad m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

Duke pasur parasysh se, sipas kushtit të detyrës, drejtimi dhe kahu i vektorëve $\vec{p}$ dhe $\vec{p}_1$ janë të njëjtë, që të ruhet barazia e drejtimeve nga ana e majtë dhe e djathtë e barazimit mund të përfundohet se edhe vektori $\vec{p}_2$, përkatësisht shpejtësia $\vec{v}_2$ ka të paktën të njëjtin kah, kështu që shkruhet:

$mv = m_1v_1 + m_2v_2$, prej nga për shpejtësinë v_2 fitohet

$$v_2 = \frac{mv - m_1v_1}{m_2} = \frac{mv - m_1v_1}{m - m_1} = \frac{100\text{ kg} \cdot 200\frac{\text{m}}{\text{s}} - 60\text{ kg} \cdot 400\frac{\text{m}}{\text{s}}}{100\text{ kg} - 60\text{ kg}} = -100\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Shenja minus tregon se shpejtësia e pjesës së dytë ka kah të kundërt nga kahu i predhës dhe pjesës së saj të parë.

Nëse do të dish më tepër:

- Me termin goditje në fizikë nënkuptohet bashkëveprimi i trupave që zgjat për kohë shumë të shkurtër, gjatë së cilit shpërfillet veprimi i forcave të jashtme mbi trupat. Goditjet mund të jenë goditje elastike ideale, gjatë të cilave pas bashkëveprimit trupat ndahen, dhe goditje joelastike ideale, gjatë të cilave trupat bashkohen në një dhe pas goditjes lëvizin si një trup i vetëm. Në cilëndo nga këto goditje gjithmonë vlen ligji i ruajtjes së impulsit.

Pyetje dhe detyra:

1. Masa e një trupi është trefish më e madhe se masa e trupit tjetër. Sa duhet të jetë herësi i shpejtësive të trupave që impulset e tyre të mbeten të njëjta?
2. Pse është më lehtë të hapësh derën nëse shtyn dorzën me forcë më të vogël për kohë më të gjatë, sesa nëse e godet shpejtë?
3. Kur dikush kërcen nga varka drejt bregut, pse varka lëviz prapa?
4. Tre trupa formojnë një sistem të izoluar. Si do ta definoje ligjin e ruajtjes së impulsit për këta tre trupa?
5. Në çastin kur shpejtësia e një trupi është rritur pesë herë, impulsi i trupit është rritur për $200\text{ kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Llogarit impulsin e trupit para dhe pas rritjes së shpejtësisë.
6. Masa e një pushke gjuetie është $m_1 = 6{,}4$ kg. Në çastin e shkrepjes së pushkës plumbi del me shpejtësi $v_2 = 900\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Përcakto modulin dhe kahun e shpejtësisë së lëvizjes së pushkës. Masa e plumbit është $m_2 = 8$ g.

Rezyme:

- Pjesa e fizikës e cila i përshkruan shkaqet e lëvizjeve të trupave quhet dinamikë.
- Forca përshkruan bashkëveprimin mes trupave.
- Bashkëveprimi mes trupave mund të jetë me kontakt (kur dy trupa bashkëveprojnë gjatë kontaktit të ndërsjellë) dhe pa kontakt (kur bashkëveprimi mes trupave bëhet përmes një fushe fizike).
- Nën veprimin e forcës:
  - trupi mund të ndryshojë formën dhe vëllimin,
  - trupi mund ta ndryshojë shpejtësinë e lëvizjes si për nga moduli ashtu edhe për nga drejtimi dhe kahu,
  - trupi mund të fillojë të rrotullohet.
- Në natyrë ekzistojnë disa lloje forcash që kanë natyrë të ndryshme.
- Forca me natyrë gravitacionale janë: forca e rëndesës dhe pesha.
- Forca me natyrë elektromagnetike janë: forcat elastike dhe forcat e rezistencës.
- Forca elastike janë: forca nrmale e reaksionit të mbështetëses, forca e tendosjes së perit dhe forca elastike te një sustë e deformuar.
- Diagrami i forcave është trupi tek i cili paraqiten të gjitha forcat që veprojnë në të.
- Nëse mbi trup veprojnë disa forca, forca që paraqet shumën vektoriale të të gjitha forcave që veprojnë në trup quhet forcë rezultante.
- Në dinamikën klasike vlejnë të tre ligjet e Njutnit.
- Ligji i Parë i Njutnit thotë: Çdo trup mbetet në gjendje të qetësisë apo të lëvizjes drejtvizore të njëtrajtshme derisa ndonjë trup tjetër të mos veprojë mbi të.
- Ligji i Dytë i Njutnit thotë: Nën veprimin e një force (F), një trup me masë (m) fiton nxitim (a) pra $\vec{F} = m\vec{a}$.
- Ligji i Tretë i Njutnit thotë: Forca me të cilën një trup vepron mbi një trup tjetër është e barabartë për nga moduli me forcën me të cilën trupi i dytë vepron mbi të parin, dhe ka drejtim të njëjtë por kah të kundërt, pra $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$.
- Ligjet e Njutnit vlejnë vetëm në sisteme inerciale të referimit.
- Sistemi inercial i referimit është ai sistem në të cilin trupat mbi të cilët nuk vepron forcë janë në gjendje të qetësisë ose kryejnë lëvizje drejtvizore të njëtrajtshme.
- Masa është masë për inertësinë trupave, gjegjësisht masa e trupit tregon sa shumë trupi i kundërvihet ndryshimit të shpejtësisë së tij.
- Njësia e forcës është njutoni (N). Forca prej 1 N, trupit me masë 1 kg i jep nxitim prej 1 m/s².
- Impulsi i trupit është prodhimi i masës së trupit dhe shpejtësisë së tij, pra $\vec{p} = m\vec{v}$.
- Shpejtësia e ndryshimit të impulsit të trupit është e barabartë me forcën që vepron mbi trupin.
- Në një sistem të izoluar, shuma e impulseve të trupave para bashkëveprimit të tyre është e barabartë me shumën e impulseve të trupave pas bashkëveprimit të tyre, pra $\vec{p}_1' + \vec{p}_2' = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$.
- Sistem i izoluar quhet sistemi i trupave që nuk bashkëveprojnë me trupat e tjerë nga mjedisi rrethues.

2.8 Lëvizja rrethore



▲ Figura 1. Rrota panoramike

Çdo lakesë paraqet pjesë të vijës rrethore me rreze R. Lëvizja e satelitëve rreth Tokës është lëvizje rrethore. Kur vozitesh me rrotën panoramike (figura 1) ti kryen lëvizje rrethore.

Lëvizja rrethore e njëtrajtëshme, shpejtësia lineare, perioda dhe frekuenca

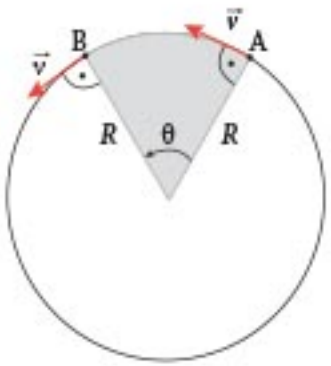
Në këtë njësi mësimore do të njihemi me madhësitë fizike dhe ligjet me të cilat përshkruhet lëvizja rrethore.

Shpejtësia me të cilën lëviz kabina e rrotës panoramike përgjatë vijës rrethore mund të llogaritet nëse dihet rrezja e rrotës dhe koha që i nevojitet kabinës për të bërë një rrotullim të plotë, e quajtur perioda e rrotullimit apo thjeshtë perioda (T). Duke ditur rrezen e vijës rrethore, e dimë edhe perimetrin e vijës rrethore sipas të cilës lëviz kabina ($2R\pi$). Shpejtësia e lëvizjes së kabinës mund të llogaritet përmes rrugës së përshkuar gjatë një rrotullimi të plotë dhe kohës së nevojshme për atë rrotullim, pra:

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

Kjo shpejtësi, me të cilën lëviz kabina sipas vijës rrethore, quhet shpejtësi lineare e kabinës.

Lloji më i thjeshtë i lëvizjes vijëpërkulët është lëvizja rrethore e njëtrajtëshme.



▲ Figura 2. Vektori i shpejtësisë në secilën pikë të vijës rrethore e ndryshon drejtimin dhe kahun e tij

Lëvizja rrethore e njëtrajtëshme është lëvizja e trupit nëpër vijë rrethore me shpejtësi konstante për nga moduli.

Siç e dimë, shpejtësia është madhësi vektoriale, pra përveç modulit të saj ka edhe drejtimin dhe kahun. Vektori i shpejtësisë së kabinës, në çdo çast, e ka drejtimin sipas tangjentes së rrotës panoramike. Kjo do të thotë se drejtimi dhe kahu i vektorit të shpejtësisë ndryshojnë vazhdimisht (figura 2).

Një nga veçoritë më të rëndësishme të kësaj lëvizjeje është koha e nevojshme që rrota të bëjë një rrotullim të plotë dhe të kthehet në pozitën fillestare. Kjo kohë quhet periodë.

Perioda (T) e trupit i cili lëviz në vijë rrethore është koha që i nevojitet për të bërë një rrotullim të plotë.

Njësia matëse fizike për periodën është sekonda (s).

Nëse, për shembull, rrota lëviz për 2 min dhe gjatë asaj kohe e bën një rrotullim të plotë, perioda e saj është 2 min.

Disa lëvizje kanë periodë shumë më të vogël, prandaj është më mirë të matet koha e disa rrotullimeve të plota. Kështu, perioda mund të llogaritet nëse dihet koha e përgjithshme e lëvizjes rrethore (t) dhe numri i rrotullimeve të plota (N) gjatë asaj kohe, pra:

$$T = \frac{t}{N}$$

Nëse kemi matur se për 12 min rrota bën 8 rrotullime, atëherë mund të llogarisim se perioda e saj është 1,5 min.

Te lëvizja rrethore është e rëndësishme të dimë edhe sa rrotullime kryhen në njësi kohe, prandaj definojmë një madhësi të re fizike, frekuencën.

Madhësia fizike e cila tregon sa rrotullime janë kryer në njësi të kohës quhet **frekuencë** (f).

Frekuenca llogaritet me formulën

$$f = \frac{N}{t}$$

Mund të vihet re se ekziston një lidhje mes periodës dhe frekuencës. Nëse numri i rrotullimeve është $N = 1$, atëherë koha e lëvizjes bëhet e barabartë me periodën. Këtë mund ta shprehim si:

$$f = \frac{1}{T}$$

Njësia për frekuencën është sekonda në fuqi minus një (s^{-1}) apo herci (Hz). Frekuenca te lëvizja rrethore është 1 Hz kur për kohë prej 1 s trupi kryen një rrotullim të plotë.

Shembull i zgjidhur 1:

Sa është shpejtësia lineare e akrepit të minutave tek ora e murit nëse gjatësia e tij është 1 cm?

Është dhënë:

Edhe pse perioda e akrepit të minutave tek ora e murit nuk është dhënë në tekstin e shembullit, e dimë se akrepit të minutave i nevojitet 1 orë për të bërë një rrotullim të plotë. Prandaj, perioda konsiderohet si e njohur.

$l = 1\ \text{cm} = 10^{-2}\ \text{m}; \quad T = 60\ \text{min} = 3600\ \text{s}$

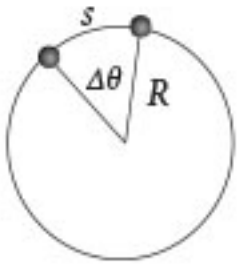
Kërkohet:

$v = ?$

Zgjidhje: $v = \frac{2R\pi}{T} = \frac{2l\pi}{T} = 0{,}17 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$



▲ Figura 3. Kabina e rrotës panoramike



▲ Figura 4. Rruga e kaluar s dhe këndi i përshkuar $\Delta\theta$.

Këndi i rrotullimit dhe shpejtësia këndore

Duke lëvizur nëpër vijë rrethore kabina (figura 3) për një kohë të caktuar do të përshkojë një rrugë të caktuar s. Për këtë kohë rrezja e rrotës e cila është e lidhur me kabinën në lëvizje do të përshkojë një kënd $\Delta\theta$, i quajtur këndi i rrotullimi (figura 4). Rruga e përshkuar s llogaritet si gjatësia e harkut rrethor

$$s = \Delta\theta \cdot R$$

Njësia për këndin e rrotullimit është radiani (rad). Këndi prej 360° (rreth i plotë) i përgjigjet këndit prej 2π rad. Sipas kësaj,

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57^\circ \text{ и } 1^\circ = \frac{2\pi}{360^\circ} = 0{,}017 \text{ rad}$$

Madhësia që e përshkruan ndryshimin e këndit të rrotullimit në njësi të kohës quhet shpejtësi këndore.

Shpejtësia këndore (ω) është madhësia fizike e cila tregon se çfarë këndi të rrotullimit përshkruan trupi në njësi të kohës.

Shpejtësia këndore llogaritet me formulën

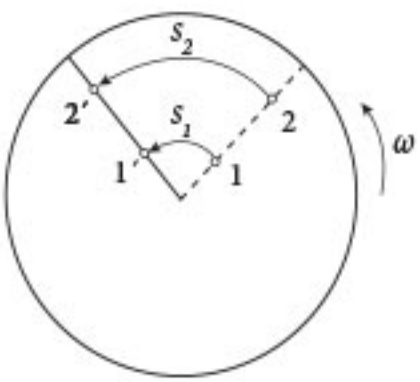
$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

ku $\Delta\theta$ është këndi i rrotullimit të trupit për intervalin e dhënë kohor Δt.

Njësia për shpejtësi këndore është radian për sekondë (rad/s). Shpejtësia këndore është 1 rad/s kur trupi për kohë prej 1 s rrotullohet për 1 rad.

Kur trupi duke lëvizur përgjatë një vije rrethore bën një rrotullim të plotë, mund të themi se trupi ka bërë një rrotullim prej 2π radianësh për kohë prej një periode, me ç'rast për shpejtësinë këndore fitohet

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



▲ Figura 5. Disku i cili rrotullohet. Në të janë shënuar dy pika 1 dhe 2 në dy çaste të kohës. Pas një intervali të kohës pikat 1 dhe 2 ndodhen në pozitat përkatëse 1' dhe 2'

Nëse në barazimin për shpejtësinë lineare shprehjen $\frac{2\pi}{T}$ e zëvendësojmë me shpejtësinë këndore, për shpejtësinë lineare mund të shkruhet

$$v = \omega R$$

Ky barazim na tregon se me të njëjtën shpejtësi këndore trupat që ndodhen në distanca të ndryshme nga qendra e vijës rrethore do të kenë shpejtësi lineare të ndryshme. Për shembull, nëse shikojmë një disk që rrotullohet (figura 5). Pikat afër qendrës (pika 1) të diskut kanë të njëjtën shpejtësi këndore si ato afër skajit (pika 2). Por, edhe pse përshkojnë të njëjtin kënd rrotullimi, harku linear që përshkojnë është më i madh për pikat më pranë skajit të diskut ($s_2 > s_1$), e për këtë arsye ato kanë edhe shpejtësi më të madhe lineare.

Shembull i zgjidhur 2:

Përcaktoni shpejtësitë këndore të akrepit të sekondave, minutave dhe akrepit të orëve tek ora e murit?

Është dhënë:

Përsëri, edhe pse periodat e akrepit të sekondave, minutave dhe orës nuk janë dhënë në tekst, ato konsiderohen të njohura.

$T_s = 60\ \text{s}$

$T_{min} = 60\ \text{min} = 3600\ \text{s}$

$T_h = 12\ \text{h} = 43200\ \text{s}$

Kërkohet:

$\omega_s = ?$

$\omega_{min} = ?$

$\omega_h = ?$

Shpejtësia këndore e të gjitha llojeve të akrepave të orës së murit mund të llogaritet me formulën:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

gjatë të cilës fitohet:

$$\omega_s = \frac{2\pi}{T_s} = 0{,}105\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_{min} = \frac{2\pi}{T_{min}} = 0{,}174 \cdot 10^{-2}\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_h = \frac{2\pi}{T_h} = 0{,}145 \cdot 10^{-3}\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Nxitimi centripetal

Pse kabina lëviz nëpër vijë rrethore?

Përmes një demonstrimi të thjeshtë do ta gjejmë përgjigjen për këtë pyetje.

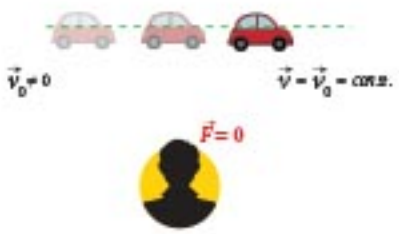
Nëse një veturë lodër, e cila para nesh qëndron në gjendje të qetësisë e tërheqim me litar, ajo do të lëvizë drejt nesh sipas një vije të drejtë (figura 6).

Nga ana tjetër, nëse vetura lodër lëviz me shpejtësi v në një vijë të drejtë dhe ne nuk veprojmë me forcë mbi të përmes litarit, ajo do të vazhdojë të lëvizë në mënyrë drejtvizore (figura 7).

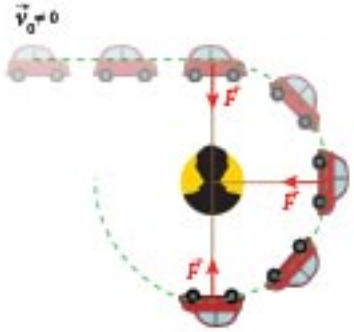
Por, nëse karroca lëviz me shpejtësi v dhe ne veprojmë mbi të me një forcë konstante duke e tërhequr drejt nesh, vetura lodër do të fillojë të lëvizë nëpër një vijë rrethore me shpejtësi konstante për nga moduli (figura 8).



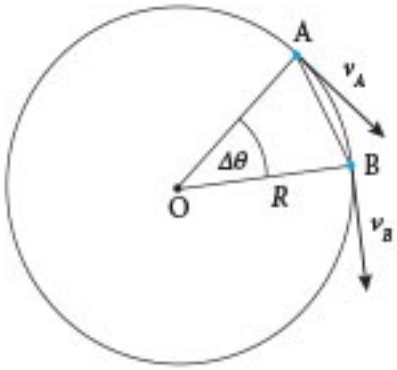
▲ **Figura 6.** Njeriu me ndihmën e litarit shkakton lëvizje në veturën lodër e cila ka qenë në gjendje të qetësisë

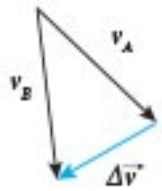


▲ **Figura 7.** Vetura lodër vazhdon të lëvizë në mënyrë drejtvizore nëse nuk i veprojmë me forcë



▲ **Figura 8.** Vetura lodër kryen lëvizje rrethore





▲ **Figura 9.** Ndryshimi i shpejtësisë $\Delta\vec{v}$ është si rezultat i ndryshimit të drejtimit dhe kahut të vektorit të shpejtësisë

Për të ndryshuar drejtimin e lëvizjes së një trupi që lëviz me shpejtësi konstante v duhet të veprojmë mbi të me një forcë. Nëse në trup veprojmë me një forcë konstante për nga moduli, ai do të ndryshojë vazhdimisht drejtimin e lëvizjes, domethënë do të fillojë të lëvizë nëpër një vijë rrethore. Nga Ligji i Dytë i Njutnit $\vec{F} = m\vec{a}$ e dimë se nën veprimin e forcës, trupi fiton një nxitim të caktuar. Le të shohim me ç'është i barabartë ky nxitim.

Gjatë lëvizjes nëpër vijë rrethore, drejtimi i vektorit të shpejtësisë ndryshon vazhdimisht. Edhe pse vetura lodër lëviz me shpejtësi konstante, ajo fiton nxitim për shkak të ndryshimit të drejtimit dhe kahut të vektorit të shpejtësisë (figura 9), ndërsa ky ndryshim është gjithmonë i orientuar kah qendra e vijës rrethore.

Nxitimi që paraqitet si rezultat i ndryshimit të drejtimit dhe kahut të vektorit të shpejtësisë quhet **nxitim centripetal.**

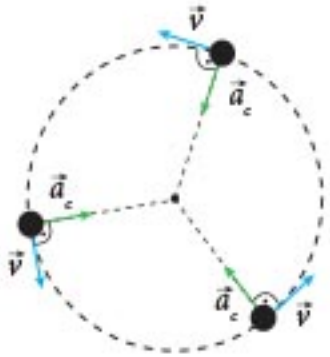
I njëjti është dhënë me formulën:

$$\vec{a}_c = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Moduli i nxitimit centripetal llogaritet me formulën

$$a_c = \frac{v^2}{R},$$

ku v është shpejtësia lineare e trupit që lëviz nëpër vijën rrethore me rreze R. Drejtimi i tij është i njëjtë me drejtimin e ndryshimit të shpejtësisë, domethënë gjithmonë është i orientuar kah qendra e vijës rrethore (figura 10). Prandaj ky nxitim quhet nxitim centripetal.



▲ **Figura 10.** Nxitimi centripetal në secilën pikë të vijës rrethore është i orientuar kah qendra e vijës rrethore

Nëse në vend të shpejtësisë lineare shkruhet barazimi që tregon lidhjen midis shpejtësisë lineare dhe këndore: $v = \omega R$, për nxitimin centripetal fitohet formula

$$a_c = \omega^2 R$$

A mund të përgjigjemi se ç'do të ndodhë me veturën lodër dhe si do të lëvizë ajo nëse në një çast të kohës e këputim litarin me të cilin e rrotullojmë? Për shkak të ndërprerjes së veprimit të forcës, në çastin që litari këputet, karroca do të vazhdojë të kryejë lëvizje në drejtim të vektorit të shpejtësisë së veturës lodër në atë pikë (figura 11).

A mund të përgjigjesh tani pse kabina lëviz nëpër vijë rrethore?



▲ Figura 11. Karroca pas këputjes së perit vazhdon të lëviz në kahun e vektorit të shpejtësisë në atë pikë.

Shembull i zgjidhur 3.

Dy shokë voziten në të njëjtin ringshpil në një park lodrash. Karroca në të cilën vozitet njëri është në distancë $r_1 = 2$ m nga boshti i rrotullimit të ringshpilit, ndërsa karroca me të cilën vozitet tjetri është në distancë $r_2 = 5$ m. Llogaritni herësin e shpejtësive lineare dhe herësin e nxitimeve centripetale të dy karrocave.

Është dhënë:

$r_1 = 2\,\text{m} \quad r_2 = 5\,\text{m} \quad \omega_1 = \omega_2 = \omega$

Kërkohet:

$\frac{v_1}{v_2} = ? \quad \frac{a_{c1}}{a_{c2}} = ?$

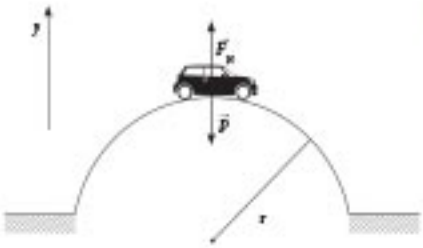
Zgjidhje:

Duke përdorur shprehjen që jep lidhjen mes shpejtësisë lineare dhe shpejtësisë këndore, shënohet:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega r_1}{\omega r_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2m}{5m} = \frac{2}{5}$$

Duke përdorur shprehjen që jep lidhjen mes nxitimit centripetal dhe shpejtësisë këndore, shënohet:

$$\frac{a_{c1}}{a_{c2}} = \frac{\omega^2 r_1}{\omega^2 r_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2m}{5m} = \frac{2}{5}$$



▲ Figura 12. Diagrami i forcave që vepron tek automobili i cili lëviz sipas urës gjysmërrethore

Shembull i zgjidhur 4:

Një automobil me masë $m = 1020$ kg, duke kaluar mbi një urë gjysmërrethore me rrezer = 20 m, lëviz me shpejtësi konstante $v = 36\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Llogarit forcën normale të reaksionit të mbështetëses në çastin kur automobili ndodhet në pikën më të lartë të urës.

Është dhënë:

$m = 1020$ kg

$r = 20$ m

$g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$v = 36\frac{\text{km}}{\text{h}} = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Kërkohet:

$F_N = ?$

Zgjidhje:

Shënohet barazimi i Ligjit të Dytë të Njutnit për rastin kur automobili ndodhet në pikën më të lartë të urës.

$\vec{F}_N + \vec{P} = m\vec{a}_c$

Duke bërë projeksion në lidhje me boshtin e referimit fitohet

$y: F_N - P = -ma_c \qquad F_N - P = -ma_c$

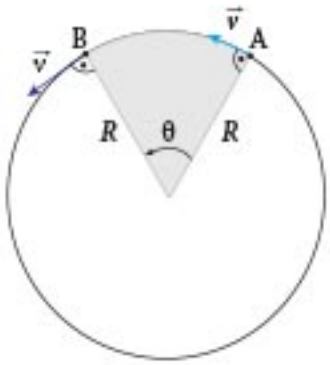
Duke pasur parasysh barazimin $a_c = \frac{v^2}{r}$ fitohet:

$F_N - mg = -m\frac{v^2}{r}$

Me zgjidhje të barazimit për F_R fitohet:

$F_N = mg - m\frac{v^2}{r} = m\left(g - \frac{v^2}{r}\right)$

$F_N = 1020\,\text{kg} \cdot \left(9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} - \frac{\left(10\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{20\,\text{m}}\right) = 4906{,}2\,\text{N}$



▲ Figura 13. Vektori i shpejtësisë ndryshon modulin, drejtimin dhe kahun

Nxitimi tangjencial dhe nxitimi këndor

Në çastin kur nis rrotullimi i rrotës panoramike, shpejtësia lineare e lëvizjes së kabinës ndryshon (figura 13).

Nëse ndryshon shpejtësia lineare e lëvizjes, atëherë trupi ka nxitim tangjencial. Moduli i nxitimit tangjencial llogaritet me formulën

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ku Δv është ndryshimi i shpejtësisë lineare të trupit për intervalin e dhënë kohor Δt.

Kahu i vektorit të nxitimit tangjencial mund të jetë i njëjtë me kahun e vektorit të shpejtësisë (kur shpejtësia e trupit zmadhohet) (figura 14a) dhe me kah të kundërt me kahun e vektorit të shpejtësisë (kur shpejtësia e trupit zvogëlohet) dhe gjatë kësaj këta dy vektorë kanë drejtim të njëjtë (figura 14b).

Kur moduli i shpejtësisë lineare të trupit që lëviz nëpër një vijë rrethore ndryshon, domethënë kur trupi ka nxitim tangjencial, ai për intervale kohore të barabarta përshkon kënde të ndryshme. Kjo na tregon se ndryshon edhe shpejtësia këndore e trupit, domethënë trupi fiton nxitim këndor.

Nxitimi këndor është madhësia fizike e cila tregon se sa ndryshon shpejtësia këndore për njësi të dhënë të kohës.

Nxitimi këndor shënohet me α dhe llogaritet me formulën

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

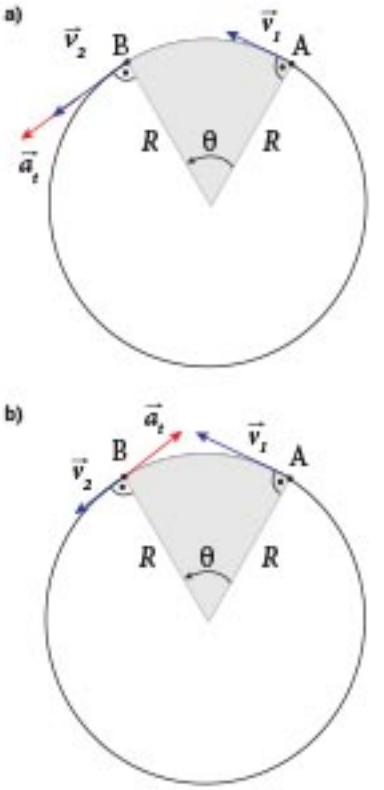
Njësia për nxitimin këndor është radian për sekondë katror $(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2})$. Nxitimi këndor është $1\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$, kur trupit për kohën prej 1 s i ndryshon shpejtësia këndore e tij për $1\frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

Nxitimi këndor te lëvizja rrethore është madhësi analoge me nxitimin te lëvizja drejtvizore.

Lidhja që ekziston midis nxitimit tangjencial dhe nxitimit këndor jepet me relacionin

$$a_t = R\alpha$$

ku R është rrezja e vijës rrethore sipas të cilit lëviz trupi.



▲ **Figura 14.** Drejtimi dhe kahu i vektorit të nxitimit tangjencial kur a) shpejtësia e trupit zmadhohet, b) shpejtësia e trupit zvogëlohet

Shembull i zgjidhur 5:

Djali me masë 50 kg vozitet në rrotën panoramike me rreze 10 m, ndërsa koha e nevojshme për një rrotullim të plotë është 100 s. Përcaktoni forcën normale të reaksionit që vepron mbi djalin në kabinë, kur ai ndodhet në:

a) pikën më të ulët të rrotës

b) pikën më të lartë të rrotës

c) Duke ditur se rrotës panoramike i nevojitet një rrotullim i plotë për të arritur shpejtësinë me të cilën do të vazhdojë të lëvizë, përcaktoni nxitimin këndor dhe nxitimin tangjencial.

Zgjidhje:

Është dhënë: $m = 50$ kg $\quad T = 100$ s $\quad R = 10$ m

Kërkohet:

a) $F_{N1} = ?$

b) $F_{N2} = 2?$

c) $a_t = ?$

$\alpha = ?$



▲ Figura 15. Rrota panoramike me udhëtar dhe forcat që veprojnë te udhëtarët në pikën më të ulët dhe më të lartë të rrotës.

Zgjidhje:

Mbi djalin veprojnë forca e rëndesës së Tokës dhe forca normale e reaksionit të mbështetëses, të cilat i japin atij nxitim centripetal. Ligji i Dytë i Njutnit në formë vektoriale jepet

$$\vec{F}_N + \vec{P} = m\vec{a}_c$$

a) Në pikën më të ulët të rrotës, mbi djalin veprojnë forca e rëndesës së Tokës dhe forca normale e reaksionit, ndërsa nxitimi centripetal që fiton djali nën veprimin e këtyre forcave është i orientuar kah qendra e rrotës, domethënë vertikalisht lart (figura 15).

Ligji i Dytë i Njutnit në këtë rast shkruhet:

$$F_N - P = ma_c$$

Prej këtu për forcën normale të reaksionit të mbështetëses fitohet

$$F_N = ma_c + P = m\frac{v^2}{R} + mg = m(\frac{v^2}{R} + g)$$

ku $v = \frac{2R\pi}{T} = 0,628\,\text{m/s}$

Dhe për forcën normale të reaksionit të mbështetëses fitohet $F_N = 492,5\,\text{N}$.

b) Edhe në pikën më të lartë mbi djalin veprojnë të njëjtat forca, vetëm se në këtë rast nxitimi centripetal që fiton djali është i orientuar vertikalisht poshtë (figura 15).

Ligji i Dytë i Njutnit për këtë rast shkruhet:

$$P - F_N = ma_c$$

Prej nga për forcën normale të reaksionit të mbështetëses fitohet:

$$F_N = P - ma_c = mg - m\frac{v^2}{R} = m(g - \frac{v^2}{R})$$

Prej nga për forcën normale të reaksionit të mbështetëses fitohet $F_N = 488,5\,\text{N}$

c) Duke ditur se $\omega_0 = 0$
dhe se rrotullës panoramike i nevojitet një rrotullim i plotë që ta arrin shpejtësinë me të cilën do të vazhdon të lëviz, mund të shkruhet:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 0,0628 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Prej nga për nxitimin këndor fitohet:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{T} = \frac{\omega}{T} = 0,00628 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Kurse për nxitimin tangjencial fitohet:

$$a_t = R\alpha = 0,0628 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nëse do të dish më tepër:

Me çfarë shpejtësie lëvizim kur "qëndrojmë në vend"?

Edhe pse nuk e ndjejmë, madje edhe kur "qëndrojmë në vend" në Tokë, ne lëvizim me një shpejtësi të madhe në Univers (figura 16). Kjo ndodh për shkak të më tepër niveleve të lëvizjeve rrethore:

- Toka orbiton rreth Diellit.
- Dielli orbiton rreth qendrës së Rrugës së Qumështit.
- E gjithë Rruga e Qumështit lëviz nëpër Univers (këtu do të përqendrohemi vetëm te dy të parat).



▲ Figura 16. Lëvizja e sistemit diellor rreth qendrës së Galaktikës.

Lëvizja e planetëve rreth Diellit

Toka orbiton rreth Diellit me një shpejtësi lineare mesatare rreth ≈ 29 800 m/s (~107 000 km/h). Në tabelën 1 më poshtë janë paraqitur të dhënat edhe për planetët e tjerë:

Planeti	Distanca nga Dielli (10^6 km)	Perioda (ditë)	Shpejtësia këndore (rad/s)	Shpejtësia lineare (m/s)	Nxitimi centripetal (m/s^2)
Merkuri	57,9	88	$8,26 \cdot 10^{-7}$	47 848	$3,95 \cdot 10^{-2}$
Venera	108,2	224,7	$3,24 \cdot 10^{-7}$	35 018	$1,13 \cdot 10^{-2}$
Toka	149,6	365.25	$1,99 \cdot 10^{-7}$	**29 786**	$5,93 \cdot 10^{-2}$
Marsi	228	687	$1,06 \cdot 10^{-7}$	24 135	$2,55 \cdot 10^{-2}$
Jupiteri	778,3	4331	$1,68 \cdot 10^{-8}$	13 068	$2,19 \cdot 10^{-2}$
Saturni	1432	10747	$6,77 \cdot 10^{-9}$	9 690	$6,56 \cdot 10^{-2}$
Urani	2867	30589	$2,38 \cdot 10^{-9}$	6 816	$1,62 \cdot 10^{-2}$
Neptuni	4515	59800	$1,22 \cdot 10^{-9}$	5 490	$6,68 \cdot 10^{-2}$

Tabela 1. Disa të dhëna bazë për planetët e sistemit Diellor. Burimi NASA

Lëvizja e Diellit nëpër Galaktikë

Dielli ynë, e me të edhe ne, orbitojmë rreth qendrës së Rrugës së Qumështit me një shpejtësi prej 233 000 m/s (~792 000 km/h). Kjo është 7 herë më shpejt se orbitimi i Tokës rreth Diellit!

Në tabelën 2 janë paraqitur të dhënat për yjet që ndodhen në distanca të ndryshme nga qendra e Galaktikës:

Objekti	Distanca (kpc)	Distanca (10^{16} km)	Shpejtësia këndore (rad/s)	Shpejtësia lineare (m/s)	Nxitimi centripetal (m/s^2)
Ylli qendror	0,1	0,31	$3{,}54 \cdot 10^{-14}$	110 000	$3{,}90 \cdot 10^{4}$
Dielli	8	24,7	$9{,}46 \cdot 10^{-16}$	**233 000**	$2{,}20 \cdot 10^{7}$
Yje në skaj të Galaktikës	15	46,3	$4{,}75 \cdot 10^{-16}$	220 000	$1{,}05 \cdot 10^{7}$

Ndoshta keni vënë re se Dielli lëviz me shpejtësi lineare më të madhe se yjet pranë skajit të Galaktikës. Në fakt, shpejtësia lineare e yjeve në Galaktikë rritet duke shkuar prej qendrës së Galaktikës drejt periferisë deri në 8 kpc, pastaj mbetet përafërsisht konstante. Kjo është tipike për Galaktikat spiralore dhe tregon për prezencën e materies së errët.

Sa shpejt lëvizim ne?

Nëse i marrim vetëm dy shpejtësitë kryesore:

- Shpejtësia e Tokës rreth Diellit:~29 800 m/s
- Shpejtësia e Diellit rreth qendrës së Galaktikës: ~233 000 m/s

Shpejtësia e përgjithshme e Tokës nëpër Univers: ~260 000 m/s

Kjo është 900000 km/h, madje edhe në rastin kur "qëndrojmë në vend"!

Pyetje dhe detyra:

1. Kur trupi do të ketë frekuencë prej 1 Hz?
2. Ç'është perioda dhe në cilën njësi matëse shprehet?
3. Nga cilat madhësi fizike varet nxitimi centripetal i trupit?
4. A mund të konsiderohet lëvizja e majës së akrepit të orës si lëvizje rrethore e njëtrajtëshme? Shpjego.
5. Shpjego, falë cilës forcë një automobil lëviz në një trajektore gjysmërrethore. Ç'ndodh nëse në rrugë ka akull? Shpjego.
6. Bolidi i Ferrarit duke hyrë në një lakesë të mprehtë vazhdimisht e ndryshon shpejtësinë e tij. Shpjego në cilën pjesë të lakesës forca e fërkimit do të jetë më e madhe. (Në shpjegim përdor madhësitë shpejtësi dhe rreze të lakesës).
7. Akrepi i minutave i orës së njohur Big Ben është i gjatë $l = 4{,}3$ m. Llogarit shpejtësinë lineare të majës së akrepit. Sa është shpejtësia këndore e akrepit?
8. Perioda e rrotullimit të satelitit të Jupiterit, Io, është $T = 2$ ditë dhe 1,8 h orë. Të supozojmë se sateliti kryen lëvizje rrethore të njëtrajtshme me rreze të rrethit $r = 421\ 700$ km. Llogarit shpejtësinë lineare dhe këndore të satelitit.
9. Një automobil me masë $m = 1{,}2$ t hyn në një lakesë gjysmërrethore dhe gjatë kësaj lëviz me shpejtësi konstante $v = 8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Rrezja e lakesës është $r = 20$ cm. Llogarit forcën e fërkimit si dhe koeficientin e fërkimit që shfaqet midis asfaltit dhe gomave.
10. Mbi një urë të thelluar me rreze të lakesës $R = 120$ m, lëviz kamioni me masë $m = 2$ t me shpejtësi $v = 35\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Me çfarë force vepron kamioni mbi urën kur kalon në mes të saj?



▲ Ora Big-ben



▲ Hëna

2.9 Gravitacioni

Kur molla këputet nga pema e mollës, ajo fillon të bjerë vertikalisht poshtë, kështu që shpejtësia e saj rritet, pra molla lëviz me nxitim. Sipas Ligjit të Dytë të Njutnit, trupi lëviz me nxitim kur mbi të vepron një forcë dhe gjatë kësaj nxitimi ka drejtimin dhe kahun sikur të forcës. Kjo forcë, siç e kemi mësuar tashmë, është forca e rëndesës së Tokës.

E njëjta gjë vlen edhe për Hënën, e cila lëviz nëpër një trajektore rrethore rreth Tokës. Ajo fiton nxitim centripetal nën ndikimin e një force që e detyron të lëvizë në orbitë rrethore dhe nuk e lejon të largohet në lëvizje sipas një vije të drejtë.

Isak Njutni e dinte se të dyja lëvizjet kushtëzohen nga një forcë. Ai e lidhi forcën që e tërheq mollën kah Toka dhe forcën që e "mbanë" Hënën në orbitë, duke supozuar se bëhet fjalë për të njëjtën forcë – **gravitetin**, përkatësisht **forcën gravitacionale**.

Ai formuloi ligjin për forcën e tërheqjes gravitacionale

Ligji i Njutnit për gravitacionin thotë se forca gravitacionale me të cilën një trup tërheq një trup tjetër, varet në proporcion të drejtë nga prodhimi i masave të atyre dy trupave dhe në proporcion të zhdrejtë nga katrori i distancës ndërmjet tyre.

Me formulë, kjo shënohet:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ku m_1 dhe m_2 janë masat e dy trupave që tërhiqen, r është distanca ndërmjet tyre, ndërsa γ është konstantja gravitacionale. Vlera e konstantes gravitacionale është

$$\gamma = 6,667 \cdot 10^{-11}\ \text{Nm}^2/\text{kg}^2$$

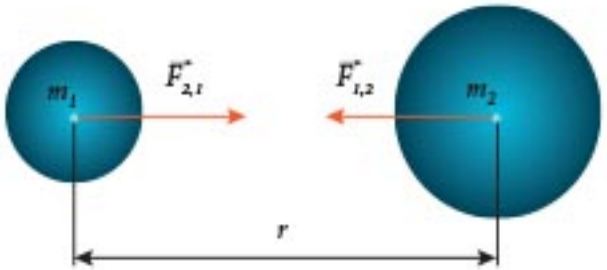
dhe të njëjtën e përcaktoi eksperimentalisht Kavendishi (Henry Cavendish), rreth shtatëdhjetë vjet pas vdekjes së Isak Njutnit.

Në fakt, ajo që e quajmë "forcë gravitacionale" janë dy forca të veçanta: aksioni dhe reaksioni. Secila nga këto forca vepron mbi njërin prej trupave që janë në lidhje gravitacionale. Forcat me të cilat bashkëveprojnë (tërhiqen) dy trupat me masat m_1 dhe m_2,

$\vec{F}_{1,2}$ dhe $\vec{F}_{2,1}$, sipas Ligjit të Tretë të Njutnit janë të barabarta.

Drejtimi i forcës gravitacionale është gjithmonë sipas boshtit që i lidh qendrat e dy trupave që tërhiqen (figura 1).

Për shkak të vlerës së vogël të konstantës gravitacionale, forca gravitacionale tepër vështirë vërehet ndërmjet dy trupave që kanë masa të



▲ Figura 1. Bashkëveprimi gravitacional i dy trupave me masa m_1 dhe m_2

vogla m_1 dhe m_2 të cilët janë të vendosur në një largësi r, por megjithatë ajo si e tillë ekziston.

Shembull i zgjidhur 1:

Sa është forca gravitacionale ndërmjet dy kutive me masa nga 1 kg, të vendosura në largësi prej 1 m?

Zgjidhje:

Është dhënë:

$m_1 = m_2 = 1\ \text{kg}$

$r = 1\ \text{m}$

$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Kërkohet:

$F_{2,1} = F_{1,2} = F$

Për ta gjetur forcën, zëvendësojmë drejtpërdrejt në ligjin e Njutnit për gravitacion:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{1\text{kg} \cdot 1\text{kg}}{1\text{m}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{N}$$

Siç pritej, bëhet fjalë për një forcë jashtëzakonisht të vogël. Kjo forcë i përgjigjet peshës së një trupi me masë prej 7 nanogramësh (10^{-12} kg), që i përgjigjet, ta zëmë shembull, krahut të një mushkonje.

Shembull i zgjidhur 2:

Forca gravitacionale ndërmjet Tokës dhe Hënës (figura 2) është $F_{th} = 2 \cdot 10^{20}$ N. Masat e Tokës dhe Hënës janë $m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg, $m_h = 7,3 \cdot 10^{22}$ kg Llogarit distancën ndërmjet tyre.



▲ Figura 2. Toka dhe sateliti i saj natyror

Është dhënë:

$F_{th} = 2 \cdot 10^{20}$ N; $m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg; $m_h = 7{,}3 \cdot 10^{22}$ kg; $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Kërkohet:

$r_{th} = ?$

Zgjidhje:

Sipas ligjit të Njutnit për gravitacion, për forcën gravitacionale ndërmjet Tokës dhe Hënës shkruajmë

$$F_{th} = \gamma \frac{m_t \cdot m_h}{r_{th}^2}$$

Duke zgjidhur sipas r_{th} fitohet $r_{th}^2 = \gamma \frac{m_t \cdot m_h}{F_{th}}$, domethënë

$$r_{th} = \sqrt{\gamma \frac{m_t \cdot m_h}{F_{th}}} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 7{,}3 \cdot 10^{22}}{2 \cdot 10^{20}}} = 3{,}8 \cdot 10^{8} \text{ m}$$

Nxitimi gravitacional

Le ta shqyrtojmë forcën me të cilën Toka bashkëvepron me një trup në afërsi të saj.

Në njësinë mësimore Llojet e forcave, thamë se forca e rëndesës së Tokës është forca me të cilën Toka i tërheq trupat që ndodhen në afërsi të saj dhe llogaritet me formulën:

$$P = mg$$

ku m është masa e trupit, ndërsa g është nxitimi gravitacional.

Toka dhe trupi në afërsi të sipërfaqes së saj do të tërhiqen me një forcë gravitacionale të shprehur sipas ligjit të Njutnit për gravitacion

$$F = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

Këtu m është masa e trupit në afërsi të Tokës, M është masa e Tokës dhe R është distanca midis qendrës së Tokës dhe qendrës së trupit, e cila në këtë rast mund të merret e barabartë me rrezen e Tokës.

Meqë në këtë rast forca gravitacionale është forca e rëndesës së Tokës, atëherë mund të shkruhet:

$$mg = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

Prej nga për nxitimin gravitacional fitojmë:

$$g = \gamma \frac{M}{R^2}$$

Nëse për masën e Tokës merret se është $M = 5{,}28 \cdot 10^{24}$kg, kurse rrezja e Tokës

$R = 6{,}37 \cdot 10^6$ m, për nxitimin gravitacional të Tokës fitohet $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Nxitimi gravitacional është nxitimi që fitojnë të gjitha trupat që lëvizin vetëm nën veprimin e forcës gravitacionale të Tokës, në afërsi të sipërfaqes së saj. Ai është konstant dhe ka vlerë 9,81 m/s².

Sipas formulës, rezulton se:

1. Nxitimi gravitacional nuk varet nga masa e trupit që bie.
2. Në afërsi të Tokës, nxitimi gravitacional nuk është konstant dhe zvogëlohet me rritjen e lartësisë h në të cilën ndodhet trupi në lidhje me sipërfaqen e Tokës, sipas formulës:

$$g = \gamma \frac{M}{(R+h)^2}$$

3. Nxitimi gravitacional varet nga masa dhe rrezja e planetit që e jep këtë nxitim, prandaj për çdo planet ky nxitim ka vlerë të ndryshme.

Shembull i zgjidhur 3:

Në çfarë distance h nga sipërfaqja e Tokës duhet të ngrihet një trup, që nxitimi i tij gravitacional të zvogëlohet për 1,2 herë? Rrezja e Tokës është $R = 6400$ km, ndërsa për masën e Tokës të merret $m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg.

Është dhënë:

$\frac{g_0}{g} = 1{,}2$

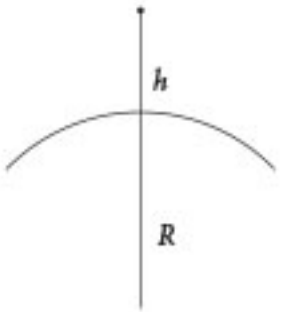
$m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg

$R = 6400$ km $= 64 \cdot 10^5$m

$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Kërkohet:

$h = ?$



▲ Figura 4. Trupi në lartësinë h në lidhje me Tokën

Zgjidhje:
Duke pasur parasysh ligjin e Njutnit për gravitacion, si dhe faktin se forca e rëndesës së Tokës në të vërtetë është forca gravitacionale ndërmjet Tokës dhe trupit të dhënë, shkruhen barazimet për të dy rastet $P = F_g$ dhe $P_h = F_{gh}$, përkatësisht

$$mg_h = \gamma \frac{m_t m}{(R_t + h)^2}$$

$$mg = \gamma \frac{m_t m}{R_t^2}$$

Duke pjesëtuar dy barazimet e fundit anë për anë kemi

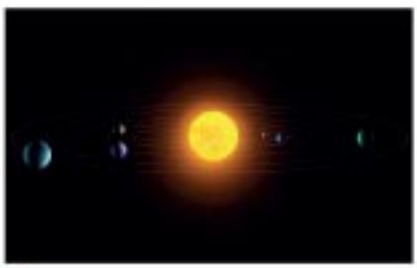
$$\frac{mg}{mg_h} = \frac{\gamma \frac{m_t m}{(R_t+h)^2}}{\gamma \frac{m_t m}{R_t^2}}, \quad \frac{g}{g_h}, \quad \frac{1}{1{,}2} = \frac{R_t^2}{(R_t + h)^2}$$

Që të lirohemi nga katrorët, të dy anët e barazimit i rrënjëzojmë:

$$\sqrt{\frac{1}{1{,}2}} = \sqrt{\frac{R_t^2}{(R_t + h)^2}} \qquad \sqrt{\frac{1}{1{,}2}} = \frac{R_t}{R_t + h}$$, prej nga me shumëzim kryq shënohet

$$R_t + h = \sqrt{1{,}2} R_t; \quad h = \sqrt{1{,}2} R_t - R_t$$

$$h = R_t \left(\sqrt{1{,}2} - 1\right) = 0{,}095 R_t = 6{,}08 \cdot 10^5 \text{ m}$$



▲ Figura 5. Lëvizja e planetëve rreth Diellit

Lëvizja e planetëve në Sistemin Diellor

I) Shpejtësia e lëvizjes së planetëve

Forca gravitacionale që paraqitet ndërmjet Diellit dhe Tokës jepet me formulën:

$$F = \gamma \frac{M_D M_T}{r^2}$$

ku M_D dhe M_T janë masa e Diellit respektivisht masa e Tokës, ndërsa r është distanca ndërmjet qendrave të tyre. Nën veprimin e kësaj force gravitacionale, Toka lëviz nëpër një trajektore eliptike, të cilën, për shkak të nivelit të njohurive në matematikë, do ta konsiderojmë si një trajektore rrethore (figura 5). Nën veprimin e forcës gravitacionale, Toka fiton një nxitim centripetal që llogaritet me formulën:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Nga ana tjetër, forca që e shkakton këtë nxitim, sipas Ligjit të Dytë të Njutnit mund të paraqitet me formulën:

$$F = M_t a_c oseF = M_t \frac{v^2}{r}$$

Nëse këto dy barazime barazohen anë për anë, meqë bëhet fjalë për të njëjtën forcë, mund të shkruhet:

$$\gamma \frac{M_d M_t}{r^2} = M_t \frac{v^2}{r}$$

Përkatësisht, për shpejtësinë e lëvizjes së Tokës rreth Diellit fitohet barazimi

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M_d}{r}}$$

Shpejtësia e lëvizjes mund të përcaktohet sipas të njëjtit parim për të gjitha planetët e tjera.

Nga formula mund të përfundohet se shpejtësia e lëvizjes së planetit varet në proporcion të zhdrejtë nga rrënja katrore e distancës, pra nëse planeti që ndodhet më larg nga Dielli në Sistemin Diellor do të lëvizë me shpejtësi më të vogël.

II) Perioda e lëvizjes

Nëse nxitimin centripetal e paraqesim përmes formulës:

$$a_c = \omega^2 R$$

dhe për shpejtësinë këndore e marrim formulën e cila jep lidhjen mes shpejtësisë këndore dhe periodës së rrotullimit të Tokës rreth Diellit:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Fitohet relacioni:

$$\gamma \frac{M_d M_t}{r^2} = M_t \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$$

Prej nga për periodën e rrotullimit të Tokës fitohet:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{\gamma M_d}}$$

Për të gjitha planetët e tjera, perioda e rrotullimit rreth Diellit mund të përcaktohet sipas të njëjtit parim dhe nga formula mund të përfundohet se perioda e rrotullimit të planetit varet në proporcion të drejtë nga rrënja katrore e fuqisë së tretë të distancës ose mund të thuhet se, nëse planeti që ndodhet më larg nga Dielli në Sistemin Diellor, ai do të ketë periodë më të madhe të rrotullimit.

Fusha gravitacionale dhe intensiteti i fushës gravitacionale

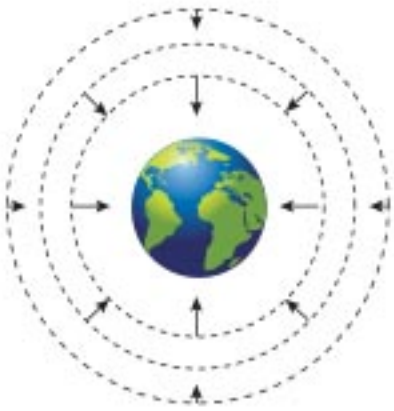
Kur mësuam për forcat dhe bashkëveprimin e tyre treguam se bashkëveprimi i trupave mund të jetë me kontakt dhe pa kontakt. Bashkëveprimi gravitacional mes trupave është pa kontakt,

domethënë dy trupa me masa m_1 dhe m_2 bashkëveprojnë, edhe pse ndodhen në një distancë të caktuar dhe nuk janë në kontakt mes tyre. Që nga koha e Njutnit, fizikanët dhe filozofët janë përpjekur të shpjegojnë se si një trup me masë mund të ndjejë prezencën e një trupi tjetër që gjendet në një distancë të caktuar, pa pasur kontakt të drejtpërdrejtë midis tyre. Në shekullin XIX, për të shpjeguar këtë bashkëveprim, u zhvillua ideja e fushës fizike. Sipas kësaj ideje, çdo trup me masë të caktuar në hapësirën rreth tij krijon një fushë gravitacionale, përmes së cilës realizohet bashkëveprimi me trupin tjetër. Për të njëjtën arsye bashkëveprojnë edhe dy trupa të elektrizuar të vendosur në një distancë të caktuar, por për dallim nga rasti ynë në këtë rast fusha që krijohet rreth trupave të elektrizuar quhet fushë elektrike.

E dimë se forcat elektrike me të cilat bashkëveprojnë trupat mund të jenë tërheqëse dhe dëbuese. Kjo na tregon se hapësira rreth nesh nuk është bosh, por e mbushur me fusha fizike si fusha gravitacionale, elektromagnetike dhe fusha të tjera të cilat, përveç intensitetit të tyre, kanë edhe drejtimin dhe kahun.

Në fizikën bashkëkohore, fushat fizike përfaqësojnë një formë të ekzistimit të materies me ndihmën e të cilës trupat bashkëveprojnë. Për përcaktimin e fushës gravitacionale (intensitetit, drejtimit dhe kahut) futet madhësia fizike e quajtur intensiteti i fushës gravitacionale.

Intensiteti i fushës gravitacionale ($\vec{G}$) në një pikë të dhënë është i barabartë me forcën me të cilën fusha gravitacionale do të veprojë te trupi me masë m i vendosur në atë pikë.



▲ Figura 6. Kahu dhe madhësia e vektorit të intensitetit të fushës gravitacionale

Me formulë, kjo shënohet si:

$$\vec{G} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Intensiteti i fushës gravitacionale është madhësi vektoriale e cila ka drejtimin dhe kahun e njëjtë si forca gravitacionale. Nëse në barazimin për intensitetin e fushës gravitacionale zëvendësohet barazimi për forcën gravitacionale me të cilën Toka e tërheq trupin me masë m, do të fitohet

$$G = \gamma \frac{M_t}{r^2}$$

Intensiteti i fushës gravitacionale të Tokës varet në proporcion të drejtë nga masa e Tokës (në rastin e përgjithshëm nga masa e trupit që e krijon fushën) dhe në proporcion të zhdrejtë me katrorin e distancës nga qendra e Tokës deri te qendra e trupit (figura 6).

Nëse e krahasojmë formulën për intensitetin e fushës gravitacionale me formulën për nxitimin gravitacional në fushën gravitacionale të Tokës, do të shohim se këto dy madhësi fizike kanë të njëjtën vlerë numerike, por nuk bëhet fjalë për të njëjtën madhësi fizike. Intensiteti i fushës gravitacionale i referohet fushës fizike gravitacionale, ndërsa nxitimi gravitacional i referohet trupit që ndodhet në fushë gravitacionale (nxitimi që fiton trupi në fushë gravitacionale).

Njësia për intensitetin e fushës gravitacionale është 1 N/kg.

Nëse do të dish më tepër:

- Hipatia e Aleksandrisë

Hipatia e Aleksandrisë (rreth vitit 370 – 415) ishte një nga gratë e para shkencëtare në histori. Ajo punonte në muzeun dhe bibliotekën e Aleksandrisë, ku ligjëronte Matematikë, Fizikë dhe Astronomi. Interesohej për lëvizjen e trupave qiellorë dhe përmirësoi ndërtimin e astrolabit — instrument i lashtë për matjen e pozitës së Diellit dhe yjeve.

Megjithëse në kohën e saj si model i pranuar ishte ende modeli gjeocentrik (se Toka është në qendër të Universit), Hipatia u ndihmonte nxënësve të saj të kuptonin lëvizjet e planetëve dhe yjeve në trajektore rrethore dhe gjatë kësaj përdorte Gjeometrinë e Fizikën për t'i shpjeguar ato.

Kështu, ajo kontribuoi në bazat e shkencës së lëvizjes nën ndikimin e gravitacionit, të cilën më vonë do ta zhvillonin Kepleri dhe Njutni.

- Ligjet e Keplerit

Në fillim të shekullit XVII, astronomi gjerman Johanes Kepler zbuloi se planetët nuk lëvizin nëpër rrathë të përkryer (ideal), por në elipsa, ku Dielli ndodhet në njërën nga fokuset (vatrat) e elipsës. Ai analizoi lëvizjen e planetëve duke përdorur të dhënat e astronomit Tiho Brahe dhe arriti t'i formulonte tre ligjet e njohura të Keplerit, të cilat edhe sot e kësaj dite mbeten themeli i mekanikës orbitale:

- Ligji i parë i Keplerit (Ligji për orbitë eliptike): Planetët lëvizin nëpër trajektore eliptike, gjatë së cilës Dielli ndodhet në njërën nga vatrat e elipsës.
- Ligji i dytë i Keplerit (Ligji për sipërfaqe të barabarta): Planeti, gjatë lëvizjes së tij orbitale, përshkruan sipërfaqe të barabarta në intervale kohore të barabarta. Kjo do të thotë se planeti lëviz më shpejt kur është më afër Diellit dhe më ngadalë kur është më larg tij.
- Ligji i tretë i Keplerit (Ligji i periodës dhe distancës): Katrori i periodës orbitale të planetit është në proporcion të drejtë me fuqinë e tretë të distancës së tij mesatare nga Dielli.

Kjo është e njëjta varësi që e morëm duke zbatuar ligjet e Njutnit! Në fakt, Njutni i përdori përfundimet e Keplerit për të arritur formën e përgjithshme të ligjit të gravitacionit. Përderisa Kepleri kishte përshkruar lëvizjen e planetëve, Njutni ishte ai që e shpjegoi këtë dukuri.

- Ajnshtajni dhe relativiteti i përgjithshëm

Edhe pse teoria e Njutnit për gravitacionin i shpjegonte shumë mirë lëvizjet e planetëve, me paraqitjen e matjeve të sakta filluan të shfaqeshin devijime të vogla – veçanërisht tek orbita e Merkurit.

Në vitin 1915, Albert Ajnshtajn publikoi teorinë e përgjithshme të relativitetit, e cila zëvendësoi kuptimin Njutnian të gravitacionit. Sipas Ajnshtajnit, gravitacioni nuk është forcë, por është përkulje e kohë-hapësirës e shkaktuar nga masa dhe energjia.

Planetët lëvizin në "rrugën më direkte" brenda asaj gjeometrie të përkulur, ngjashëm me një top që rrotullohet mbi një sipërfaqe të thelluar. Kjo teori i shpjegon saktësisht

të gjitha dukuritë e njohura gravitacionale dhe përbën bazën për kuptimin e vrimave të zeza, valëve gravitacionale dhe zgjerimit të universit, por përmban aparate matematikore shumë të ndërlikuara që janë të domosdoshme për të arritur deri te zgjidhja. Prandaj, për shumicën e përdorimeve praktike, ligji i Njutnit për gravitacionin ende përdoret dhe jep rezultate mjaft të sakta.

- Senzorët kuantikë për matje gravitacionale

  NASA po zhvillon sensorin e parë kuantik për matjen e gravitacionit. Ky instrument i avancuar, i mbështetur nga Earth Science Technology Office (ESTO), do të mundësojë hartëzimin e ndryshimeve të vogla gravitacionale me saktësi të lartë. Shkencëtarët besojnë se ai do të ndihmojë në zbulimin e rezervave të naftës, ujërave nëntokësore dhe burimeve të tjera.

- Simulimi i mikrogravitetit në Tokë

  Një laborator i NASA-s në Ohajo mundëson eksperimente në kushte të mikrogravitetit, me kohëzgjatje rreth 5,18 sekonda. Me rënien e lirë të trupave në një dhomë vakumi, shkencëtarët studiojnë se si graviteti ndikon në procese si djegia, lëvizja e lëngjeve dhe reaksionet biologjike.

Pyetje dhe detyra:

1. Krahaso forcat gravitacionale ndërmjet planetëve si Venera dhe Toka me Diellin. Sipas cilëve parametra mund ta përcaktosh këtë dhe si?
2. A janë të njëjta nxitimet gravitacionale të Tokës dhe Hënës? Bëj një krahasim.
3. Forca gravitacionale ndërmjet Diellit dhe planetit Neptun është $F_{dn} = 6{,}75 \cdot 10^{22}$ N. Duke ditur se distanca mesatare midis tyre është $r_{dn} = 1277{,}42 \cdot 10^6$ km, llogarite masën e Neptunit.
4. Në çfarë distance nga sipërfaqja e Tokës, nxitimi gravitacional është $g = 2\frac{m}{s^2}$? Rrezja e Tokës është $R = 6400$ km, kurse për masën e Tokës të merret $m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg.
5. Masa e satelitit të njohur të Jupiterit, Europa, është $m_e = 4{,}8 \cdot 10^{22}$ kg. Nxitimi gravitacional që do të kishte një trup i ngritur në lartësi $h = 1000$ km mbi sipërfaqen e tij, është $g_e = 2\frac{m}{s^2}$. Llogarit rrezen e satalitit Europa.
6. Perioda orbitale e teleskopit Habël është $T_s = 96$ min. Ai orbiton në një lartësi $h = 555$ km mbi sipërfaqen e Tokës. Llogarite shpejtësinë lineare dhe shpejtësinë këndore mesatare të teleskopit ($R = 6400$ km).
7. Llogarit në çfarë lartësie të matur nga sipërfaqja e Tokës rrotullohet një satelit nëse perioda e tij orbitale është $T = 120$ min. Rrezja e Tokës është $R = 6400$ km, kurse për masën e Tokës të merret $m_t = 6 \cdot 10^{24}$ kg.

8. Llogarit herësin e forcave gravitacionale me të cilat Dielli dhe Jupiteri do të vepronin mbi një të njëjtin trup të vendosur në sipërfaqen e tyre. Vlerat për masat dhe rrezet janë: $m_j = 1898,6 \cdot 10^{24}\,\text{kg}$, $R_j = 70 \cdot 10^3\,\text{km}$, $m_d = 2 \cdot 10^{30}\,\text{kg}$, $R_d = 7 \cdot 10^5\,\text{kg}$.

Rezyme:

- Lëvizja rrethore e njëtrajtshme është lëvizja e një trupi nëpër vijë rrethore me modul konstant të shpejtësisë.
- Perioda (T) e një trupi që kryen lëvizje rrethore është koha e nevojshme për të kryer një rrotullim të plotë.
- Frekuenca (f) është numri i rrotullimeve të plota të kryera në njësi kohe, pra $f = \frac{N}{t}$.
- Shpejtësia lineare e një trupi që kryen lëvizje rrethore të njëtrajtshme me rreze R është $v = \frac{2R\pi}{T}$.
- Shpejtësia këndore (ω) është madhësia fizike që tregon çfarë këndi të rrotullimit përshkruan trupi në njësi kohe, pra $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$.
- Njësia për shpejtësinë këndore është radian për sekondë $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$.
- Lidhja midis shpejtësisë lineare dhe shpejtësisë këndore jepet nga formula $v = \omega R$.
- Nxitimi që paraqitet si rezultat i ndryshimit të drejtimit dhe kahut të vektorit të shpejtësisë te lëvizja rrethore quhet nxitim centripetal dhe llogaritet me formulën: $a_c = \frac{v^2}{R}$ ose $a_c = \omega^2 R$.
- Nxitimi këndor është madhësi fizike që tregon sa ndryshon shpejtësia këndore në njësi të kohës, pra $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.
- Njësia për nxitimin këndor është radian për sekondë në katror $(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2})$.
- Lidhja mes nxitimit tangjencial dhe nxitimit këndor jepet me formulën: $a_t = R\alpha$.
- Ligji i Njutnit për gravitacion thotë se forca gravitacionale me të cilën një trup tërheq një trup tjetër varet në proporcion të drejtë nga prodhimi i masave të dy trupave dhe në proporcion të zhdrejtë nga katrori i distancës ndërmjet tyre, pra: $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- Nxitimi gravitacional llogaritet me formulën: $g = \gamma \frac{M}{R^2}$.
- Në afërsi të Tokës nxitimi gravitacional nuk është konstant dhe zvogëlohet me rritjen e lartësisë h në të cilën ndodhet trupi në lidhje me sipërfaqen e Tokës, sipas formulës: $g = \gamma \frac{M}{(R+h)^2}$.
- Intensiteti i fushës gravitacionale ($\vec{G}$) në një pikë të caktuar është i barabartë me forcën me të cilën fusha gravitacionale do të veprojë mbi një trup me masë m të vendosur në atë pikë.
- Njësia për intensitetin e fushës gravitacionale është 1 N/kg.

2.10 Lëvizja dhe gjendja e trupit në fushë të forcës së rëndesës së Tokës



▲ Figura 1. Gyp qelqi në të cilin lëshohen të bien topthi prej metali dhe penda.

Forca gravitacionale me të cilën Toka i tërheq trupat është gjithmonë e orientuar kah qendra e masës së Tokës. Drejtimi, kahu dhe moduli i forcës gravitacionale, shpejtësia fillestare e trupit të hedhur si dhe forcat shtesë që veprojnë tek ai në fushën fizike të forcës së rëndesës së Tokës, i japin formë trajektores që përshkruan trupi gjatë lëvizjes së tij.

Më e thjeshta është të përshkruhen dhe të shpjegohen lëvizjet e trupave mbi të cilët vepron vetëm forca gravitacionale e Tokës.

Le ta shqyrtojmë shembullin nga figura 1. Në gypin në të majtë shohim atë që na është e njohur nga përditshmëria: pupla bie me nxitim më të vogël, sepse forca e rezistencës së ajrit është më e madhe. Në gypin në të djathtë ka vakum. Meqë përveç forcës gravitacionale nuk ka forca të tjera, pupla dhe topthi do të bien njëkohësisht. Nxitimi i të dy objekteve është i barabartë dhe ka të njëjtën vlerë. Është e qartë se bëhet fjalë për nxitimin që forca e rëndesës së Tokës ua jep trupave, ndërsa ky është nxitimi gravitacional tokësor. Ky eksperiment quhet eksperimenti i Galileit, sepse Galileo, sipas gojëdhënës, hodhi dy trupa me masa të ndryshme nga maja e kullës së Pizës për të treguar se të dy trupat bien me të njëjtin nxitim.

Lëvizjet që do t'i shqyrtojmë më tej shkaktohen vetëm nga veprimi gravitacional dhe i cili paraqitet në distanca që janë të vogla në krahasim me rrezen e Tokës, pra afër sipërfaqes së saj.



▲ Figura 2. Shembuj të lëvizjeve në fushë gravitacionale

Imagjinoni sikur ndodheni në një cirk. Aty ka drita shumëngjyrëshe, muzikë emocionuese dhe shumë akrobatë që shfaqin pika të pabesueshëm. Disa nga vizitorët e shfaqjes së cirkut janë Sara dhe Darisi. Ata janë të mahnitur nga gjithçka që shohin. Por, përveç argëtimit, ata vërejnë diçka interesante:

mënyra të ndryshme se si lëvizin trupat (figura 2). Zhongleri e hedh topthin vertikalisht lart, e pastaj ai bie lirshëm vertikalisht poshtë. Shigjetari e hedh shigjetën në drejtim horizontal, ashtu që ajo përshkruan një trajektore parabolike. Klouni, i hedhur nga topi i cirkut, bën një hedhje të pjerrët. Vajza që lëviz në ashensor ndien ndryshime të dukshme në peshën e saj. Tullumbacja e klounit të vogël, teksa shfryhet, lëviz në kah të kundërt me kahun sipas të cilit del ajri prej saj. Të gjitha këto lëvizje e kanë natyrën e njëjtë: fushën gravitacionale të Tokës. Le t'i shqyrtojmë dhe t'i përshkruajmë këto lëvizje.

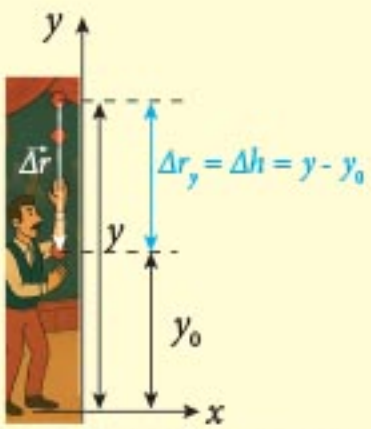
Rënia e lirë

Në një nga pikat akrobatikë (figura 2), zhongleri zhonglon me dy toptha, duke i hedhur vertikalisht lart. Topthat, në një çast ndalen dhe pastaj fillojnë të lëvizin lirshëm vertikalisht poshtë. Shkaku i kësaj lëvizje është forca gravitacionale me të cilën Toka i tërheq të gjithë trupat në afërsi të saj.

Trupat e lëshuar të bien lirshëm, në fushën gravitacionale të Tokës lëvizin në mënyrë drejtvizore njëtrajtësisht të përshpejtuar, me nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional të Tokës ($\vec{a} = \vec{g}$). Ky lloj i lëvizjes quhet rënie e lirë.

Për ta kuptuar më mirë, rënien e lirë do ta shqyrtojmë përmes shembullit 1.

Shembull i zgjidhur 1



▲ Figura 3. Zhongleri. Në këtë figurë shqyrtojmë lëvizjen e topthit i cili bie me rënie të lirë nga lartësia Δh.

Zhongleri e hedh topthin vertikalisht lart. Ai, në një çast ndalet dhe vazhdon të lëvizë vertikalisht poshtë, pra bie lirshëm. Darisi vëren se rruga që përshkon topthi, nga çasti kur ndalet deri në çastin kur kthehet përsëri në dorën e zhonglerit, është përafërsisht $\Delta h = 1$ m. Duke ditur se topthi bie me nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional $a = g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$, darisi dëshiron të llogarisë shpejtësinë e topthit me të cilën ai kthehet në dorën e zhonglerit. Këtë mund ta bëjë në mënyrën vijuese:

Shënohen kushtet fillestare, domethënë vlerat e njohura të madhësive të dhëna fizike.

$v_o = 0$

$\Delta h = 1\text{m}$

$a = g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$v = ?$

$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{g}\,t$

Shënohen barazimet vektoriale për shpejtësinë dhe zhvendosjen

$\Delta\vec{r} = \vec{v_o}\,t + \frac{\vec{g}\,t^2}{2}$

$y : v_y = v_{oy} + g_y\,t$

Rënia e lirë është lëvizje vertikale. Prandaj e zgjedhim boshtin vertikal y të sistemit koordinativ që të gjejmë dhe të shkruajmë projeksionet përkatëse të madhësive vektoriale në lidhje me boshtin y.

Vektori i zhvendosjes është në kah të kundërt me kahun e boshtit y, prandaj projeksioni i tij është me shenjën minus

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

$y : -\Delta r_y = v_{0y}\,t - \frac{g_y\,t^2}{2}$

$y : v = v_o + g\,t$

Në barazimet për v dhe Δh vendoset kushti fillestar $v_o = 0$, ndërsa koha t shprehet përmes barazimit për Δh

$\Delta h = v_0\,t + \frac{g\,t^2}{2}$

$\Delta h = \frac{g\,t^2}{2}$

$v = g\,t$

$v = g\sqrt{\frac{2\Delta h}{g}}$

$v = 4{,}42 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$t^2 = \frac{2\Delta h}{g}$ $t = \sqrt{\frac{2\Delta h}{g}}$

Rënia nga lartësitë e mëdha

Kur bëhet fjalë për rënien e trupit nga një lartësi e madhe, rezistenca e mjedisit nuk mundet thjeshtë të shpërfillet. Le të shqyrtojmë rënien e një trupi nga një lartësi mbidetare e madhe nëpër atmosferë (figura 4).

Gjatë rënies, mbi trup veprojnë dy forca: forca e rëndesës së Tokës $\vec{P}$, e orientuar vertikalisht poshtë, ndërsa forca e rezistencës së ajrit $\vec{F}_{re}$,

e orientuar vertikalisht lart (figura 4). Në përputhje me Ligjin e Dytë të Njutnit, e shkruajmë barazimin

$$\vec{P} + \vec{F}_{re} = m\vec{a}$$

Që të kalojmë nga barazimi vektorial në barazim skalar, do të bëjmë projeksionin e barazimit në lidhje me boshtin y të zgjedhur në mënyrë të arbitrare.

$$y : P - F_{re} = ma$$

Duke zëvendësuar shprehjet për forcën e rëndesës së Tokës $P = mg$ dhe forcën e rezistencës së ajrit $F_{re} = cv^2$, fitohet shprehja:

$$mg - cv^2 = ma$$

Në fillim të rënies, shpejtësia e trupit është e vogël, e për këtë arsye forca e rezistencës së ajrit është e papërfillshme kurse lëvizja është përafërsisht rënie e lirë. Por, me rritjen e shpejtësisë, rritet edhe rezistenca e ajrit. Në një çast, forca e rezistencës së ajrit do të bëhet e barabartë me forcën e rëndesës së Tokës. Kjo do të thotë se shuma e forcave që veprojnë mbi trupin do të jetë e barabartë me zero.

$$mg - cv^2 = 0$$

Nëse shuma e forcave që veprojnë mbi trupin është zero, sipas ligjit të parë të Njutnit, trupi ose do të qëndrojë në prehje (qetësi) ose do të vazhdojë të kryejë lëvizje drejtvizore me shpejtësi konstante. Në çastin kur barazohen forca e rëndesës së Tokës dhe forca e rezistencës së ajrit, shpejtësia e trupit ndalon së rrituri. Kjo është, në fakt, **shpejtësia maksimale** që e arrin trupi.

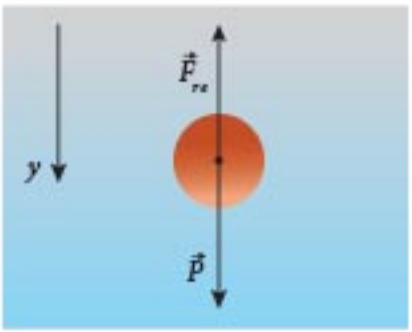
Duke rregulluar barazimin e mësipërm, për shpejtësinë fitohet:

$$cv^2 = mg$$

$$v^2 = \frac{mg}{c}$$

$$v = \sqrt{\frac{mg}{c}}$$

Nga barazimi shihet se shpejtësia maksimale varet në proporcion të drejtë nga rrënja katrore e masës së trupit dhe nxitimit gravitacional, dhe në proporcion të zhdrejtë nga rrënja katrore e koeficientit të rezistencës së mjedisit. Kjo do të thotë se trupat që i nënshtrohen një force më të madhe të rezistencës së ajrit kanë shpejtësi maksimale më të vogël. Në fakt, barazimi për shpejtësinë maksimale na jep përgjigjen në pyetjen pse trupat e lëshuar nga e njëjta lartësi arrijnë shpejtësi të



▲ **Figura 4.** Diagrami i forcave të trupit i cili bie nga një lartësi e madhe nëpër atmosferë



▲ Figura 5. Parashutisti para se ta hapë parashutën bie me shpejtësi shumë të madhe, por nxitimi i tij është zero.

ndryshme dhe, për këtë arsye, nuk bien për të njëjtën kohë. Pra, ajo që shohim nga jeta e përditshme, kur një trup bie më shpejt se një tjetër kur lëshohen nga e njëjta lartësi, është pasojë e ndikimit të rezistencës së ajrit. Si përfundim nga gjithçka e thënë deri tani, rezulton se një trup me masë më të madhe dhe me aerodinamikë më të mirë (koeficient më të vogël të rezistencës) ka edhe shpejtësi maksimale më të madhe.

Një shembull karakteristik për rënien e një trupi nga lartësi të mëdha është rënia e një parashutisti (figura 5).

Numri i pafund i shembujve nga natyra shpjegohet përmes teorisë fizike të lëvizjes së trupave në fushën gravitacionale të Tokës:

- Pikat e shiut, për shkak të gravitacionit, bien vertikalisht poshtë. Ato nxitojnë derisa forca e rezistencës së ajrit të barazohet me forcën gravitacionale të Tokës.
- Gjethet lëvizin vertikalisht poshtë për shkak të gravitacionit, por për shkak të formës së tyre, shfaqet edhe forca e rezistencës së ajrit, prandaj gjethet duket sikur vallëzojnë në ajër.
- Gjatë shpërthimeve vullkanike, grimca të imëta hiri hidhen lartë në atmosferë dhe më pas bien lirshëm përsëri drejt Tokës.
- Kur një meteor hyn në atmosferën e Tokës, ai fillon të bie për shkak të gravitacionit, duke krijuar një gjurmë të ndritshme

Aktivitet (Eksperiment): Llogaritja e vlerës së nxitimit tokësor g

Qëllimi i eksperimentit:

Të llogaritet vlera e nxitimit tokësor duke përdorur teknologjinë digjitale.

Pajisjet e nevojshme:

Telefon celular, dy toptha (njëri metalik dhe tjetri plastik), vizore, kompjuter i cili ka të instaluar aplikacionin falas Tracker (Tracker Video Analysis and Modeling Tool), të cilin mund ta shkarkosh nga faqja zyrtare: https://physlets.org/tracker. Aplikacioni mund të përdoret direkt edhe nga shfletuesit (Chrome, Firefox, Safari ose Edge).

▲ Linku për aplikacionin Tracker

Procedura:

- Përgatite kuadrin në mënyrë që të kesh një trup referues — për shembull një vizore ose një objekt të njohur, në mënyrë që të mund të përcaktosh distancat në video. Sfondi duhet të jetë me sa më shumë kontrast me topthat; pra, nëse ata janë të errët, sfondi duhet të jetë i hapur dhe anasjellta. Po ashtu, nuk duhet të ketë shumë objekte të tjera që do të duken në kuadër.
- Merr një telefon celular me kamerë të mirë dhe zgjidh funksionin Slow Motion.

- Vendose telefonin në një mbajtëse ose në një sipërfaqe të qëndrueshme, në mënyrë që kamera të përfshijë kuadrin ku do të bien topthat.
- Lëshoje fillimisht topthin metalik që të bjerë lirshëm. Kujdes që të mos i japësh shpejtësi fillestare, por vetëm ta lëshosh nga dora. Regjistro disa video me të njejtin topth. Pastaj përsërite të njëjtën procedurë me topthin plastik dhe incizo disa video edhe me të.
- Me ndihmën e aplikacionit Tracker, analizo lëvizjet e topthave. Aplikacioni do të të mundësojë të marrësh një pamje në të cilën, për çdo pozitë të topthave, do të jenë të shënuara çastet kohore.
- Mat distancën midis pesë pozitave të njëpasnjëshme, si dhe intervalet kohore përkatëse.
- Përgatit një tabelë ku t'i vendosësh vlerat e matura për distancat dhe intervalet kohore për të cilat janë përshkruar këto distanca.
- Ndërto grafikun e varësisë $h - h\left(\frac{t^2}{2}\right)$ (lartësia si funksion i gjysmës së katrorit të kohës) dhe nga grafiku llogarit vlerën e nxitimit gravitacional për të dy topthat.
- Krahaso dhe analizo vlerat e fituara për nxitimin gravitacional për të dy topthat.

Mendo si shkencëtar

A të kujtohet Marku, i cili kreu një hulumtim shkencor ku përcaktoi si varet koha e rënies së topthit nga lartësia prej të cilës bie? Tani të mbetet ty të dizajnosh dhe të realizosh një hulumtim për atë se si masa e trupave ndikon në kohën e rënies së tyre.

Të rikujtojmë hapat që duhet t'i ndjekësh:

Hapi 1: Siguro një test të drejtë me përcaktim korrekt të ndryshoreve të pavarura, të varura dhe atyre kontrolluese.

Hapi 2: Parashtro hipotezën.

Hapi 3: Harto plan për eksperiment dhe realizo eksperimentin.

Hapi 4: Përpuno të dhënat.

Hapi 5: Interpreto rezultatet dhe vërteto ose hidhe poshtë hipotezën.

Hedhja vertikale

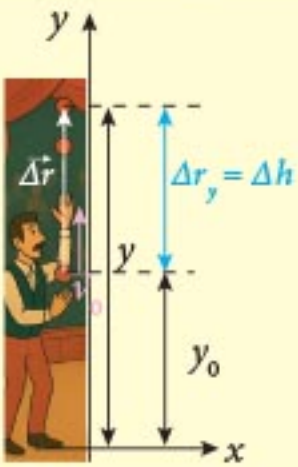
Në pikën akrobatike të zhonglerit (figura 6), që ai t'i hedhë topthat vertikalisht lart, duhet t'u japë atyre shpejtësi fillestare. Vërehet lehtë

se topthat ngadalësohen deri në një çast kur edhe ndalen. Arsye për këtë lloj lëvizjeje është veprimi tërheqës gravitacional i Tokës.

Trupat e hedhur vertikalisht lart me shpejtësi fillestare në fushë gravitacionale të Tokës kryejnë lëvizje drejtvizore njëtrajtësisht të ngadalësuar, me nxitim të barabartë me nxitimin tokësor. $\vec{a} = \vec{g}$. **Lëvizja e këtillë quhet hedhje vertikale.**

Le të shqyrtojmë një detyrë që ka të bëjë me zhonglerin i cili e hedh topthin vertikalisht lart.

Shembull i zgjidhur 2



▲ **Figura 6.** Zhongleri. Në këtë figurë shqyrtojmë lëvizjen e topthit të cilin zhongleri e hedh lart.

Zhongleri e hedh topthin vertikalisht lart. Ai, në një çast të caktuar ndalet dhe vazhdon të lëvizë vertikalisht poshtë. Sara vëren se rruga që përshkruan topthi, nga çasti i hedhjes deri në çastin kur ndalet, është përafërsisht $\Delta h = 1$ m. Duke ditur se topthi bën lëvizje njëtrajtësisht të ngadalësuar me nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional $a = g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$, Sara dëshiron të llogarisë shpejtësinë fillestare me të cilën është hedhur topthi. Këtë mund ta bëjë në mënyrën vijuese:

Shënohen kushtet fillestare, domethënë vlerat e njohura të madhësive fizike të dhëna

$$v = 0\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta h = 1\text{m}$$

$$a = g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v_0 = ?$$

Shënohen barazimet vektoriale për shpejtësinë dhe zhvendosjen

$$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{g}\,t \qquad \Delta\vec{r} = \vec{v_o}\,t + \frac{\vec{g}\,t^2}{2}$$

Hedhja vertikale është lëvizje vertikale. Për këtë zgjedhet bosht vertikal y nga sistemi kënddrejtë koordinativ që të gjinden dhe shënohen projeksionet përkatëse të madhësive vektoriale në lidhje me boshtin y.

$y: v_y = v_{oy} + g_y t$

$y: \Delta r_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Vektorët e shpejtësisë fillestare dhe nxitimit gravitacional janë me kah të kundërt në lidhje me boshtin y, prandaj vendoset shenja minus.

$y: v = v_o - g t$

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

Në barazimin për v vendoset kushti fillestar. Zëvendësohet shprehja për shpejtësi fillestare v_0 në shprehjen për Δh dhe fitohet barazimi për kohën t. Barazimi i ri i fituar për t zëvendësohet në shprehjen për v_0

$v_0 = gt$

$\Delta h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$

$0 = v_0 - gt$

$\Delta h = g t^2 - \frac{g t^2}{2}$

$\Delta h = \frac{g t^2}{2}$

$v_0 = 4,42 \ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$v_0 = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2hg}$

$t^2 = \frac{2h}{g}$

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Ja disa dukuri interesante në natyrë që shpjegohen me teorinë e hedhjes vertikale:

- Gjatë një shpërthimi vullkanik, hiri dhe gazrat hidhen vertikalisht lart derisa, për shkak të gravitacionit, ndalen dhe më pas bien përsëri në Tokë. Përmes lartësisë maksimale të hirit dhe gazrave të hedhur mund të përcaktohet përhapja e resë vullkanike. Kjo është shumë e rëndësishme për parashikimin e rreziqeve mbi trafikun ajror dhe shëndetin e njerëzve.
- Disa bimë (si klokëza e rëndomtë) i hedhin farat e tyre lartë gjatë rastit kur e ashtuquajtura kapsulë e tyre pëlcet. Llogaritja e lartësisë maksimale, si dhe e shpejtësisë me të cilën bien farat, shpjegon se si ato përhapen dhe sa dëmtohen gjatë rënies.



▲ **Figura 7.** Klokëz e rëndomtë (*Silene vulgaris*). Shembull i një bime që kryen hedhje vertikale.

Hedhja horizontale

Në një nga pikat më atraktive në shfaqjen e cirkut (figura 8), është kur shigjetari e hedh shigjetën në drejtim horizontal me një shpejtësi fillestare. Për shkak të forcës gravitacionale, e cila e tërheq trupin vertikalisht poshtë, shigjeta bën dukshëm një lëvizje parabolike.

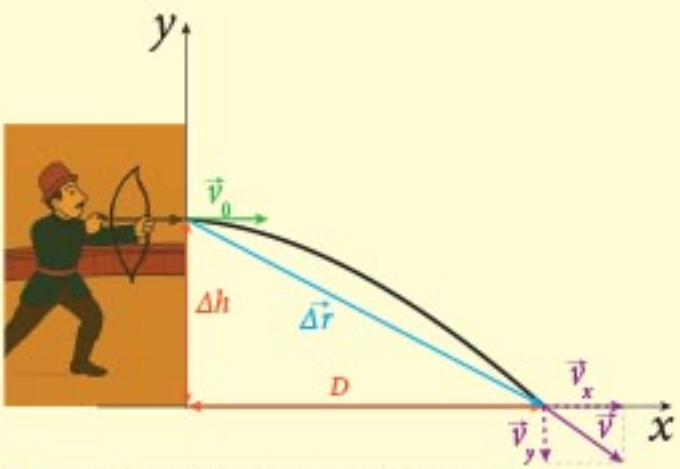
Një trup i ngritur në një lartësi të caktuar dhe i hedhur me shpejtësi fillestare në drejtim horizontal, në fushën gravitacionale të Tokës, kryen një lëvizje vijëpërkulët. Ky lloj i lëvizjes quhet **hedhje horizontale.**

Darisi, me një sy të mprehtë, ndjek jo vetëm lëvizjen e shigjetës, por edhe lëvizjet e hijeve të saj. Në dysheme, nën dritën e reflektorit, hija e shigjetës kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme. Ndërsa, mbi një panel të vendosur vertikalisht, hija zbret gjithnjë e më shpejt, sikur të ishte në rënie të lirë. Çfarë sheh në të vërtetë Darisi? Ai, pa qenë i vetëdijshëm, po vëzhgon lëvizjen e shigjetës të zbërthyer në dy përbërëse:

- Lëvizjen horizontale, ku shigjeta kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme me shpejtësi konstante. Këtë lëvizje e shohim përmes hijes në dysheme.
- Lëvizjen vertikale, ku shigjeta kryen lëvizje njëtrajtësisht të nxituar nën ndikimin e gravitacionit, pra është në rënie të lirë. Këtë e shohim përmes hijes në panelin vertikal.

Këtë zbërthim të hedhjes horizontale në dy lëvizje më të thjeshta do ta zbatojmë në shembullin vijues.

Shembull i zgjidhur 3



▲ **Figura 8.** Shigjetari e hedh shigjetën në drejtim horizontal, ashtu që ajo të kryejë hedhje horizontale

Shigjetari e hedh shigjetën në drejtim horizontal dhe e godet shenjën e vendosur në dyshemenë e sallës së cirkut. Darisi, duke e ditur distancën ndërmjet shigjetarit dhe shenjës, respektivisht distancën $D = 60$ m dhe duke supozuar se shigjeta është hedhur nga një lartësi $h =$ 1,60 m, dëshiron të llogarisë shpejtësinë fillestare të hedhjes së shigjetës.

Shënohen kushtet fillestare, domethënë vlerat e njohura të madhësive fizike të dhëna

$D = 60\,\text{m}$

$h = 1{,}60\,\text{m}$

$g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$v_0 = ?$

$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{g}\,t$

Shënohen barazimet vektoriale për shpejtësinë dhe zhvendosjen

$\Delta\vec{r} = \vec{v_o}\,t + \frac{\vec{g}\,t^2}{2}$

$x:\ v_x = v_{ox} + g_x\,t$

$y:\ v_y = v_{oy} + g_y\,t$

Hedhja horizontale është lëvizje vijëpërkulët. Drejtimi i shigjetës te lëvizja e këtillë ndryshon edhe sipas boshtit x por edhe sipas boshtit y. Prandaj bëhet projeksion i madhësive vektoriale në lidhje me të dy boshtet.

$x:\ \Delta r_x = v_{0x}\,t + \frac{g_x\,t^2}{2}$

$y:\ \Delta r_y = v_{0y}\,t + \frac{g_y\,t^2}{2}$

$x:\ v_x = v_o$

$y:\ -v_y = -g\,t\,/{-1}$

$y:\ v_y = g\,t$

Rikujtim: Shenjat e projeksioneve të vektorëve të shpejtësisë, nxitimit gravitacional dhe zhvendosjes varen nga kahu i vektorëve të tyre përkatës në lidhje me boshtet koordinative përkatëse.

$x:\ x - x_0 = v_0\,t$

$D = v_0 t$

$y:\ y_0 - y = \frac{g\,t^2}{2}$

$h = \frac{g\,t^2}{2}$

Me kombinimin e barazimeve për hvendosja horizontale D (zhvendosjen maksimale sipas boshtit x) dhe lartësinë nga e cila hedhur shigjeta h fitohet shprehja për shpejtësinë v_o

$D = v_0 t \ ; t = \frac{D}{v_0}\ h = \frac{gt^2}{2}\ ; h = \frac{gD^2}{2v_0^2}$

$v_0^2 = \frac{gD^2}{2h}\ ; v_0 = \sqrt{\frac{gD^2}{2h}}$

$v_0 = \sqrt{\frac{9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot(60\text{m})^2}{2\cdot 1{,}60\text{m}}} = 105{,}1\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Hedhja horizontale është një lloj i lëvizjes me të cilën ndeshemi vazhdimisht në botën rreth nesh. Ja disa shembuj interesantë:

- Disa bimë kanë frut ose kapsulë, të quajtur bishtajë balistike e farave, e cila, kur piqet, hapet në mënyrë shpërthyese dhe i hedh farat në drejtim horizontal me shpejtësi të madhe. Ky është një mekanizëm natyror për përhapjen e farave (i quajtur disperzim balistik).
- Disa zogj (p.sh. shqiponjat) i hedhin guacat ose eshtrat nga lartësia teksa fluturojnë në drejtim horizontal, për t'i thyer ato mbi shkëmbinj. Guaca hidhet horizontalisht dhe bie – një shembull klasik i hedhjes horizontale.
- Lëvizja e plumbave që hidhen nga çdo lloj arme zjarri përfaqëson një shembull tipik të hedhjes horizontale. Ligjet që e përshkruajnë hedhjen horizontale mundësojnë përcaktimin e saktë të trajektores së plumbit. Në këtë mënyrë mund të shmangen pasojat e padëshiruara.

Njohja e hedhjes horizontale dhe e hedhjes së pjerrët, si dhe lëvizjeve të tjera karakteristike mekanike në fushën e forcës së rëndesës së Tokës, është thelbësore për drejtimin e sigurt të automjetit dhe shmangien e situatave të rrezikshme në komunikacion.

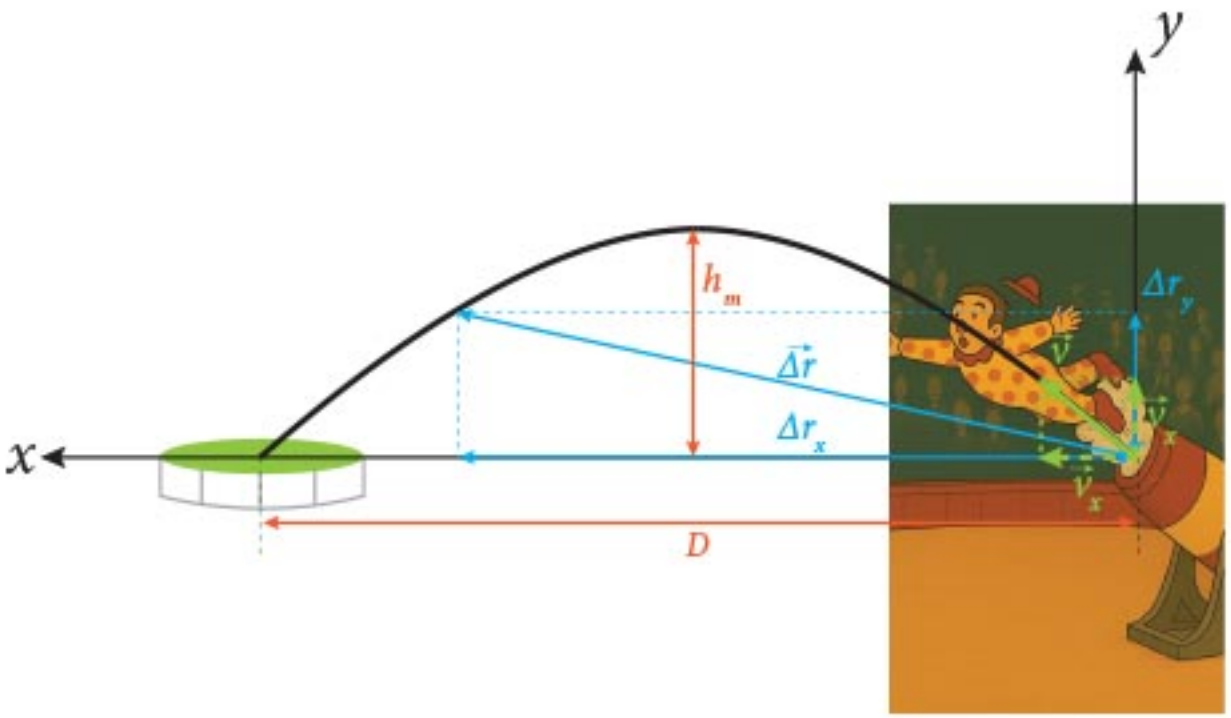
Kështu, për shembull, gjatë një ndeshje automobilistike, udhëtarët nuk lëvizin drejt përpara, por zakonisht përshkruajnë një trajektore parabolike. Për këtë arsye, jastëkët e ajrit vendosen në vende strategjike për t'i mbrojtur shoferët.

Në rast të një goditje të automjetit me automjete të tjera ose me ndonjë kafshë, automjeti mund të dalë nga rruga dhe të ndryshojë trajektoren. Kuptimi i trajektoreve ndihmon në planifikimin e manovrave për shmangien e pengesave.

Nëse do të dish më tepër:

- Në numrin akrobatik me topthin e cirkut (figura 9), klouni hidhet nga topi nën një kënd të caktuar në lidhje me sipërfaqen e Tokës dhe kryen një lëvizje parabolike, duke lëvizur për poshtë derisa sa të bjerë mbi dyshekun.
- Lëvizja vijëpërkulët në fushën gravitacionale të Tokës, kur trupi hidhet nën një kënd të caktuar në lidhje me sipërfaqen e Tokës, quhet hedhje e pjerrët.

  Në figurën 9 paraqitet topi i cirkut nga i cili hidhet klouni nën një kënd α. Do të tregojmë se si mund të llogaritet zhvendosja horizontale që e arrin klouni gjatë një shpejtësie fillestare v_0 dhe një këndi të hedhjes α, si dhe këndi nën të cilin duhet të hidhet klouni që zhvendosja horizontale të jetë maksimale.



▲ **Figura 9.** Klouni i cili hidhet nga topi i cirkut nën një kënd të caktuar kryen lëvizje e cila quhet hedhje e pjerrët.

Shënohen kushtet fillestare, domethënë vlerat e njohura të madhësive fizike të dhëna

v_0, α, g

$D = ?$ $\quad \alpha_{max} = ?$

$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{g}\,t$

Shënohen barazimet vektoriale për shpejtësinë dhe zhvendosjen

$\Delta\vec{r} = \vec{v_o}\,t + \dfrac{\vec{g}\,t^2}{2}$

$x:\ v_x = v_{ox} + g_x\,t$

$y:\ v_y = v_{oy} + g_y\,t$

Hedhja e pjerrët është lëvizje vijëpërkulët. Drejtimi i klounit te lëvizja e këtillë ndryshon edhe sipas boshtit x por edhe sipas boshtit y. Për këtë bëhet projeksioni i madhësive vektoriale në lidhje me të dy boshtet.

$x:\ \Delta r_x = v_{0x}\,t + \dfrac{g_x\,t^2}{2}$

$y:\ \Delta r_y = v_{0y}\,t + \dfrac{g_y\,t^2}{2}$

$x:\ v_x = v_o \cos\alpha$

$y: v_y = v_o \cos\alpha - gt$

Nxitimi gravitacional është i orientuar vertikalisht poshtë, që domethënë se ka projeksion vetëm në lidhje me boshtin y

$g_x = 0, g_y = -g$

$x: \Delta r_x = v_0 \cos\alpha\, t$

$y: \Delta r_y = v_0 \sin\alpha\, t - \dfrac{g\,t^2}{2}$

Në çastin kur klouni do të bie në dyshek (jastëk ajri) zhvendosja sipas boshtit x do të jetë e barabartë me zhvendosjen horizontale D, ndërsa zhvendosja Δr_y është e barabartë me zero.

$$\Delta r_x = D,\ \Delta r_y = 0$$

$$D = v_0 \cos\alpha\, t$$

$$0 = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{g t^2}{2}$$

Nga barazimi për zhvendosjen sipas boshtit y, shprehet koha t dhe si e tillë zëvendësohet në barazimin për D.

Për analizë më të thjeshtë të barazimit për zhvendosjen horizontale D, përdoret transformimi trigonometrik

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha$$

$$\frac{g t^2}{2} = v_0 \sin\alpha\, t\,;\ \frac{g t}{2} = v_0 \sin\alpha$$

$$t = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$$

$$D = \frac{2v_0^2 \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{g}$$

$$D = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Zhvendosja horizontale do të jetë më e madhe kur funksioni i sinusit do të ketë vlerë maksimale, dhe ajo është 1

$$\sin 2\alpha = 1$$

Që të fitohet këndi për të cilin zhvendosja horizontale e hedhjes së pjerrët është maksimale përdoret funksioni invers arcsin.

$$2\alpha = \arcsin 1$$

$$2\alpha = 90^0$$

$$\alpha_{max} = \frac{90^0}{2} = 45^0$$



▲ Figura 10. Peshqit fluturues të cilët kryejnë hedhje të pjerrët

Hedhja e pjerrët është një lëvizje që ndodh shumë shpesh rreth nesh. Ja disa shembuj interesantë nga natyra:

- Peshqit fluturues (familja Exocoetidae) janë një grup peshqish detarë të njohur për aftësinë e tyre unike për të dalë nga uji dhe për të "fluturuar" në distanca të shkurtra nëpër ajër. Lëvizja e tyre është një shembull tipik i hedhjes së pjerrët. Ata e përdorin këtë aftësi për t'u shpëtuar grabitqarëve si tonët, delfinët dhe peshqit e tjerë të mëdhenj.

Bretkosat që kërcejnë nga uji realizojnë një hedhje tipike të pjerrët. Bretkosa, ashtu si të gjitha trupat e tjerë që kryejnë një hedhje të pjerrët, lëviz lart derisa përbërësja vertikale e shpejtësisë të marrë vlerën zero. Nga ai çast e më tej, lëvizja e bretkosave mund të shqyrtohet si një hedhje horizontale.

Aktivitet (Eksperiment): Llogaritja e këndit të hedhjes gjatë të cilit zhvendosja horizontale është maksimale

Përpiqu të realizosh eksperimentin në vazhdim

Qëllimi i eksperimentit:
Të llogaritet këndi i hedhjes gjatë të cilit zhvendosja horizontale është më e madhe, duke kryer së paku 10 matje

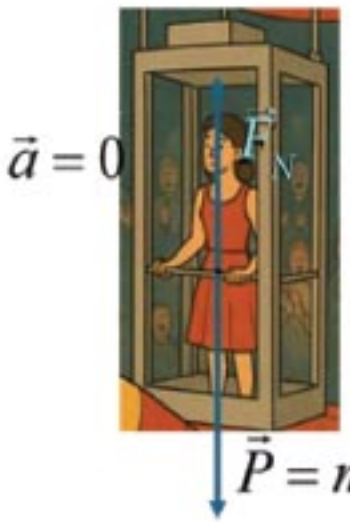
Pajisjet e nevojshme:
Katapult (mund të përdorësh katapult të vogël me shirit elastik apo sustë ose mund të përdorësh edhe Mini Projectile Launcher), shirit matës, topth prej plastike, këndmatës

Procedura:
- Katapulti vendoset në sipërfaqe të rrafshët.
- Zgjidh këndin e hedhjes
- Vendose topthin dhe tërhiqe levën e lëshimit
- Mate zhvendosjen horizontale maksimale të hedhjes së topit dhe shënoje atë
- Rezultatet vendosi në tabelë
- Bëj grafik të varësisë së zhvendosjes horizontale nga këndi i hedhjes
- Analizo rezultatet

Gjendja papeshë

Le të rikujtojmë konceptin e peshës së trupit. Pesha paraqet forcën me të cilën trupi ushtron shtypje mbi mbështetësen ose mbi pikën e varjes (nëse është i varur), dhe pesha është e barabartë për nga moduli me forcën normale të reaksionit të mbështetëses. Darisi dhe Sara, duke vëzhguar pikën me ashensorin, vërejnë ndryshime të papritura në shpejtësinë e ashensorit. E gjithë kjo bën që akrobati të jetë i ekspozuar ndaj ngarkesave të mëdha fizike. Të shohim pse është kështu.

Do të shqyrtojmë disa raste të ndryshme të lëvizjes së ashensorit.



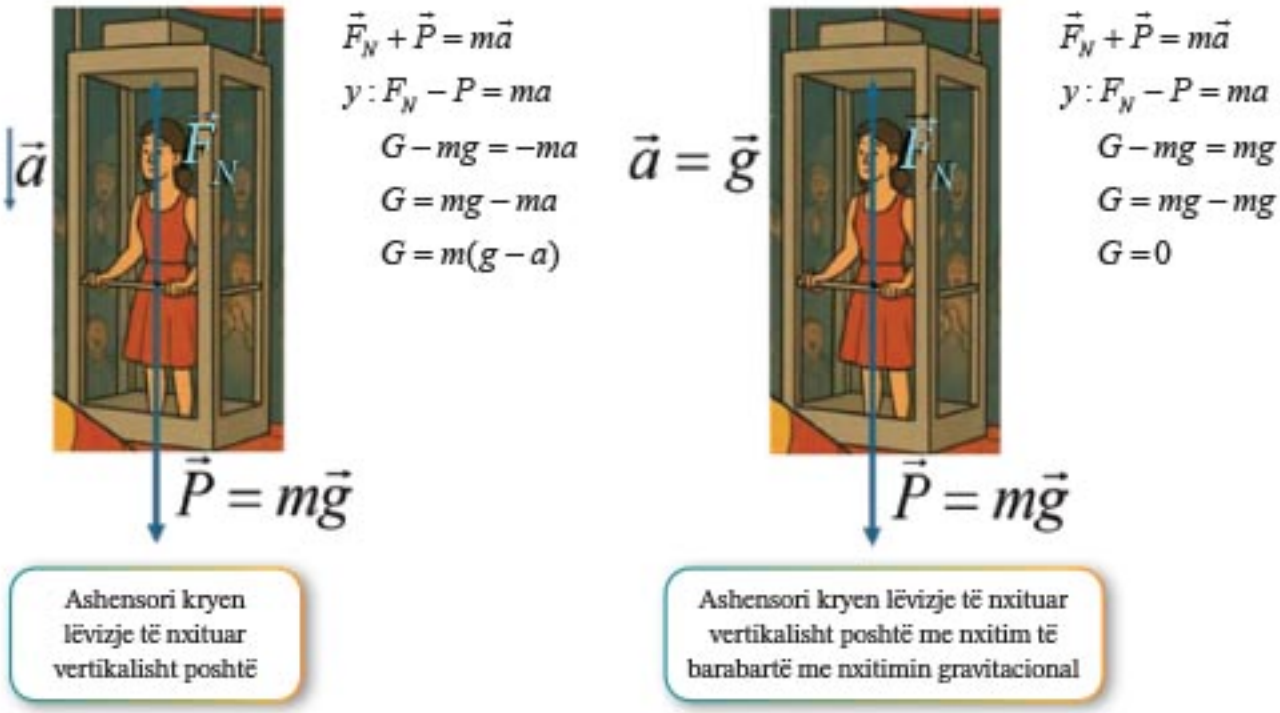
$$\vec{F}_N+\vec{P}=m\vec{a}$$
$$y: F_N-P=ma$$
$$G-mg=0$$
$$G=mg$$

Ashensori është në gjendje të qetësisë $v=0$ ose kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme $v=const$



$$\vec{F}_N+\vec{P}=m\vec{a}$$
$$y: F_N-P=ma$$
$$G-mg=ma$$
$$G=ma+mg$$
$$G=m(a+g)$$

Ashensori kryen lëvizje njëtrajtsisht të nxituar për vertikalisht lartë



▲ **Figura 11.** Lëvizja e ashensorit në kushte të ndryshme

Në secilën figurë janë shënuar forcat që veprojnë mbi akrobaten në kushte të ndryshme të lëvizjes.

Kur ashensori është në gjendje të qetësisë, si dhe kur lëviz me shpejtësi konstante, pesha e akrobates është e barabartë me forcën e rëndesës së Tokës (figura 11). Nëse krahasohen shprehjet përfundimtare për peshën e akrobates, vërehet se pesha e saj është më e madhe kur ashensori lëviz me nxitim vertikalisht lart, dhe më e vogël kur ashensori lëviz me nxitim vertikalisht poshtë. Në çastin kur litari lëshohet qëllimisht të lëvizë lirshëm për poshtë, ashensori fillon të bjerë lirshëm, dhe pesha e akrobates bëhet zero, pra akrobatja fare nuk ushtron shtypje mbi dyshemenë e ashensorit.

Trupi i cili bie lirshëm ndodhet në gjendje të papeshë.



▲ **Figura 12.** Astronauti në gjendje të papeshë

Do të përmendim disa shembuj interesantë që lidhen me gjendjen e e papeshë të trupave:

Astronautët që ndodhen në stacionin hapësinor lëvizin me të njëjtën shpejtësi si stacioni, i cili është në rënie të vazhdueshme rreth Tokës.

Në kushte të këtilla ata nuk ushtrojnë shtypje mbi asgjë, domethënë nuk kanë peshë.

Ekzistojnë aeroplanë të veçantë (të njohur si "aeroplanë hapësinorë" ose "fluturime Zero-G") (figura 13), të cilët, duke u lëvizur sipas trajektoreve parabolike, në çaste të caktuara kanë nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional. Në këto kushte, pasagjerët në aeroplan gjenden në rënie të lirë, që do të thotë se janë në gjendje të papeshë. Kjo gjendje zakonisht zgjat disa sekonda.



▲ Figura 13. Boing 727 – G-FORCE On

Nëse udhëton me një tren rrotullues dhe arrin në majë (figura 14), para se të fillojë rënia, ekziston një çast i shkurtër kur trupi yt nuk ndien peshë (nuk ushtron shtypje mbi asgjë). Ky është një çast i gjendjes së përkohshme të papeshë.



▲ Figura 14. Treni rotullues

Lëvizja reaktive

Në një nga numrat e cirkut të paraqitur në figurën 2, do të vëreni një tullumbace të lëshuar nga klouni i vogël, e cila lëviz në ajër. Lëvizjen e tullumbaces do ta shpjegojmë me ligjin e ruajtjes së impulsit (figura 15).



a) Tullumbacja para se të hapet



b) Tullumbacja pasi është lëshuar të shfryhet

▲ Figura 15.

Para se të jetë e hapur tullumbacja, shpejtësia e saj, si dhe shpejtësia e ajrit, në brendi të tullumbaces është e barabartë me zero. Kjo domethënë se impulsi i tullumbaces dhe ajrit janë të barabartë me zero, domethënë $p_1 = 0$

Kur klouni do ta lëshojë tullumbacen ta shfryjë ajrin, shpejtësia e saj, si edhe shpejtësia e ajrit i cili del nga tullumbacja do të ndryshojnë, domethënë do të ndryshojnë impulset e tyre $p_1' = m_1 v_1$ dhe $p_2' = m_2 v_2$

Nga ligji për ruajtjen e impulsit rrjedh:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$0 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

$$m_1\vec{v}_1' = -m_2\vec{v}_2'$$

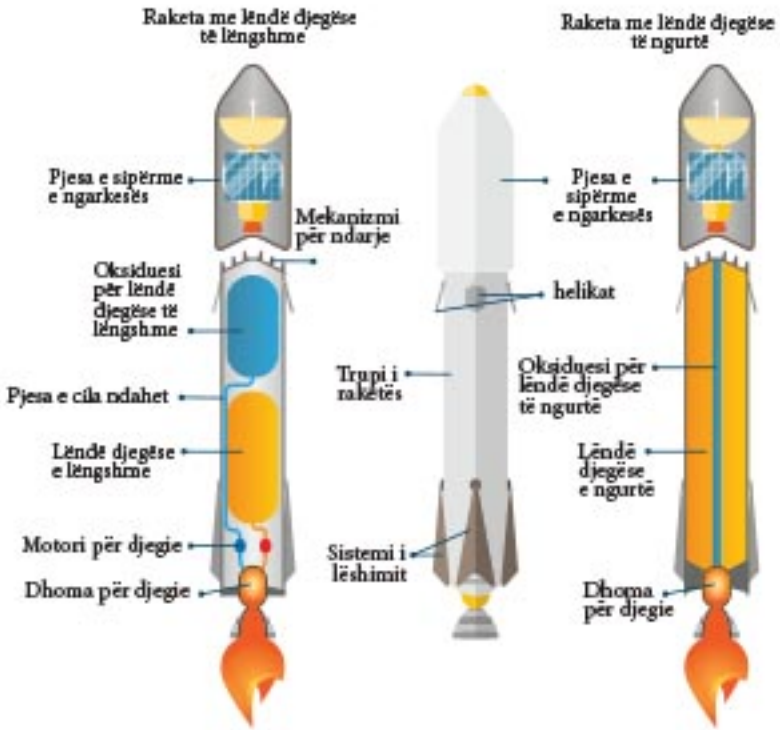
m_1 - masa e tullumbaces, së bashku me ajrin në brendi të saj lëvizin me shpejtësi $\vec{v}_1$

m_2 - masa e ajrit i cili del nga tullumbacja dhe lëviz me shpejtësi $\vec{v}_1$

Minusi në barazim na tregon se tullumbacja lëviz në kah të kundërt nga kahu i lëvizjes së ajrit që del prej saj. Ky lloj i lëvizjes quhet lëvizje reaktive.

Në bazë të parimit të lëvizjes reaktive lëvizin edhe raketat. Si shembull do ta shpjegojmë parimin e lëvizjes së një rakete të destinuar për fluturime hapësinore.

Le të njihemi më parë me përbërjen e një rakete hapësinore (figura 15).



▲ Figura 16. Paraqitja skematike e raketës hapësinore në të cilën janë treguar pjesët përbërëse nga të cilat është e ndërtuar ajo

Çdo raketë përbëhet nga:

1. **Motori raketor** – burimi kryesor i forcës që e shtyn raketën përpara. Punon sipas parimit të lëvizjes reaktive.
2. **Rezervuari i karburantit** – përmban lëndë djegëse të lëngshme ose të ngurtë, të nevojshme për funksionimin e motorit.
3. **Trupi i raketës** – një konstruksion i lehtë, por i qëndrueshëm, që i mban të gjitha pjesët ndërtuese të raketës.
4. **Pjesa e sipërme e ngarkesës** – pjesa ku janë vendosur astronautët dhe ngarkesa tjetër e dobishme (sondë, satelit).
5. **Sistemi i drejtimit dhe navigimit** – sistem që shërben për ruajtjen e stabilitetit dhe drejtimin e raketës gjatë fluturimit.
6. **Pjesa për ndarje** – raketa zakonisht ka dy ose më shumë shkallë, ku secila shkallë ka motorin dhe karburantin e vet. Kur harxhohet karburanti i një shkalle, ajo ndahet për të zvogëluar masën dhe për të mundësuar nxitimin e mëtejshëm. Zakonisht përbëhet nga dy ose tri shkallë ndarjeje. Çdo shkallë ka motorin dhe karburantin e saj.

Për ta shpjeguar sa më thjesht parimin e lëvizjes së raketës, si dhe për të nxjerrë shprehjen për të ashtuquajturën forcë reaktive që e lëviz raketën $\vec{F}_r$, si sistem referimi do ta marrim Tokën (figura 17).

Nisim nga barazimi që shpreh Ligjin e Dytë të Njutnit

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

$\Delta\vec{p}$ – ndryshimi i impulsit të raketës

$\vec{F}$ – forca e përgjithshme e të gjitha forcave të jashtme që ndikojnë në lëvizjen e raketës

Ndryshimin e impulsit $\Delta\vec{p}$ e shprehim përmes impulsit të përgjithshëm të raketës para dhe pas hedhjes së gazeve

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

$\Delta\vec{p}_1$ – impulsi i raketës para hedhjes së gazeve

$\Delta\vec{p}_2$ – impulsi i raketës pas hedhjes së gazeve

Impulset $\vec{p}_1$ dhe $\vec{p}_2$ shprehen përmes masës së raketës, masës së gazeve të hedhur dhe shpejtësive të tyre përkatëse

$$\Delta\vec{p} = m(\vec{v} + \Delta\vec{v}) + \Delta m(\vec{v} + \Delta\vec{u}) - (m + \Delta m)\vec{v}$$

$$\Delta\vec{p} = m\vec{v} + m\Delta\vec{v} + \Delta m\vec{v} + \Delta m\Delta\vec{u} - m\vec{v} - \Delta m\vec{v}$$

$$\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v} + \Delta m\Delta\vec{u}$$

m – masa e raketës
Δm – masa e gazeve të hedhur
$\vec{v}$ – shpejtësia e raketës
$\Delta\vec{v}$ – ndryshimi i shpejtësisë së raketës në lidhje me Tokën
$\Delta\vec{u}$ – ndryshimi i shpejtësisë së gazeve në lidhje me raketën

Zëvendësohet shprehja për $\Delta\vec{p}$ në barazimin për $\vec{F}$

$$\vec{F} = \frac{m\Delta\vec{v} + \Delta m\Delta\vec{u}}{\Delta t}$$

Ana e majtë dhe e djathtë e barazimit i ndërrojnë vendet, dhe pastaj anëtari që e përmban masën e gazeve të hedhur Δm, del në anën e djathtë të barazimit

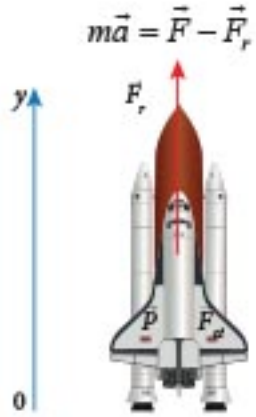
$$\vec{F} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} + \frac{\Delta m\Delta\vec{u}}{\Delta t}$$

$$\frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} + \frac{\Delta m\Delta\vec{u}}{\Delta t} = \vec{F}$$

$$\frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{F} - \frac{\Delta m\Delta\vec{u}}{\Delta t}$$

$$\frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{F} - \vec{F}_r$$

$\vec{F}_r$ – forca reaktive e gazeve të hedhur
$\vec{a}$ – nxitimi i raketës



▲ Figura 17. Diagrami i forcave te raketa në fluturim

Në barazimin e fundit, forca $\vec{F}$ është forca e përgjithshme e të gjitha forcave të jashtme që ndikojnë në lëvizjen e raketës. Realisht ato janë forca e rëndesës së Tokës $\vec{P}$ dhe forca e rezistencës së ajrit $\vec{F}_{re}$.

Me vendosjen e këtyre forcave në barazim fitohet

Raketa lëviz vertikalisht lart, prandaj më e përshtatshme është që si bosht projeksioni ta zgjedhim boshtin y. Zëvendësohen shprehjet për $\vec{F}_{re}$ dhe P

$$m\vec{a} = \vec{F}_{re} + \vec{P} - \vec{F}_r$$

$$y: ma = -F_{at} - P - (-F_r)$$

$$y: ma = -k\rho v^2 - mg + F_r$$

k – koeficienti i rezistencës
ρ – dendësia e ajrit
v – shpejtësia e çastit e raketës



▲ Figura 18. Avioni me motor reaktiv



▲ Figura 19. Skuteri ujor

Forca e rëndesës së Tokës e tërheq vazhdimisht raketën për poshtë dhe e zvogëlon nxitimin e saj. Të njëjtën gjë e bën edhe forca e rezistencës së ajrit, e cila rritet në proporcion të drejtë me katrorin e shpejtësisë. Forca e rezistencës shfaqet më së shumti në shtresat e poshtme të atmosferës, ku dendësia e ajrit është më e madhe. Nëse këto forca nuk merren parasysh, llogaritjet për shpejtësinë, lartësinë dhe karburantin e nevojshëm do të jenë të pasakta dhe joreale.

Ekzistojnë shumë shembuj që shpjegohen përmes teorisë së lëvizjes reaktive.

Avionët me motorë reaktivë (figura 18) përdorin lëndë djegëse, e cila gjatë djegies krijon gazra me temperaturë dhe me shtypje të lartë. Këta gazra nxirren me shpejtësi të madhe prapa avionit, gjë që krijon shtytje përpara dhe e lëviz avionin.

Skuteri ujor (figura 19) përdor një pompë që thith ujin nga pjesa e përparme dhe e nxjerr me shpejtësi të madhe nga pjesa e pasme. Forca me të cilën uji nxirret prapa krijon forcë reaktive që e shtyn skuterin përpara.

Oktopodi (figura 20) është një kafshë që lëviz sipas parimit të lëvizjes reaktive. Ai thith ujë me ndihmën e gjymtyrëve të tij (këmbëve), e më pas e nxjerr pas, gjë që i mundëson të krijojë lëvizje reaktive dhe të lëvizë përpara.



▲ Figura 20. Oktapodi

Nëse do të dish më tepër:

- Konstantin Ciolkovski ka qenë një fizikan rus dhe pionier i teknikës së raketave. Ai ka qenë i pari, i cili në mënyrë teorike, e përshkroi mundësinë e fluturimit në hapësirë duke përdorur raketa. Në vitin 1903 e publikoi barazimin e njohur të Ciolkovskit, i cili i përshkruan lidhjet ndërmjet shpejtësisë, masës dhe forcës reaktive te raketat. Edhe pse nuk ndërtoi kurrë një raketë të vërtetë, mbi idetë e tij u vendosën themelet e teknologjisë moderne hapësinore.
- Pjesa më e madhe e masës së raketës, më saktësisht 90% e masës së përgjithshme, shkon për masën e karburantit. Raketat mund të arrijnë një shpejtësi deri në $28000\frac{\text{km}}{\text{h}}$.
- Raketat e sotme janë pjesërisht të ripërdorshme. Për shembull, raketa SpaceX, Falcon 9 kthehet dhe ulet me të ashtuquajturat këmbë ulëse, gjë që e ul ndjeshëm koston e misioneve.

Shpejtësia e parë kozmike

Nga përvoja personale, të gjithë e dimë sa e vështirë është të përballohet forca gravitacionale e Tokës. Edhe kërcyesit më të mirë në lartësi mezi arrijnë të hidhen lartë pak më shumë se 2 metra.

Darisi dhe Sara, duke vëzhguar numrat akrobatikë nga shfaqja e cirkut, arrijnë në përfundimin se që një trup të shkëputet nga sipërfaqja e Tokës, atij i duhet t'i jepet një shpejtësi fillestare vertikalisht lart. Sa më e madhe të jetë kjo shpejtësi, aq më e madhe do të jetë shkëputja.

Darisi shkon edhe më tej me arsyetimin dhe pyet veten se ç'do të ndodhte nëse shigjetari, i cili e hedh shigjetën e tij horizontalisht në Tokë, të njëjtën gjë ta bënte si astronaut, nga jashtë atmosferës së Tokës. Për t'iu përgjigjur kësaj pyetjeje, le të shqyrtojmë figurën e dhënë (figura 21).



▲ Figura 21. Trajektoret e një shigjete të hedhur në hapësirën gravitacionale rreth Tokës me shpejtësi fillestare të ndryshme

Në të janë paraqitur tri trajektore të mundshme të shigjetës për tri shpejtësi fillestare të ndryshme. Rruga e gjelbër dhe ajo e kaltër realizohen për shpejtësi fillestare më të vogla. Në të dy rastet, shigjeta bie në Tokë. Me një shpejtësi fillestare të mjaftueshme, shigjeta nuk do të bjerë në Tokë, por do të vazhdojë të rrotullohet rreth saj (rruga e kuqe). Në këtë rast themi se shigjeta bëhet satelit i Tokës.

Shembull i zgjidhur 4:

Le të llogarisim shpejtësinë minimale me të cilën duhet të hidhet shigjeta, e ngritur në lartësinë $h = 400$ km, që të bëhet satelit i Tokës. Për rrezen dhe masën e Tokës të merren $R = 6400$ km dhe $M_t = 5{,}97 \cdot 10^{27}$ kg. Rezistenca e atmosferës në këto kushte mund të shpërfillet.

Zgjidhje:

$h = 400\,\text{km} = 40 \cdot 10^5\,\text{m}$

$M_t = 5{,}97 \cdot 10^{27}\ \text{kg}$

$R = 6400\,\text{km} = 64 \cdot 10^5\,\text{m}$

$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

$v = ?$

Le të supozojmë se shigjeta lëviz sipas një orbite rrethore, për shkak të forcës tërheqëse gravitacionale.

Forca gravitacionale F_g në fakt e luan rolin e forcës centripetale F_{qp}

$$F_g = F_{qp}$$

$$\gamma \frac{M_t m}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$v^2 = \gamma \frac{M_t}{r}$$

Thjeshtohet masa e shigjetës m dhe distanca ndërmjet shigjetës dhe Tokës r, nga ana e majtë dhe e djathtë e barazimit. Për largësinë r zëvendësohet

$r = R + h$

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{r}} \qquad v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{R+h}}$$

Zëvendësohen vlerat për madhësitë e dhëna

$$v = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}}{64 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^5}}$$

$$v = 7{,}7 \cdot 10^3\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7{,}7\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Me këtë shembull llogaritëm shpejtësinë minimale të hedhjes së shigjetës, e hedhur nga lartësia $h = 400$ km. Çka sikur shigjetën ta hidhnim

nga lartësi shumë më të vogla se rrezja e Tokës? Atëherë distanca ndërmjet tyre mund të përafrohet me rrezen e Tokës.

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{R+g}} \quad v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{R}}$$

Duke zëvendësuar vlerat e γ, M_t, R nga shembulli i mëparshëm fitohet

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{R}} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}}{64 \cdot 10^5}}$$

$$v = 7890 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7{,}890 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 7{,}9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Në këtë mënyrë fituam barazimin për shpejtësinë minimale me të cilën duhet të hidhet shigjeta që të mund të orbitojë rreth Tokës. Nga barazimi vërehet se shpejtësia varet vetëm nga masa e Tokës, e jo edhe nga masa e trupit që orbiton. Kjo do të thotë se këtë shprehje për shpejtësinë minimale mund ta zbatojmë për çdo trup që duam ta hedhim në fushën gravitacionale të Tokës që ai të orbitojë. Kështu fitojmë vlerën e Shpejtësisë së Parë Kozmike, të cilën duhet ta ketë një trup që të mund të orbitojë rreth Tokës.

Shpejtësia e parë kozmike është shpejtësia horizontale minimale që duhet t'i jepet një trupi që ai të fillojë të orbitojë rreth Tokës.

Objektet e krijuara nga njeriu, të cilat lansohen me qëllim që të orbitojnë rreth Tokës, quhen **satelitë artificialë**.

Nëse do të dish më tepër:

Sateliti i parë artificial i dërguar në hapësirë është "Sputnik 1", i lansuar nga Bashkimi Sovjetik në vitin 1957, me çka filloi era hapësinore në Tokë.

Më shumë se 10.000 satelitë aktivë dhe joaktivë orbitojnë rreth Tokës. Ata përdoren për navigim, komunikim, vrojtime meteorologjike, hulumtime shkencore dhe për qëllime ushtarake.

Meqë në varësi të qëllimit, satelitët orbitojnë në lartësi të ndryshme, prandaj mund t'i ndajmë në:

- Satelitë me orbitë të ulët (LEO) (deri në 2.000 km) – përdoren për vrojtimin e Tokës dhe Stacionin Hapësinor Ndërkombëtar
- Satelitë me orbitë të mesme (MEO) (rreth 20.000 km) – përdoren për satelitët GPS
- Satelitë gjeostacionarë (GEO) (35786 km) – lëvizin me të njëjtën shpejtësi këndore si Toka, prandaj duket sikur qëndrojnë në vend

Satelitët nuk kanë motor për lëvizje të vazhdueshme. Pasi të hyjnë në orbitë me shpejtësinë e nevojshme, ata lëvizin vetëm nën ndikimin e gravitacionit.

Toka gjithnjë e më shumë është e kërcënuar nga goditjet hapësinore. Satelitë të vjetër, si dhe pjesë të shpërbëra të satelitëve, vazhdojnë të rrotullohen rreth Tokës dhe përbëjnë rrezik për objektet aktive.

Shpejtësia e dytë kozmike paraqet shpejtësinë minimale që duhet t'i jepet një trupi ashtu që ai të bëhet satelit artificial i Diellit. Në fakt, shpejtësia e trupit, e me këtë edhe energjia e tij kinetike, duhet të mundësojnë përballimin e forcës gravitacionale ndërmjet Tokës dhe trupit. Vlera e saj është: $v = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Më poshtë do të tregojmë shkurtimisht si të nxjerrim formulën për këtë shpejtësi.

Në çastin e hedhjes së trupit ai ka edhe energji kinetike edhe energji potenciale. Kur trupi do të largohet mjaftueshëm larg, aq sa të mos ndihet më veprimi gravitacional i Tokës, ndërsa gjatë kësaj edhe shpejtësia e trupit bëhet zero, shuma e energjisë kinetike dhe potenciale do të jetë zero. Nga ligji për ruajtje të energjisë rrjedh se shuma e energjisë kinetike dhe potenciale të bashkëveprimit gravitacional gjatë të dy çasteve mbetet i njëjtë.

Energjia potenciale është me shenjë minus për shkak se te trupat vepron forcë tërheqëse e gravitacionit

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

$$\frac{mv^2}{2} - \gamma \frac{M_t m}{r} = 0$$

$$\frac{v^2}{2} = \gamma \frac{M_t}{r}$$

$$v^2 = \gamma \frac{2M_t}{r}$$

$$v = \sqrt{\gamma \frac{2M_t}{r}} \quad r \approx R_t$$

$$v = \sqrt{\gamma \frac{2M_t}{r}} = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

M_t – masa e Tokës

m – masa e trupit

r – distanca ndërmjet qendrave të Tokës dhe trupit në çastin e hedhjes

R_t – rrezja e Tokës

Shpejtësia e tretë kozmike është shpejtësia minimale që duhet të arrijë trupi në mënyrë që të shkëputet plotësisht nga Sistemi Diellor dhe të hyjë

në hapësirën ndëryjore. Për ta arritur këtë, trupi duhet të përballojë jo vetëm gravitacionin e Tokës, por edhe gravitacionin e Diellit. Vlera kësaj shpejtësie, e matur në lidhje me Diellin, është rreth $v = 41,3\frac{\text{km}}{\text{s}}$. Sonda hapësinore „Voyager 1", e lëshuar nga NASA më 5 shtator 1977, është e para që është shkëputur nga Sistemi Diellor.

Pyetje dhe detyra:

1. Sqaro çka është e ngjashme, dhe çka është ndryshe ndërmjet rënies së lirë dhe hedhjes vertikale?
2. Një trup lëshohet të bjerë lirshëm nga lartësia $h = 20$ m. Pas sa kohe trupi do të bjerë në Tokë dhe sa do të jetë shpejtësia e tij në çastin e rënies?
3. Një topth është hedhur vertikalisht lart me shpejtësi fillestare $v_0 = 19,62\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sa është lartësia maksimale që do ta arrijë topthi dhe për sa kohë?
4. Një trup është hedhur vertikalisht lart me shpejtësi fillestare $v_0 = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Në çastin e njëjtë, kur trupi është hedhur, një trup tjetër është lëshuar me rënie të lirë nga lartësia $h = 80$ m.
   a) Pas sa kohe trupat do të takohen?
   b) Sa rrugë do të kalojnë trupat deri në çastin e takimit të tyre?
   c) Sa është lartësia maksimale që do të arrijë trupi i parë?
5. Nga një platformë e vendosur në lartësi $h = 10\,\text{m}$, në lidhje me sipërfaqen ujore, është hedhur guri sipas drejtimit horizontal me $v_0 = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
   a) Pas sa kohe guri bie në ujë?
   b) Me çfarë shpejtësie guri bie në ujë?
6. A është e mundur që gjatë rënies së trupit nga një lartësi e madhe, forca e rezistencës së ajrit të jetë më e madhe se forca e rëndesës së Tokës. Sqaro.
7. Nga llogaritjet e shpejtësive (shembulli 1 dhe shembulli 2) mund të vëresh se shpejtësia fillestare me të cilën zhongleri e hedh topthin vertikalisht lart është e barabartë me shpejtësinë me të cilën topthi kthehet në duart e zhonglerit. Sqaro pse?
8. Në tavanin e një ashensori është varur një sustë elastike. Në fund të sustës ndodhet një topth metalik me masë $m = 200$ g. Ashensori lëviz vertikalisht lart me nxitim $a = 3\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Llogarit peshën e topthit metalik me të cilën ai vepron mbi varësen.
9. Një raketë me masë fillestare ka karburant me masë $m_0 = 4500$ kg Për kohën prej $t = 15$ s, digjet karburanti me masë prej $\Delta m = 1500$ kg, i cili hidhet me shpejtësi prej $\Delta u = 1600\frac{\text{m}}{\text{s}}$ në lidhje me raketën.
   a) Llogarit forcën reaktive mesatare që e krijon raketa për kohën e djegies

b) Meqë në fillim raketa është në gjendje të qetësisë, llogarit shpejtësinë e saj pasi të ketë kaluar koha prej $t = 15$ s.

10. I dyti planet me rradhë në Sistemin Diellor është planeti Mars me masë $M = 6,42 \cdot 10^{23}$ kg dhe rreze mesatare $R = 3390$ km.

a) Llogarit shpejtësinë e parë kozmike për trupin i cili rrotullohet rreth planetit Mars menjëherë mbi sipërfaqen e tij.

b) Meqë në fushën gravitacionale të Marsit rrotullohet satelit gjeostacionar, llogarit shpejtësinë e tij lineare. Perioda e rrotullimit rreth boshtit të tij, për planetin Mars është $T = 24$h e 40 min

Rezyme:

- Kahu, drejtimi dhe intensiteti i forcës gravitacionale, shpejtësia fillestare e hedhjes së trupit si edhe forcat plotësuese të cilat veprojnë në, të në fushën e forcës së rëndesës së Tokës, e formojnë trajektoren e tij të lëvizjes.
- Trupat e lëshuar të bien lirshëm, në fushën gravitacionale të Tokës, kryejnë lëvizje njëtrajtësisht të nxituar, me nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional tokësor. Këtë lëvizje e quajmë rënie e lirë.

$$h = \frac{g\,t^2}{2}\,;\; v = gt$$

- Trupat e hedhur vertikalisht lart me shpejtësi fillestare, në fushën gravitacionale të Tokës, kryejnë lëvizje njëtrajtësisht të ngadalësuar, me nxitim të barabartë me nxitimin gravitacional tokësor. Këtë lëvizje e quajmë hedhje vertikale.

$$h = v_0 t - \frac{g\,t^2}{2}\,;\; v = v_0 - gt$$

- Një trup i ngritur në një lartësi të caktuar dhe i hedhur me shpejtësi fillestare në drejtim horizontal, në fushën gravitacionale të Tokës, kryen lëvizje vijëpërkulët. Këtë lëvizje e quajmë hedhje horizontale.

$$D = v_0 t \qquad h = \frac{g\,t^2}{2}$$

- Lëvizja reaktive paraqitet si pasojë e ligjit të ruajtjes së impulsit
- Lëvizja e raketës përshkruhet me barazimin

$$m\vec{a} = \vec{F} - \vec{F}_r$$

$\vec{a}$ – nxitimi i trupit

$\vec{F}$ – forca e përgjithshme e të gjitha forcave të jashtme

$\vec{F}_r$ – forca reaktive e gazrave të hedhur

- Trupi i cili bën rënie të lirë gjendet në gjendje pa peshë.

  $G = 0$

- Shpejtësia e parë kozmike është shpejtësia horizontale minimale që duhet t'i jepet një trupi në mënyrë që të fillojë të orbitojë rreth Tokës.

  $$v = \sqrt{\gamma \frac{M_t}{R}} \approx 7{,}9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

- Objektet e krijuara nga njeriu, të cilat lëshohen me qëllim që të orbitojnë rreth Tokës, quhen satelitë artificialë.

2.11 Veprimi rrotullues i forcës

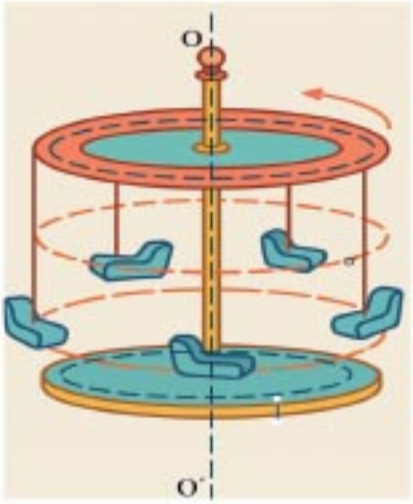
Në jetën e përditshme shpesh hasim trupa që rrotullohen, siç janë rrotat e biçikletës, dera që hapet, apo vidha që vidhoset. Ndryshe nga lëvizja drejtvizore, këto dukuri janë shembull i lëvizjes rrotulluese, lëvizje gjatë së cilës trupi rrotullohet rreth një boshti të palëvizshëm. Për ta kuptuar këtë lloj të lëvizjes, është e nevojshme të futim madhësi dhe nocione të reja fizike që përshkruajnë se si dhe pse trupat rrotullohen.

Trupi absolut i ngurtë

Nëse do të donim të përshkruanim lëvizjen e një trupi, do të ishte shumë më e lehtë nëse do ta dinim se trupi gjatë lëvizjes nuk e ndryshon formën e vet. Paramendoni një shkop druri, tek i cili, pavarësisht nëse e hidhni, e rrotulloni apo e zhvendosni, distanca ndërmjet çfarëdo dy pikave të shkopit gjithmonë mbetet e njëjtë.

Trupi tek i cili distanca ndërmjet të gjitha pikave mbetet e pandryshuar, pa dallim se si lëviz, quhet **trup absolut i ngurtë**.

Lëvizja rrotulluese e trupit absolut të ngurtë rreth një boshti të palëvizshëm



▲ Figura 1. Karuseli ku janë paraqitur trajektoret rrethore të pjesëve të tij

Lëvizja rrotulluese e trupit të ngurtë rreth boshtit të palëvizshëm është lëvizja e tillë gjatë të cilës të gjithë pikat e trupit të ngurtë përshkruajnë trajektore rrethore të cilat shtrihen në rrafshe paralele mes veti.

Boshti i palëvizshëm është drejtëza në të cilin shtrihen qendrat e të gjitha trajektoreve rrethore të secilës nga pikat e trupit të ngurtë.

Në figurën 1 është paraqitur një karusel, ku shihen qartë trajektoret rrethore të përshkruara nga disa pjesë të tij. Qendrat e trajektoreve rrethore shtrihen në boshtin e rrotullimit OO′

Momenti i forcës

Darisi dhe Sara arrijnë në idenë që të bëjnë disa matje eksperimentale me derën e dhomës së tyre të ditës. Ata vendosin disa varëse, ashtu që i shpërndajnë në mënyrë të njëtrajtshme në gjatësinë tërthore të

derës (figura 2). Në varëse kanë varur dinamometër me të cilin e hapin derën.

E masin forcën minimale me të cilën mund të hapin derën nga distanca të ndryshme, forcë kjo e cila është e orientuar normal me derën.

d (m)	F (N)	Fd (Nm)
0,2	400	80
0,4	201	80.4
0,6	132	79,2
0,8	100	80

Tabela 1. Rezultatet e matjes

F - forca me të cilën nën kënd të drejtë veprohet mbi derë

d - distanca mes boshtit të rrotullimit dhe pikës së veprimit të forcës F



▲ Figura 2. Sara dhe Marko bëjnë eksperiment për varësin e forcës që e hapë derën nga distanca ku vepron forca

Rezultatet e matjeve i shënojnë në një tabelë (tabela 1). Nga vlerat e futura për distancën d dhe forcën F, vërehet se forca është më e vogël kur veprimi bëhet në distancë më të madhe nga boshti i rrotullimit, ndërsa forca është më e madhe kur veprimi bëhet në distancë më të vogël nga boshti i rrotullimit. Në kolonën e tretë janë shënuar vlerat e prodhimit të forcës së zbatuar F dhe distancës përkatëse d, për secilën matje veçmas. Nga tabela është e qartë se ky prodhim fare pak ndryshon. Prej këtu lind nevoja për të definuar një madhësi të re fizike që e jep prodhimi i forcës F dhe distancës d. Kjo madhësi fizike quhet momenti i forcës M.

$$M = Fd$$

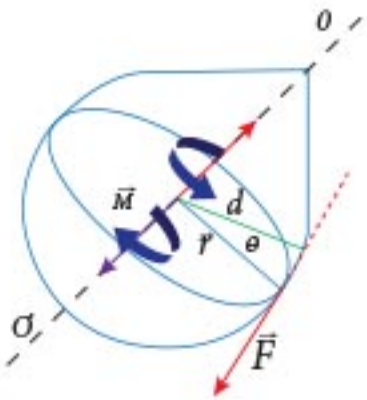
Momenti i forcës është madhësi fizike vektoriale, moduli i së cilës është i barabartë me prodhimin e forcës F dhe krahut të forcës d. Krahu i forcës definohet si distanca më e shkurtër ndërmjet boshtit të rrotullimit dhe drejtimit të veprimit të forcës.

Kujdes:

Kur flasim për lëvizjen rrotulluese, shpesh e përdorim shprehjen "moment i..." para disa madhësive fizike tashmë të njohura. Me këtë nuk nënkuptojmë të njëjtën madhësi – por futim një madhësi fizike të re të lidhur me rrotullimin.

Për shembull, momenti i forcës nuk është e njëjta gjë me forcën – është një madhësi që tregon sa një forcë shkakton rrotullim rreth boshtit.

Edhe pse tingëllojnë ngjashëm, madhësitë e llojit "moment i..." kanë kuptimin e tyre dhe vlejnë vetëm në situata kur kemi lëvizje rrotulluese.



▲ **Figura 3.** Trupi i cili rrotullohet rreth boshtit të paramenduar të rrotullimit OO'

Në trup janë shënuar dy kahet e mundshme të rrotullimit, si dhe kahu përkatës i vektorit të momentit të forcës.

Vektori i momentit të forcës $\vec{M}$ mund të ketë dy kahe. Nëse trupi rrotullohet në kah të kundërt me kahun e akrepave të orës, vektori i momentit të forcës do të ketë kah vertikalisht lart, normal me rrafshin e rrotullimit (figura 3). Nëse trupi rrotullohet në kahun sipas akrepave të orës, vektori i momentit të forcës do të ketë kahun vertikalisht poshtë, normal me rrafshin e rrotullimit.

Në eksperimentin dhe në definicionin e momentit të forcës $\vec{M}$, kemi shqyrtuar situatën kur forca F vepron nën kënd të drejtë në lidhje me segmentin d,i cili shtrihet nga boshti i rrotullimit deri te pika e veprimit të forcës. Në rastin e përgjithshëm, forca vepron në një drejtim të çfarëdoshëm. Për ta marrë parasysh këndin, gjatësinë d e shënojmë si $d = r \sin\theta$, ku r është distanca nga boshti i rrotullimit deri te pika e veprimit të forcës. Kjo do të thotë se d është distanca më e shkurtër midis boshtit të rrotullimit dhe drejtimit në të cilin vepron forca F (figura 3).

Momenti i forcës shënohet si:

$$M = Fr \sin\theta$$

Barazimi i fundit na tregon se momenti i forcës M varet nga këndi θ.

Ky kënd është këndi midis vektorit të forcës $\vec{F}$ dhe rrezevektorit $\vec{r}$. Vektori $\vec{r}$ është vektor që e lidh boshtin e rrotullimit me pikën e veprimit të forcës.

Shembull i zgjidhur 1:

Sa do të jetë momenti i forcës F me të cilin veprojmë në çelësin francez me gjatësi r (figura 4), nëse këndi mes vektorëve është:

1. $\theta = 0$

2. $\theta = 90^0$

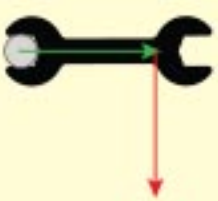
Zgjidhje:

Kushti 1:



$M = Fr \sin 0 = 0$

Kushti 2:



$M = Fr \sin 90 = Fr$

▲ **Figura 4.** Rrotullimi i çelësit rreth boshtit nën veprimin e forcës, gjatë këndeve të ndryshme të veprimit.

Që një trup të fillojë të rrotullohet nën veprimin e një force, i rëndësishëm është edhe këndi nën të cilin vepron forca që e shkakton rrotullimin. Kështu, për shembull, nëse doni të rrotulloni më lehtë një çelës mekanik, duhet të veproni me forcë nën një kënd prej 90^0. Në atë rast momenti i forcës është maksimal. Nëse veproni me forcë në të njëjtin drejtim sikur drejtimi i rrezevektorit, momenti i forcës M është i barabartë me zero. Kjo do të thotë se nuk do të ketë aspak rrotullim.

Momenti i çiftit të forcave

Që ta zhvendosin derën, Darisit dhe Sarës nuk u nevojitej një forcë e madhe (figura 2). Tani imagjinoni që Darisi dhe Sara njëkohësisht të vepronin me forcë për ta rrotulluar karuselin mekanik (figura 5). Ata përpiqen ta rrotullojnë në mënyra të ndryshme. Pas një kohe të shkurtër të dy e kuptojnë se është më e lehtë ta rrotullojnë karuselin, nëse veprojnë me forcë në drejtim të njëjtë paralel njëri ndaj tjetrit por ma kah të kundërt dhe në distancë sa më të madhe që të jetë e mundur nga njëri tjetri.



▲ Figura 5. Çifti i forcave te karuseli

Një sistem prej dy forcash paralele, me të njëjtin modul, të njëjtind drejtim por me kahe të kundërta, që veprojnë në një distancë të caktuar ndërmjet veti, quhet **çift i forcave**.

Momenti i çiftit të forcave është i barabartë me prodhimin e modulit të njërës nga forcat e çiftit dhe distancës ndërmjet pikave të tyre të veprimit të forcave.

$$M_1 = Fd; F_1 = F_2 = F$$



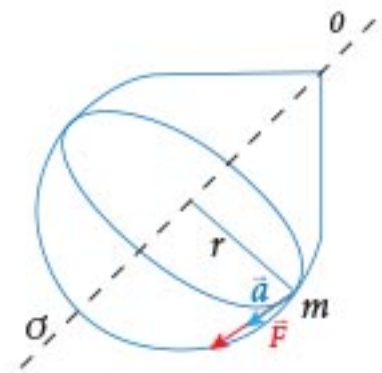
▲ Figura 6. Çifti i forcave te timoni

Le të japim disa shembuj që sqarojnë kuptimin e çiftit të forcave dhe momentit të çiftit të forcave:

- Drejtimi i timonit në një automobil (figura 6). Kur shoferi e rrotullon timonin me të dyja duart, të vendosura në anët e kundërta të timonit, veprojnë dy forca të barabarta për nga moduli dhe me kahe të kundërt, duke shkaktuar rrotullimin.
- Hapja dhe mbyllja e kapakut të një kavanozi. Për ta hapur kapakun, është e nevojshme që me ndihmën e pjesës së poshtme të pëllëmbëve të duarve të veprohet me forca me kahe të kundërta. Dy pikat e kontaktit japin çiftin e forcave, prej të cilave njëra rrotullon kavanozin në kah të kundërt me tjetrën në mënyrë që të hapet ose mbyllet kapaku.
- Pedalet e biçikletës (figura 7). Kur çiklisti shtyp pedalet me këmbët e tij, krijohet një çift forcash që e rrotullon boshtin lëvizës.



▲ Figura 7. Çifti i forcave te biçikleta



▲ Figura 8. Trupi absolut i ngurtë i cili rrotullohet rreth boshtit të vet të rrotullimit

Ligji themelor i dinamikës së lëvizjes rrotulluese

Çdo trup i ngurtë mund të paraqitet si një sistem i përbërë nga një numër i madh pikash materiale, të cilat nuk e ndryshojnë pozitën e tyre ndaj njëra-tjetrës.

Le të marrim një pjesë pikësore të trupit me masë m (figura 8), respektivisht një pikë materiale.

Pika e këtillë përshkruan trajektore rrethore e cila shtrihet në rrafshin normal me boshtin e rrotullimit. Mbi këtë pikë vepron forca F, në drejtim tangjent në lidhje me trajektoren. Nën veprimin e kësaj force, trupi fiton nxitim tangjencial.

$$F = ma$$

Le të shumëzojmë anën e majtë dhe të djathtë të barazimit me rrezen e trajektores rrethore

$$F = ma \,/\cdot r$$

$$Fr = mar$$

Me zëvendësim të barazimeve $M = Fr$ dhe $a = \alpha r$ fitohet shprehja:

$$M = mr^2\alpha$$

Prodhimi mr^2 definohet si madhësi fizike skalare e re I- momenti i inercisë për pikën materiale në lidhje me boshtin e dhënë të rrotullimit.

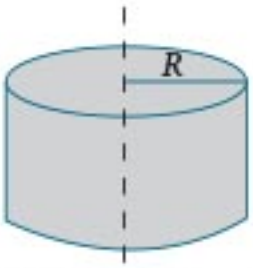
$$I = mr^2$$

Duke zëvendësuar njësitë matëse themelore në madhësitë e anës së djathtë të barazimit, për njësi të matëse të momentit të inercisë fitohet $\mathrm{kg \cdot m^2}$

Për të llogaritur momentin e përgjithshëm të inercisë së trupit, është e nevojshme të mblidhen momentet e inercisë të të gjitha pikëve materiale nga të cilat është i përbërë trupi.

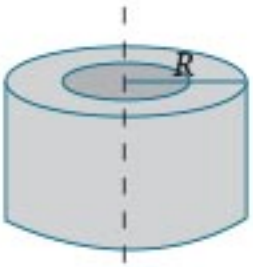
$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + \ldots\ldots\ldots + m_nr_n^2 = \sum_{i=1}^{n} m_ir_i^2$$

Vlera e momentit të inercisë varet nga ajo se si është e shpërndarë masa e trupit në hapësirë. Prandaj momenti i inercisë së trupit me formë të rregullt gjeometrike llogaritet më lehtë sipas formulave të figurës 9.



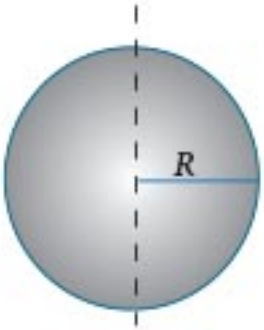
$$I = \frac{mR^2}{2}$$

Cilindër i plotë apo disk



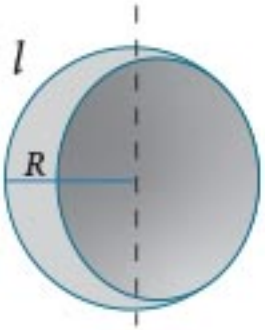
$$I = mR^2$$

Cilindër i zbrazët



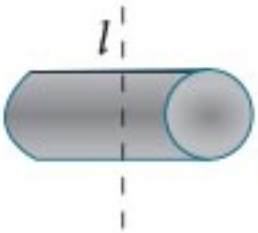
$$I = \frac{2mR^2}{5}$$

Sferë e plotë



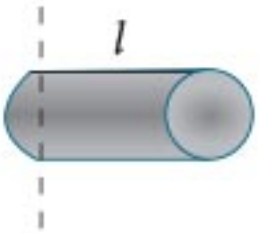
$$I = \frac{2mR^2}{3}$$

Sferë e zbrazët



$$I = \frac{ml^2}{12}$$

Shufër e hollë me bosht të rrotullimit që kalon nëpër qendër



$$I = \frac{ml^2}{3}$$

Shufër e hollë me bosht të rrotullimit që kalon në njërin skaj

▲ **Figura 9.** Momentet e inercisë për trupa me formë të rregullt gjeometrike

Me futjen e madhësisë fizike të momentit të inercisë, për momentin e forcës që vepron mbi trupin fitohet:

$$M = I\alpha$$

Barazimi i sipërm i shkruar në formë vektoriale jepet:

$$\vec{M} = I\vec{\alpha}$$

Dhe paraqet ligjin themelor të dinamikës së lëvizjes rrotulluese.

Momenti i forcës paraqet prodhim të momentit të inercisë dhe nxitimit këndor që e fiton trupi.

Nëse në trup veprojnë dy apo më tepër forca, domethënë dy apo më tepër momente të forcës, ligji i dinamikës për lëvizjen rrotulluese shënohet:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \ldots \vec{M}_n = I\vec{\alpha}$$

Shembull i zgjidhur 2:

Në një trup me formë jo të rregullt gjeometrike veprojnë dy forca (figura 10) $F_1 = 10$ N dhe $F_2 = 12$ N. Gjatësitë përkatëse të krahëve të forcës janë $d_1 = 80$ cm dhe $d_2 = 60$ cm. Të llogaritet momenti i inercisë së trupit nëse ai fiton nxitim këndor $\alpha = 10$ rad/s.

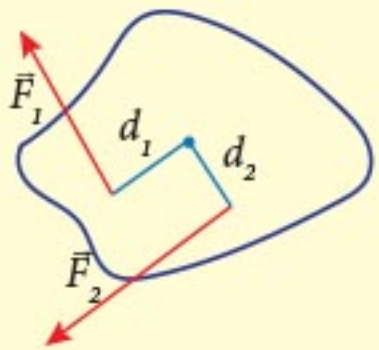
Është dhënë:

$F_1 = 10$ N; $F_1 = 12$ N

$d_1 = 80$ cm $= 0{,}8$ m

$d_2 = 100$ cm $= 1$ m

$\alpha = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$



▲ Figura 10. Diagrami i forcave që shkaktojnë rrotullim të trupit të ngurtë

Kërkohet:

$I = ?$

Zgjidhje:

$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 = I\vec{\alpha}$

Shënohet ligji themelor i dinamikës së lëvizjes rrotulluese

$-M_1 - M_2 = -I\alpha$

Shënohet barazimi skalar. Momentet e forcës kanë shenjë minus sepse shkaktojnë rrotullim në kahun e akrepave të orës. Me shenjë të njëjtë është edhe nxitimi këndor.

$M_1 + M_2 = I\alpha$

$F_1 d_1 + F_2 d_2 = I\alpha$

Ana e majtë dhe e djathtë shumëzohen me -1 dhe pastaj zëvendësohen momentet e forcave përmes forcave dhe krahëve të forcës.

$$I = \frac{F_1 d_1 + F_2 d_2}{\alpha}$$

$$I = \frac{10\ \text{N} \cdot 0{,}8\ \text{m} + 12\ \text{N} \cdot 1\text{m}}{10\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}} = 2\ \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$$

Nxirret në anën e majtë të barazimit momenti i inercisë dhe zëvendësohen vlerat e madhësive, nga kushtet e detyrës.

Shembull i zgjidhur 2:

Gramari me masë $m = 0{,}2$ kg është varur në pe, përmes një rrotulle e cila ka rreze $R = 0{,}2$ m dhe moment të inercisë $I = 0{,}4\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$. Gramari i lëshuar nga gjendja e qetësisë, fillon të lëvizë vertikalisht poshtë. Masa e perit të mos përfillet.

a) Llogarit nxitimin këndor të rrotullës.
b) Sa kohë i nevojitet trupit që të kalojë rrugën $s = 2$ m?

Është dhënë:

$m = 0{,}2$ kg; $R = 0{,}2$ m; $I = 0{,}4\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$; $s = 2$ m; $g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Kërkohet:

a) $\alpha = ?$ b) $t = ?$

Zgjidhje:

a) Sistemi rrotullë-gramar përmban dy lloj të lëvizjeve edhe atë lëvizjen rrotulluese të rrotullës rreth boshtit të dhënë dhe lëvizjen drejtvizore translatore të gramarit

$\vec{P} + \vec{F}_t = m\vec{a}$
$\vec{M} = I\vec{\alpha}$

I shënojmë barazimet themelore të dinamikës së lëvizje translatore dhe rrotulluese, të cilat përshkruajnë lëvizjen e gramarit dhe të rrotullës

$y : P - F_t = ma$
$mg - F_t = ma$

Zgjedhet boshti vertikal y i orientuar vertikalisht poshtë dhe bëhet projeksioni i barazimit i cili përshkruan lëvizjen e trupit.

$M = I\alpha$
$F_t R = I\alpha$

Momenti i forcës i cili paraqitet si rezultat i veprimit mbi rrotullën dhe nxitimi këndor, i cili paraqitet te rrotulla, kanë kah pozitiv për shkak të rrotullimit të rrotullës në kahun e kundërt me kahun e akrepave të orës, të cilin e definojmë si kah pozitiv.

$mg - F_t = m\alpha R$

Nxitimi linear a shprehet përmes nxitimit këndor α me barazimin $a = \alpha R$ dhe zëvendësohet në barazimin $mg - F_t = ma$

$F_t = m\alpha R + mg$

$(mg - m\alpha R)R = I\alpha$

$mgR - m\alpha R^2 = I\alpha$

F_t shprehet nga barazimi i fundit dhe zëvendësohet në shprehjen $F_t R = I\alpha$

$-m\alpha R^2 - I\alpha = -mgR\,/\,(-1)$

$m\alpha R^2 + I\alpha = mgR$

$\alpha\left(mR^2 + I\right) = mgR$

Anëtarët që e përmbajnë nxitimin këndor shkojnë në anën e majtë të barazimit, ndërsa anëtarët e mbetur shkojnë në anën e djathtë të barazimit.

$$\alpha = \frac{mgR}{mR^2 + I}$$

$$\alpha = \frac{0{,}2\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\ 0{,}4\ \text{m}}{0{,}2\ \text{kg} \cdot (0{,}4\ \text{m})^2 + 0{,}4\ \text{kg m}^2} = 1{,}82\ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

b) Trupi me masë m kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme. Që të llogarisim kohën e lëvizjes, do të përdorim barazimin për rrugën te lëvizja njëtrajtësisht e nxituar.

$$s = \frac{at^2}{2} \quad at^2 = 2s \quad t^2 = \frac{2s}{a} \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{\alpha R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}2\ \text{m}}{1{,}82\ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}4\ \text{m}}} = 0{,}74\ \text{s}$$

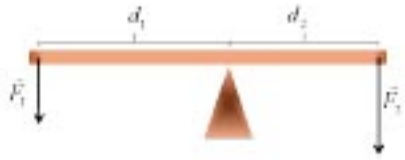
Për nxitimin linear zëvendësohet shprehja $a = \alpha R$

Në shumë raste të jetës së përditshme, veprimi rrotullues i forcës nuk është i dëshirueshëm. Për shembull ne nuk duam që çatia të përmbyset, dera të hapet vetë kur fryn era, shtylla të anohet nën peshën e kabllove elektrike apo luhatësja e fëmijëve të rrotullohet nëse një fëmijë kërcen me të madhe.

Në situata të tilla është e rëndësishme që trupi të mbetet në baraspeshë – jo vetëm të qëndrojë në vend, por edhe të mos rrotullohet.

Nëse mbi një trup që mund të rrotullohet rreth një boshti të caktuar veprojnë disa forca, dhe ai trup mbetet në qetësi, atëherë shuma e të gjithë momenteve të forcave që veprojnë mbi të është e barabartë me zero. Për një trup të tillë themi se është në **baraspeshë statike**.

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + ... + \vec{M}_n = 0$$



▲ Figura 11. Leva

Le të shqyrtojmë një trup të ngurtë (figura 11) që mund të rrotullohet rreth një pike mbështetëse dhe mbi të cilin veprojnë dy forca paralele, të cilat nuk shtrihen në të njëjtën drejtëz.

Trupi i ngurtë i cili mund të rrotullohet rreth një pike mbështetëse të palëvizshme quhet **levë.**

Trupi i figurës 11 është në qetësi, që domethënë se shuma e momenteve të forcave është e barabartë me zero

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 = 0$$

Duke e hedhur njërin nga momentet e forcave në anën tjetër të barazimit fitohet

$$\vec{M}_1 = -\vec{M}_2$$

Shenja minus para momentit të forcës $\vec{M}_2$ na tregon se trupi që të jetë në qetësi, dy momentet e forcës doemos duhet të veprojnë në kahe të kundërta.

Duke zëvendësuar shprehjet e definicioneve për momentet e forcave fitohet

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

Nëse barazimin e shënojmë në formën

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

qartë vërehet se herësi i forcave është në proporcion të zhdrejtë me herësin e krahëve përkatës të forcave. Kjo tregon se derisa njëra forcë është më e madhe se tjetra, krahu i saj do të jetë më i vogël se krahu i forcës tjetër, domethënë

$$F_2 > F_1 \quad d_2 < d_1$$

Një varësi e tillë na mundëson që me një forcë më të vogël të përballojmë një forcë shumë më të madhe, me kusht që të veprojmë në një distancë më të madhe në lidhje me pikën mbështetëse. Kjo ka mundësuar përdorimin e gjerë të levës. Ajo përbën bazën e shumë pajisjeve dhe mekanizmave të ndërlikuar të krijuar nga njeriu, që haset edhe

në botën e gjallë – për shembull, mundëson funksionimin e duhur të sistemit lokomotor te kafshët.

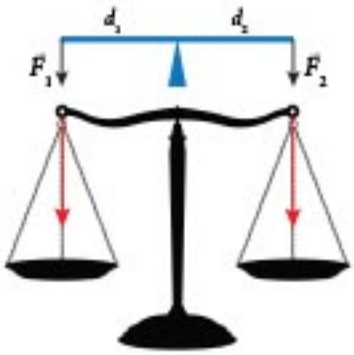


Figura 12. Peshorja

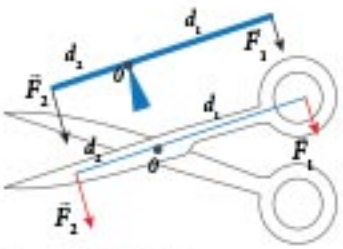


Figura 13. Gërshërët

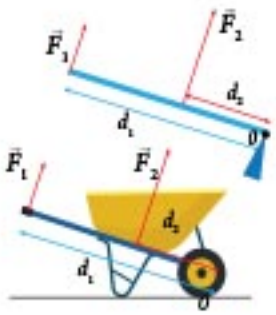


Figura 14. Karroca me një rrotë

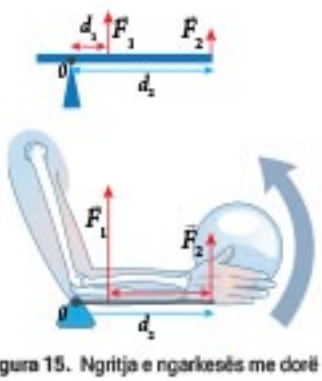


Figura 15. Ngritja e ngarkesës me dorë

Nëse do të dish më tepër:

Levat, sipas pozitës reciproke të pikës mbështetëse dhe forcave që veprojnë (forcës së zbatuar dhe forca së ngarkesës, pra pesha e ngarkesës), ndahen në leva me dy krahë dhe leva me një krah.

Te levat dykrahëshe, pika mbështetëse ndodhet ndërmjet dy forcave. Shembull tipik është peshorja (figura 12). Pika mbështetëse ndodhet ndërmjet dy tasave.

Edhe gërshërët funksionojnë si një levë me dy krahë. Pika mbështetëse ndodhet te vidha që bashkon dy pjesët e gërshërëve (figura 13). Forca e zbatuar është forca e dorës që shtyp mbi njërën nga dorëzat, ndërsa forca e ngarkesës është forca me të cilën shtypet materiali që pritet.

Te levat njëkrahëshe, forca e zbatuar dhe forca e ngarkesës ndodhen në të njëjtën anë të pikës mbështetëse. Shembull i levës njëkrahëshe është karroca me një rrotë (figura 14). Pika mbështetëse është vetë rrota e karrocës. Forca e zbatuar e duarve $\vec{F}_1$ dhe forca e ngarkesës $\vec{F}_2$ ndodhen në të njëjtën anë të levës.

Levat, sipas përdorimit dhe funksionalitetit të tyre, mund të ndahen në leva të forcës dhe leva të shpejtësisë.

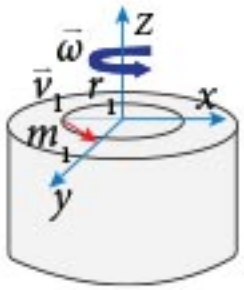
Te levat e forcës, krahu i forcës së zbatuar është më i madh se krahu i forcës së ngarkesës. Kjo do të thotë se me një forcë më të vogël të zbatuar përballohet një forcë shumë më e madhe e ngarkesës. Shembull i këtillë është karroca me një rrotë (figura 14).

Te levat e shpejtësisë, krahu i forcës së zbatuar është më i vogël se krahu i forcës së ngarkesës. Në këtë rast duhet të ushtrohet një forcë e zbatuar më e madhe për të përballuar një forcë më të vogël të ngarkesës. Te këto leva, pika e veprimit të forcës së ngarkesës lëviz me shpejtësi më të madhe se pika e veprimit të forcës së zbatuar. Kjo mundëson një lëvizje më të saktë dhe më të shpejtë të një pjese të caktuar të trupit. Dora e njeriut është një shembull tipik i një leve njëkrahëshe të shpejtësisë (figura 15).

Forca e veprimit është forca e muskulit biceps të krahut. Pika mbështetëse ndodhet në nyjën e bërrylit, ndërsa forca e ngarkesës ka pikën e veprimit në pëllëmbën e dorës. Ky lloj i levës mundëson lëvizje më të shpejta dhe më të sakta të krahut, gjë që është e rëndësishme për kryerjen e lëvizjeve të ndërlikuara dhe të koordinuara.

Momenti i impulsit

Darisi dhe Sara ndjekin një garë të patinazhit artistik. Një nga numrat më tërheqës të shfaqjes është pirueti që e bëjnë patinazhistet artistike. Të dy vërejnë se patinazhistja, kur e ndryshon vendosjen e duarve dhe këmbëve, e ndryshon edhe shpejtësinë këndore të rrotullimit. Vendosje e ndryshme e duarve dhe këmbëve do të thotë moment i ndryshëm i inercisë së patinazhistes. Është e dukshme lidhja midis momentit të inercisë dhe shpejtësisë këndore te trupat në rrotullim. Prej këtu lind edhe nevoja për futjen e një madhësie fizike të re, e cila do t'i lidhë këto dy madhësi.



▲ **Figura 16.** Trupi i ngurtë i cili rrotullohet në kahun e kundërt me kahun e lëvizjes së akrepave të orës

Le të shqyrtojmë një pjesë pikësore me masë m_1 nga trupi i ngurtë (figura 16). Ajo përshkruan një trajektore rrethore me një shpejtësi të caktuar lineare v_1, prandaj themi se ka një impuls të caktuar p_1.

E shumëzojmë anën e majtë dhe të djathtë të barazimit me masën e pjesës pikësore:

$$v_1 = r_1\omega \,/\cdot m$$

$$m_1v_1 = m_1r_1\omega$$

Prodhimi i masës dhe shpejtësisë paraqet impulsin e pjesës pikësore dhe shënohet:

$$p_1 = mr_1\omega$$

Dy anët e barazimit shumëzohen me distancën mes pjesës pikësore dhe qendrës së rrotullimit.

$$p_1 = m_1r_1\omega \,/\cdot r_1$$

$$p_1r_1 = m_1r_1^2\omega$$

Prodhimi i impulsit p_1 dhe distancës r_1 është madhësi fizike e re – **momenti i impulsit** L të pikës materiale në lidhje me boshtin e rrotullimit.

$$L_1 = p_1r_1$$

Në shprehjen nga ana e djathtë e barazimit, prodhimi $m_1r_1^2$ është në fakt momenti i inercisë së pjesës pikësore nga trupi – I:

$$L_1 = I_1\omega$$

Që të llogaritet momenti i përgjithshëm i impulsit të trupit i cili rrotullohet, duhet të mbledhim të gjitha momentet e impulseve të të gjitha pjesëve pikësore nga të cilat është i përbërë trupi:

$$L = \sum_{i=1}^{n} L_i = \sum_{i=1}^{n} I_i \omega$$

$$L = I\omega$$

dhe i shënuar në formë vektoriale:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

Momenti i impulsit të një trupi të ngurtë në lidhje me një bosht të dhënë të rrotullimit është madhësi vektoriale dhe paraqet prodhim të momentit të inercisë dhe shpejtësisë këndore të trupit.

Njësia themelore në SI është $\text{kg}\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

Shembull i zgjidhur 3:

Sipas modelit planetar të atomit, elektroni me masë $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg në atomin e hidrogjenit kryen lëvizje rrethore sipas orbitës me rreze $r = 5{,}29 \cdot 10^{-11}$ m . Shpejtësia e elektronit është e $v_1 = 2{,}19 \cdot 10^6$ m/s Modeli quhet planetar, për shkak të analogjisë me lëvizjen orbitale të planetëve rreth Diellit. Kështu, për shembull, Toka orbiton rreth Diellit me shpejtësi mesatare v_2=29,8 km/s, në distancë mesatare prej $r_2 = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m. Për masën e Tokës të merret përafërsisht $m_2 = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg. Llogarit momentin orbital të elektronit dhe të planetit Tokë. Bëj krahasim.

Është dhënë:

$m_1 = 9{,}81 \cdot 10^{-31}$ kg; $r_1 = 5{,}29 \cdot 10^{-11}$ m; $v_1 = 2{,}19 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$;

$v_2 = 29{,}8 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 29{,}8 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $r_2 = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m; $m_2 = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg

Kërkohet:

$\frac{L_1}{L_2} = ?$

Zgjidhje:

Shënohen barazimet për momentet e impulseve të elektronit dhe të Tokës, dhe zëvendësohen vlerat e madhësive të dhëna:

$$L_1 = m_1 r_1 v_1 = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg} \cdot 2{,}19 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5{,}29 \cdot 10^{-11}\ \text{m} = 105{,}42 \cdot 10^{-36}\ \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}}$$

$$L_2 = m_2 r_2 v_2 = 5{,}97 \cdot 10^{24}\ \text{kg} \cdot 29{,}8 \cdot 10^{6}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-11}\ \text{m} = 266{,}86 \cdot 10^{41}\ \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}}$$

Duke pjesëtuar të dy momentet e impulseve fitohet:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{105{,}42 \cdot 10^{41}}{266{,}86 \cdot 10^{-36}} = 0{,}40 \cdot 10^{-77}$$

Edhe pse si elektroni ashtu edhe Toka lëvizin në orbitë rrethore, momenti i impulsit orbital të Tokës është jashtëzakonisht më i madh se ai i elektronit – madje 10^{77} herë! Ky është një numër që fillon me 1 dhe ka 77 zero pas tij. Kjo tregon sa i madh është dallimi midis mikrobotës dhe makrobotës, edhe pse lëvizja duket e ngjashme.

Ligji i ruajtjes së momentit të impulsit

Le ta shqyrtojmë edhe një herë shembullin me patinazhisten artistike (figura 17), e cila kryen një piruetë. Ajo, duke u rrotulluar rreth boshtit të saj vertikal, kur i hap duart ngadalësohet, ndërsa kur i mbledh papritur, përshpejton. Kjo ndodh pa ndonjë ndikim të dukshëm të jashtëm. Në rast se forcat e jashtme nuk ndikojnë mbi lëvizjen rrotulluese të një trupi, momenti i përgjithshëm i forcës është i barabartë me zero. Duke e pasur parasysh kështu barazim që e shpreh Ligjin e Dytë të Njutnit për lëvizjen rrotulluese në lidhje me boshtin e rrotullimit, mund të shkruajmë:

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t} = 0$$

Në kushtet kur momenti i forcës është zero, edhe ndryshimi i momentit të impulsit në njësi kohe është i barabartë me zero. Meqenëse me kalimin e kohës nuk ka ndryshim të momentit të impulsit, është logjike të përfundohet se momenti i impulsit mbetet konstant.

$$\Delta L = 0 \Rightarrow L = const.$$

Barazimi i fundit, në fakt e shpreh ligjin e ruajtjes së momentit të impulsit.

Nëse në një trup nuk veprojnë momente të jashtme të forcave, apo momenti rezultant i forcave të jashtme është i barabartë me zero, atëherë momenti i përgjithshëm i impulsit të tij mbetet konstant.



▲ Figura 17. Patinazhistja artistike duke bërë piruetë

Duke zëvendësuar për momentin e impulsit $L = I\omega$, mund të shkruajmë:

$$I\omega = const.$$

Kjo domethënë se momenti i impulsit të patinazhistes kur ajo i hap duart është i barabartë me momentin e impulsit që e ka ajo kur i mbledh duart.

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

Barazimin mund ta shkruajmë edhe si:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Prej nga shihet qartë se momentet e impulsit janë në proporcion të zhdrejtë me shpejtësitë këndore përkatëse.

Në çastin kur duart e patinazhistes dhe njëra këmbë janë më larg nga trupi, pra nga boshti i rrotullimit, momenti i inercisë është më i madh sesa momenti i inercisë që ka ajo kur i ka duart të mbledhura. Për ta ruajtur momentin e përgjithshëm të impulsit të patinazhistes, në momentin kur ajo e zvogëlon momentin e inercisë së saj, do të rritet shpejtësia e saj këndore e rrotullimit. Në këtë mënyrë ajo e kryen një nga lëvizjet më spektakolare në patinazhin artistik.

Shembull i zgjidhur 4:

Një patinazhiste me masë 50 kg kryen një piruetë me duar të hapura. Në atë çast momenti i saj i inercisë është $I_1 = 3\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$, ndërsa shpejtësia këndore $\omega_1 = 2\ \text{rad/s}$. Pastaj ajo i mbledh duart drejt trupit, me ç'rast momenti i saj i inercisë zvogëlohet në $I_2 = 1\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$. Sa është shpejtësia këndore e patinazhistes ω_2 pasi ajo i mbledh duart? (Supozoni se momentet e jashtme të forcës janë të papërfillshme.)

Është dhënë:

$I_1 = 3\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$; $\omega_1 = 2\ \text{rad/s}$; $I_2 = 1\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$

Kërkohet:

$\omega_2 = ?$

Zgjidhje:

Shënohet ligji i ruajtjes së momentit të impulsit për patinazhisten

$L_1 = L_2$

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

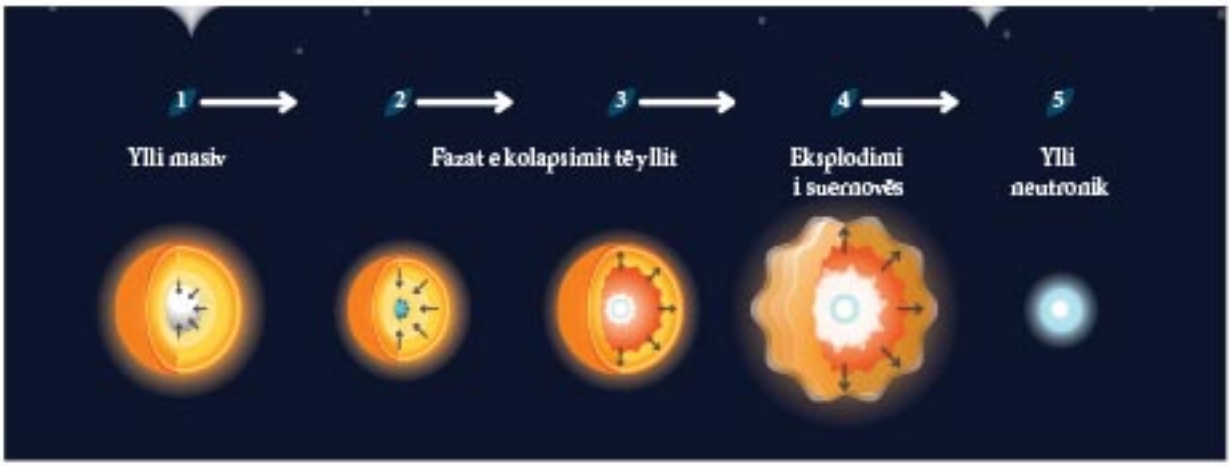
Për shpejtësinë këndore ω fitohet:

$$\omega_2 = \frac{I_1 \omega_1}{I_2} = \frac{3\ \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2\ \text{kg m}^2} = 1,5\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ligji i ruajtjes së momentit të impulsit gjen zbatim në shpjegimin e shumë dukurive natyrore që ndodhin në Tokë dhe në Univers.

Shembull i zgjidhur 5.

Në Univers, yjet masivë kur e përfundojnë evolucionin e tyre (figura 18), bërthama e tyre kolapson dhe shpërthen në supernovë, duke lënë pas një yll neutronik të vogël, me dendësi të madhe, dhe që rrotullohet shpejt. Para shpërthimit, ylli rrotullohej me një shpejtësi këndore relativisht të vogël dhe kishte një moment të madh inercie. Pas shpërthimit, rrezja e yllit zvogëlohet në mënyrë dramatike – nga miliona kilometra në vetëm disa dhjetëra kilometra. Për shkak të kësaj, momenti i inercisë zvogëlohet ndjeshëm, ndërsa shpejtësia këndore e rrotullimit rritet papritur.



▲ Figura 18. Kolapsimi i yllit masiv në yll neutronik

Duke e përdorur ligjin e ruajtjes së momentit të impulsit, mund ta shprehim varësinë e shpejtësisë këndore të rrotullimit të yllit neutronik të sapoformuar nga shpejtësia këndore që e kishte ylli para kolapsit, kur ende ishte një yll masiv.

Meqenëse nuk ka moment të jashtëm të impulsit, vlen:

$$L_1 = L_2$$

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

Për të dyja fazat (para dhe pas kolapsit), ylli mund të konsiderohet përafërsisht si një sferë homogjene, prandaj (sipas figurës 9):

$$I_1 = \frac{2}{5} R_1^2 \pi \qquad I_2 = \frac{2}{5} R_2^2 \pi$$

Duke zëvendësuar shprehjet për momentet e inercisë në barazime:

$$\frac{2}{5} R_1^2 \pi \omega_1 = \frac{2}{5} R_2^2 \pi \omega_2$$

Duke thjeshtuar fitojmë:

$$R_1^2 \omega_1 = R_2^2 \omega_2$$

prej nga:

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{R_1^2}{R_2^2} = \omega_1 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

Ky barazim tregon se shpejtësia këndore e rrotullimit rritet me katrorin e herësit të rrezeve. Për shembull, nëse rrezja e yllit zvogëlohet nga 1 milion kilometra në vetëm 10 kilometra (që është rast real gjatë formimit të një ylli neutronik), raporti i rrezeve është:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{10^6 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10^5$$

Atëherë shpejtësia këndore do të rritet

$$\omega_2 = 10^{10} \omega_1$$

Një rezultat i këtillë e shpjegon rrotullimin jashtëzakonisht të shpejtë të yjeve neutronikë, të njohur edhe si pulsarë.

Nëse do të dish më tepër:

Teorema e Shtajnerit – Në shumë situata reale, trupi i ngurtë nuk rrotullohet rreth boshtit të vet (bosht që kalon nëpër qendrën e tij të masës), por rreth ndonjë boshti tjetër paralel (për shembull: dera që rrotullohet rreth menteshës, lavjerrësi që rrotullohet rreth pikës ku është i varur etj.). Në raste të tilla, matja ose llogaritja e drejtpërdrejtë e momentit të inercisë është e ndërlikuar.

Teorema e Shtajnerit mundëson kalimin e lehtë të momentit të njohur të inercisë nga qendra e masës së trupit në çfarëdo boshti paralel. Momenti i përgjithshëm i inercisë për një trup që rrotullohet rreth një boshti të caktuar, i cili nuk kalon nëpër qendrën e tij të masës, jepet me barazimin:

$$I = I_0 + md^2$$

Toka rrotullohet rreth boshtit të vet, ndërsa bashkëveprimi gravitacional ndërmjet Tokës dhe Hënës shkakton baticën.

Për shkak të forcave të baticës, Hëna merr një pjesë të vogël nga momenti i impulsit të Tokës dhe largohet prej saj me rreth 3,8 cm në vit. Kjo do të thotë se momenti i impulsit të sistemit Tokë – Hënë (figura 19) ruhet, pra Toka rrotullohet më ngadalë, që nënkupton se momenti i saj i impulsit zvogëlohet, ndërsa Hëna largohet, pra momenti i saj orbital i impulsit rritet.



▲ Figura 19. Sistemi fizik Tokë-Hënë

Analogjia midis madhësive dhe ligjeve në lëvizjen translatore dhe atë rrotulluese.

Për të nxjerrë barazimet që e përshkruajnë lëvizjen rrotulluese të një trupi absolut të ngurtë rreth një boshti të palëvizshëm, shpesh kthehemi tek barazimet themelore të lëvizjes translatore të një pike materiale. Në fakt, me këtë vendosim një analogji midis barazimeve të lëvizjes translatore dhe barazimeve të lëvizjes rrotulluese, duke i lidhur madhësitë fizike dhe ligjet që kanë funksion të ngjashëm dhe formë matematikore të ngjashme në të dy llojet e lëvizjes.

Në tabelën 2 është paraqitur analogjia e madhësive fizike dhe barazimeve që i përshkruajnë lëvizjen translatore dhe lëvizjen rrotulluese. Analogjia është bërë mbi bazën e rolit të tyre fizik dhe ngjashmërisë matematikore.

Lëvizja translatore e pikës materiale	Lëvizja rrotulluese e trupit absolut të ngurtë
Rruga e kaluar - s	Këndi i rrotullimit - θ
Shpejtësia lineare - v	Shpejtësia këndore - ω
Nxitimi linear - a	Nxitimi këndor - α
Masa - m	Momenti i inercisë - I
Forca - F	Momenti i forcës - M
Lëvizja drejtvizore e njëtrajtëshme $s = vt$ $v = const.$	Lëvizja rrethore e njëtrajtëshme $\theta = \omega t$ $\omega = const.$
Lëvizja drejtvizore njëtrajtësisht e nxituar $a = const.$ $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$	Lëvizja rrethore njëtrajtësisht e nxituar $\alpha = const.$ $\theta = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$
Impulsi p $p = mv$	Momenti i impulsit - L $L = I\omega$
Ligji i Njutnit për dinamikën e lëvizjes translatore $F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$	Ligji i Njutnit për dinamikën e lëvizjes rrotulluese të trupit të ngurtë $M = I\alpha = I\frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
Energjia kinetike te lëvizja translatore $E_k = \frac{mv^2}{2}$	Energjia kinetike te lëvizja rrotulluese $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$
Puna $A = Fs$	Puna $A = M\theta$

▲ Tabela 2. Analogjia mes madhësive dhe ligjeve te lëvizja translatore dhe rrotulluese

Pyetje dhe detyra:

1. Pse dera ka gjithmonë dorezën e vendosur larg nga menteshat?
2. Nëse nuk mund ta çvidhosësh një vidhë me një çelës të vogël, mund ta përdorësh një gyp si zgjatim. Shpjego pse funksionon kjo!
3. Nëse një astronaut qëndron pezull në hapësirë dhe e hedh një vidhë në një drejtim të caktuar, a do të fillojë edhe ai vetë të rrotullohet? Shpjego.
4. Në skajet e një trari me gjatësi $l = 10$ m, i cili rrotullohet rreth një boshti që kalon nëpër mes të tij, veprojnë dy forca me të njëjtin modul dhe me kahe të kundërta. Llogarit momentin e përgjithshëm të forcës.
5. Në fund të një litari, të mbështjellë rreth një rrotulle me rreze $R = 0{,}2$ m dhe moment inercie $I = 0{,}4$ kg · m², është varur një gramar me masë $m = 0{,}2$ kg. Trupi lëshohet nga gjendja e qetësisë dhe fillon të bie, duke tërhequr litarin dhe duke e rrotulluar rrotullën. (Të mos përfillet masa e litarit dhe fërkimi.)
   a) Nëse gramari përshkon rrugën $s = 2$ m, për kohën $t = 2{,}4$ s, llogarit nxitimin këndor të rrotullës. α.
   b) Përcakto nxitimin linear a që fiton gramari dhe forcën e tendosjes së litarit F_t.
6. Një patinazhiste artistike bën një piruetë me duart e mbledhura pranë trupit. Në një moment ajo i hap duart për jashtë, me ç'rast shpejtësia e saj këndore zvogëlohet katër herë, ndërsa momenti i saj i inercisë rritet për $\Delta I = 12$ kg · m². Llogarit momentin fillestar të inercisë I_1.
7. Duke përdorur simulimin Physics: Rotational Inertia Lab (https://phet.colorado.edu/en/simulations/torque), përgatit një grafik të varësisë së forcës te një gisht cilindrik (Cylindrical Shell) nga vlera reciproke e krahut të asaj force $F = F\left(\frac{1}{r}\right)$. Për ta bërë grafikun, përdor të paktën 5 vlera të forcave të zbatuara, për 5 gjatësitë e ndryshme të krahëve të forcës. Ki kujdes që, në çdo matje, nxitimi këndor të jetë i njëjtë. Përcakto koeficientin e drejtimit (pjerrësinë) së drejtëzës së fituar dhe shpjego se çka paraqet ajo në të vërtetë.



Rezyme:

- Trupi tek i cili distanca mes të gjitha pikave mbetet e pandryshuar, pavarësisht se si lëviz, quhet trup absolutisht i ngurtë.
- **Momenti i forcës** është madhësi fizike vektoriale, moduli i së cilës është i barabartë me prodhimin e forcës F dhe krahut të forcës d. Krahu i forcës definohet si distanca më e shkurtër midis boshtit të rrotullimit dhe drejtimit të veprimit të forcës.

  $M = Fd$

- Një sistem prej dy forcash paralele me të njëjtin modul, por me kahe të kundërta, të cilat veprojnë në një distancë të caktuar mes tyre, quhet çift i forcave.
- Momenti i çiftit të forcave është i barabartë me prodhimin e modulit të njërës nga forcat e çiftit dhe distancës ndërmjet pikave të veprimit të forcave.

$$M_ç = Fd \;\; ; \;\; F_1 = F_2 = F$$

- Momenti i inercisë I i një pike materiale në lidhje me një bosht të caktuar rrotullimi jepet me barazimin:

$$I = mr^2$$

- Momenti i forcës paraqet prodhimin e momentit të inercisë dhe nxitimit këndor që e fiton trupi.

$$\vec{M} = I\vec{\alpha}$$

Një trup i ngurtë që mund të rrotullohet rreth një pike mbështetëse të palëvizshme quhet levë.

- Momenti i impulsit të një trupi në lidhje me një bosht të caktuar rrotullimi është madhësi vektoriale dhe paraqet prodhimin e momentit të inercisë dhe shpejtësisë këndore të trupit:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

- Nëse mbi një trup nuk veprojnë momente të forcës të jashtëm ose momenti rezultant i forcave të jashtme është i barabartë me zero, atëherë momenti i tij i përgjithshëm i impulsit mbetet konstant:

$$\Delta L = 0 \Rightarrow L = const.$$

Tema 2 PROVO SA KE MËSUAR

1. Njëra nga situatat e paraqitura nuk është e mundshme. Cila?
   a) Vektori i shpejtësisë me kahun nga perëndimi, ndërsa vektori i nxitimit me kahun nga lindja
   b) Vektori i shpejtësisë dhe vektori i nxitimit janë me kahe nga perëndimi.
   c) Trupi ka shpejtësi të ndryshueshme, por nxitim konstant
   ç) Trupi ka shpejtësi konstante, por nxitim të ndryshueshëm

2. Kur nxitimi i trupit ka kah të kundërt me kahun e lëvizjes së trupit, shpejtësia e trupit:
   a) nuk ndryshon
   b) rritet
   c) zvogëlohet
   ç) nga të dhënat e paraqitura nuk mund të përfundohet

3. Agroni ka nxitim 0 m/s^2, dhe për të mund të themi se:
   a) nuk lëviz
   b) zhvendosja e tij është 0
   c) nuk e ndryshon shpejtësinë
   ç) asnjëra nga të mësipërmet

4. Vektori i nxitimit ka kahun si:
   a) vektori i shpejtësisë
   b) vektori i ndryshimit të shpejtësisë
   c) vektori i zhvendosjes
   ç) të kundërt me vektorin e shpejtësisë

5. Rretho pohimin e saktë:
   a) Trupi me masë 1 kg, nën veprimin e forcës prej 1 N, fiton nxitim prej 9,81 m/s^2
   b) Trupi me masë 1 kg, nën veprimin e forcës prej 1 N, fiton nxitim prej 1 m/s^2
   c) Trupi me masë 1 g, nën veprimin e forcës prej 1 N, fiton nxitim prej 9,81 m/s^2
   ç) Trupi me masë 1 g, nën veprimin e forcës prej 1 N, fiton nxitim prej 1 m/s^2

6. Karakteristika e lëvizjes njëtrajtësisht të nxituar është:
   a) nxitimi ndryshon edhe sipas kahut edhe sipas modulit
   b) shpejtësia nuk ndryshon sipas modulit
   c) trupi në çdo sekondë përshkruan rrugë gjithnjë e më të mëdha
   ç) shpejtësia e trupit zmadhohet me kalimin e kohës.

7. Një automobil kryen lëvizje njëtrajtësisht të nxituar. Nga cilido grafik ku është paraqitur varësia e shpejtësisë së automobilit në lidhje me kohën mund të përcaktohen:
   a) nxitimi i automobilit
   b) rruga e kaluar
   c) shpejtësia e automobilit
   ç) rruga e kaluar, shpejtësia dhe nxitimi i automobilit

8. Drini dhe Vjosa tërheqin dinamometrin (në kahe të kundërta) secili me forcë prej 100 N. Çfarë vlere do të tregojë dinamometri?
   a) 100 N
   b) 200 N
   c) 0 N
   ç) 50 N

9. Gjatë rënies së lirë, nxitimi që e fiton topthi në vakum me kalimin e kohës:
   a) nuk ndryshon
   b) zvogëlohet

c) rritet
ç) asnjëra

10. Gjatë rënies së lirë, shpejtësia që e fiton topthi:
a) varet nga masa e tij
b) varet nga koha e rënies
c) nuk ndryshon
ç) zvogëlohet me kalimin e kohës

11. Cili nga pohimet për rënien e lirë është i saktë? Topthi i lëshuar në rënie të lirë:
a) bie me shpejtësi konstante prej 9,81 m/s
b) bie me nxitim konstant prej 9,81 m · s^2
c) rruga që e kalon topthi në çdo sekondë është e barabartë
ç) nxitimi që e fiton topthi varet nga masa e topthit

12. Rretho përgjigjen e saktë! Forca e rëndesës së Tokës:
a) vepron vetëm në trupa me masa të mëdha
b) nuk vepron në trupa që lëvizin vertikalisht lart
c) vepron në librin e vendosur mbi tavolinë
ç) nuk varet nga masa e trupit

13. Rretho përgjigjen e saktë! Nëse forcat që veprojnë tek automobili janë në baraspeshë, atëherë automobili:
a) nuk do të lëvizë
b) do të lëvizë me shpejtësi konstante
c) nuk do të nxitojë
ç) asnjëra nga të mësipërmet

14. Përmes shembujve sqaro çka nënkupton me shprehjen "qetësi relative"?

15. A mundet që zhvendosja e Artës të jetë zero, ndërsa rruga e kaluar e saj të jetë 1 km? Sqaro.

16. A është e mjaftueshme njohja e distancës mes qyteteve Ohër dhe Strugë për të përcaktuar vendndodhjen e qytetit Ohër në lidhje me qytetin Strugë? Shpjegoje përgjigjen tënde.

17. A ka mundësi që trupi të kryejë lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme, dhe gjatë kësaj të ndryshojë drejtimi i vektorit të shpejtësisë, por jo edhe moduli i tij? Sqaro.

18. Shpejtësia e çastit e një topthi është zero. A nënkupton kjo që edhe nxitimi i tij doemos të jetë zero? Sqaro.

19. Ana dhe Iva vozisin biçikleta rreth Liqenit të Mavrovës. Në një çast, Ana ka lëvizur me shpejtësi më të madhe se Iva. A do të thotë kjo se Ana ka nxitim më të madh? Sqaro përgjigjen tënde.

20. Futbollisti e gjuan topin vertikalisht lart. Sqaro çka ndodh me shpejtësinë dhe nxitimin e topit gjatë tërë kohës së lëvizjes së topit nga çasti i gjuajtjes deri te rënia e tij në tokë. Vizato grafikun e:
a) shpejtësisë së topit në lidhje me kohën
b) nxitimit të topit në lidhje me kohën
c) pozitës së topit në lidhje me kohën duke nisur nga pozita e gjuajtjes të topit
ç) rrugës së kaluar nga topi në lidhje me kohën

21. Sqaro çka ndodh me shpejtësinë dhe nxitimin e parashutistit në çastin kur e hap parashutën?

22. Nëse shpejtësia e një trupi i cili kryen lëvizje drejtvizore të njëtrajtëshme do të rritej për dy herë, atëherë edhe koha e nevojshme që të kalojë të njëjtën rrugë do të zvogëlohej për 10 s. Llogarit kohën e lëvizjes së trupit në të dy rastet.

23. Sipas pikave të vajit që i ka lënë automobili në lidhje me kohën përcakto në cilin rast në automobil vepron forca rezultante e ndryshme nga zero? Sqaro.

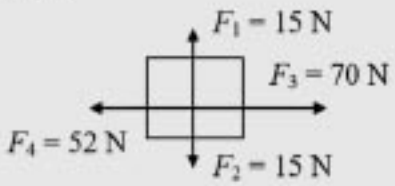


24. Identifiko forcat e aksionit dhe të reaksionit në rastet vijuese:
   a) topi bie kah dyshemeja
   b) një njeri godet me grusht murin
   c) futbollisti e godet topin
   ç) fëmija kërcen nga trampolina
   d) raketa fluturon nga rrafshi i lëshimit

25. Biçikleta ka frena të përparme dhe të pasme. Pse nuk rekomandohet përdorimi i frenave të përparme?

26. Shpjego pse kur një njeri pengohet ai bie në kahun e lëvizjes, ndërsa kur rrëshqet mbi akull bie në kah të kundërt me kahun e lëvizjes?

27. Në figurë është dhënë diagrami i forcave që veprojnë mbi një trup. Përcakto modulin, drejtimin dhe kahun e forcës rezultante.



28. Bolid i "Ferrarit", duke hyrë në një lakesë të mprehtë, e ndryshon vazhdimisht shpejtësinë e vet. Shpjego në cilën pjesë të lakesës forca e fërkimit do të jetë më e madhe.

29. Një top, duke lëvizur me shpejtësi, godet normal (pingul) një mur të palëvizshëm. Si do ta përcaktoje drejtimin, kahun dhe modulin e shpejtësisë së topit pas goditjes? Supozo që goditja është plotësisht elastike.

30. Masa e një trupi është trefish më e madhe se masa e një trupi tjetër. Si duhet të jetë herësi i shpejtësive të trupave në mënyrë që impulset e tyre të mbeten të njëjta?

31. Tre trupa përbëjnë një sistem të izoluar. Si do ta përkufizoje ligjin e ruajtjes së impulsit për këto tre trupa?

32. Çka ndodh me peshën, dhe çfarë me masën e një trupi që bie lirshëm?

33. Shpjego pse astronauti në anijen kozmike qëndron pezull dhe sa është pesha e tij në ato kushte.

34. Krahaso forcat gravitacionale ndërmjet planetëve Venera dhe Toka me Diellin. Sipas cilëve parametra mund ta përcaktosh këtë dhe si?

35. Duke pasur parasysh që rrezja e Tokës është 2 herë më e madhe se rrezja e planetit Mars, si dhe të dhënën që masa e Marsit është 10 herë më e vogël se masa e Tokës, llogarit sa herë forca gravitacionale me të cilën Toka do të vepronte mbi një trup është më e madhe ose më e vogël se forca gravitacionale ndërmjet Marsit dhe të njëjtit trup.

36. Sa do të duhej të zgjaste dita dhe nata në Tokë që trupat në ekuator të mos kenë peshë?

37. Në cilin nga rastet vijuese rritet më së shumti momenti i forcës ndaj boshtit të rrotullimit?
   a) Një mekanik që përpiqet ta çvidhosë një bulon duke përdorur një çelës të cilin e mban shumë afër bulonit.
   b) Një portier i cili e kap një top futbolli drejt para tij me duar të shtrira.
   c) Një nxënës i cili përpiqet ta rrotullojë një karrige duke e shtyrë skajin e saj me një forcë nën një kënd të caktuar.
   ç) Një fëmijë shtyn një karusel nën kënd të drejtë në pikën më të largët nga boshti i tij i rrotullimit.

38. Në cilin nga shembujt vijues ilustrohet më mirë ligji i ruajtjes së momentit të impulsit?
   a) Një kozmonaut në një stacion hapësinor hedh një çelës në një kah të caktuar dhe fillon të rrotullohet në kahun e kundërt.
   b) Një kamion frenon papritur dhe shpejtësia e tij zvogëlohet.
   c) Një djalë godet një top futbolli, i cili më pas fillon të rrotullohet rreth boshtit të vet.
   ç) Një raketë lëvizë në vijë të drejtë derisa t'i mbarojë lënda djegëse.

39. Pse një astronaut që rrotullohet në hapësirë mund ta ndryshojë shpejtësinë e tij këndore vetëm duke i afruar duart ose këmbët drejt trupit ose duke i hapur jashtë, megjithëse nuk vepron asnjë forcë e jashtme?

40. Një rrotë me masë 2 kg dhe rreze prej 0,3 m rrotullohet rreth boshtit të vet. Momenti i inercisë së rrotës është dhënë me barazimin. Nëse rrota rrotullohet me shpejtësi këndore, llogarit.
   a) momentin e inercisë së rrotës
   b) momentin e inercisë së rrotës
   c) si do të ndryshonte momenti i impulsit nëse shpejtësia këndore dyfishohet?

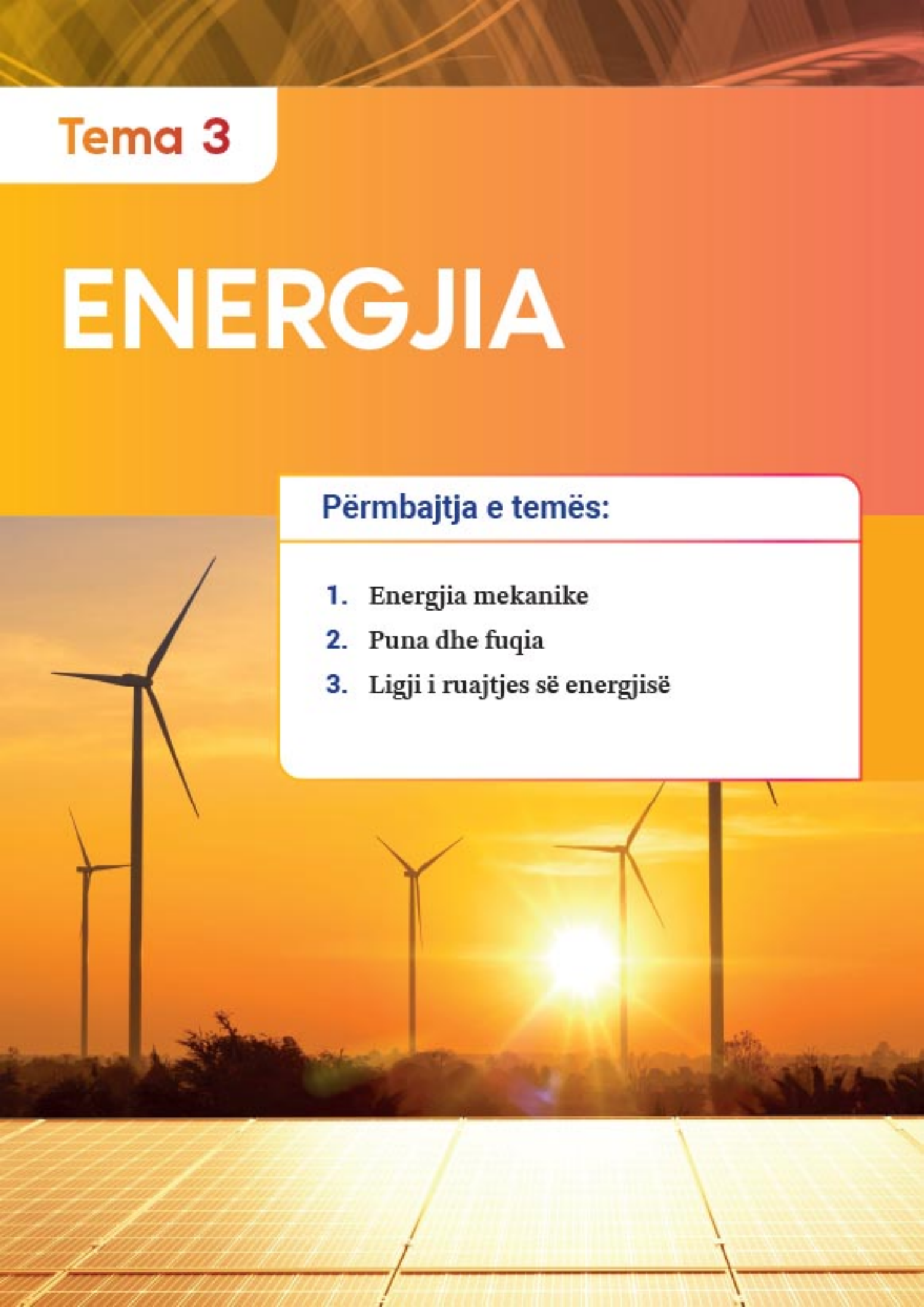
41. Një nxënës është ulur në një karrige që mund të rrotullohet. Në duar mban gramar dhe rrotullohet me një shpejtësi këndore. Nëse ai i hap duart, momenti i inercisë së nxënësit do të rritet 2 herë, ndërsa shpejtësia e tij këndore do të zvogëlohet për 6 rad/s. Llogarit shpejtësinë këndore fillestare me të cilën është rrotulluar nxënësi.

Tema 3

ENERGJIA

Përmbajtja e temës:

1. Energjia mekanike
2. Puna dhe fuqia
3. Ligji i ruajtjes së energjisë



Në temën e mëparshme kemi përshkruar lëvizjen e trupave dhe shkaqet e atyre lëvizjeve, me ligje që mund të zbatohen lehtësisht në situata me të cilat përballesh çdo ditë. Por disa probleme fizike nuk janë aq të thjeshta dhe janë më të vështira për t'i zgjidhur me ligjet e Njutnit. Një shembull i tillë është kur trupat lëvizin në një trajektore të ndërlikuar. Në këtë rast është më e thjeshtë të përdoret ligji i ruajtjes së energjisë.

Në këtë temë do të njihesh me madhësinë fizike të energjisë, si dhe me ligjin e ruajtjes së energjisë. Ligji i ruajtjes së energjisë është një ligj universal: ai vlen si për dukuritë që i studion fizika bërthamore, ashtu edhe për lëvizjet në Univers.

Qëllimet:

- Të definosh energjinë që e posedon trupi
- Të sqarosh se si energjia shndërrohet nga një lloj në llojin tjetër dhe si përcillet nga një trup në trupin tjetër gjatë kryerjes së punës.
- Të zbatosh ligjin e ruajtjes së energjisë në situata reale
- Të zhvillosh vetëdijen për rëndësisë e përdorimit efikas të energjisë në përditshmëri.



3.1 Energjia mekanike



▲ Figura 1. Mullinjtë e erës dhe panelet diellore

Ne çdo ditë hasim lëvizje: ne njerëzit lëvizim, lëviz topi i futbollit pas goditjes, lëvizin makinat etj.

Për të gjitha këto aktivitete nevojitet energji. Njeriu e merr atë energji nga ushqimi, në të cilin është e depozituar energjia kimike. Futbollisti, një pjesë të energjisë së tij gjatë goditjes ia jep topit të futbollit. Energji kimike të depozituar përmban edhe karburanti që përdoret te motorët me djegie të brendshme. Kur karburanti digjet, kjo energji kimike shndërrohet në energji termike, e cila në fund shndërrohet në energji mekanike.

Energjia e erës dhe energjia e diellit, me ndihmën e mullinjve të erës dhe të paneleve diellore (figura 1), shndërrohet në energji elektrike, të cilën më pas mund ta përdorim në shtëpitë tona. Nga këto shembuj mund të përfundojmë se energjia kalon lehtësisht nga një formë në formën tjetër.

Njësia matëse fizike për energjinë është xhuli (J).

Në këtë temë do të ndalemi vetëm tek energjia mekanike.

Energjia që e kanë trupat si rezultat i lëvizjes, pozitës, apo deformimit quhet **energji mekanike**

Ekzistojnë dy lloje të energjisë mekanike: **energjia kinetike** dhe **energjia potenciale**, të cilat me lehtësi kalojnë nga njëra formë në tjetrën.

Energjia kinetike

Kur futbollisti e godet topin, ai ia jep një pjesë të energjisë së tij, gjatë të cilës topi fiton energji dhe fillon të lëvizë.

Energjia që e kanë trupat në lëvizje quhet **energji kinetike.**

Energjia kinetike që e posedojnë trupat varet nga masa e tyre dhe katrori i shpejtësisë me të cilën lëvizin dhe llogaritet me formulën:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

ku m është masa e trupit, ndërsa v shpejtësia e tij.

Shembull i zgjidhur 1:

Njëri nga dy kamionët ka masë dy herë më të vogël, por lëviz me shpejtësi dy herë më të madhe se tjetri. Cili nga kamionët ka energji kinetike më të madhe dhe sa herë kjo energji është më e madhe se energjia e kamionit tjetër?

Është dhënë:

$m_2 = \frac{m_1}{2}$; $\quad v_2 = 2v_1$

Kërkohet:

$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = ?$

Zgjidhje:

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{2}}{\frac{m_2 v_2^2}{2}} = \frac{m_1 v_1^2}{\frac{m_1}{2}(2v_1)^2} = \frac{2m_1 v_1^2}{4m_1 v_1^2} = \frac{1}{2} \qquad E_{k2} = 2E_{k1}$$

Rrjedh se kamioni i cili ka masë dy herë më të vogël, ndërsa shpejtësi dy herë më të madhe ka energji kinetike dy herë më të madhe.

Energjia potenciale

Nëse e marrim topin e futbollit në duar dhe e ngremë në një lartësi të caktuar, ne i japim atij një pjesë të energjisë tonë. Ndryshe nga topi në lëvizje, topi që qëndron i palëvizshëm në një lartësi të caktuar nuk ka energji kinetike. Por ky top ka potencial të fillojë të lëvizë. Nëse e lëshojmë topin, ai do të fillojë të lëvizë, sepse ndodhet në fushën gravitacionale të Tokës. Kjo do të thotë se, kur gjendet në një lartësi, ai posedon energji të depozituar, të quajtur **energjia potenciale**, e cila shfaqet si rezultat i bashkëveprimit gravitacional midis Tokës dhe topit.

Potencial për të lëvizur ka edhe një sustë e deformuar. Për shembull, nëse e ngjeshim sustën, gjatë ngjeshjes i japim asaj një pjesë të energjisë tonë. Kur e lëshojmë sustën, ajo fillon të lëvizë, pra të kryejë lëkundje. Kjo do të thotë se edhe susta e deformuar posedon energji, e cila shfaqet si rezultat i deformimit. Kjo energji gjithashtu quhet energji potenciale.

Energjia potenciale është energjia që e ka trupi për shkak të pozitës së tij në fushën gravitacionale apo për shkak të gjendjes së tij të deformuar.

Energjia potenciale gravitacionale

Energjia që posedon një trup, i cili ka potencial që të lëvizë sepse është ngritur në një lartësi të caktuar në lidhje me Tokën, quhet **energji potenciale gravitacionale.**

Energjia potenciale gravitacionale varet nga pozita e trupit në fushën gravitacionale të Tokës dhe llogaritet me barazimin:

$$E_p = mgh$$

ku m është masa e trupit, h është lartësia në të cilën është ngritur trupi në lidhje me sipërfaqen e Tokës kurse g është nxitimi gravitacional.

Energjia potenciale varet në proporcion të drejtë nga masa e trupit, nxitimi gravitacional dhe nga lartësia në të cilën është ngritur trupi.

Shembull i zgjidhur 2:

Një llambadar me masë 800 g është i varur në tavanin e një dhome që ndodhet në katin e parë të një ndërtese. Distanca ndërmjet dyshemesë së dhomës dhe tavanit është 3 m, ndërsa dyshemeja e dhomës është në lartësi prej 4 m në lidhje me sipërfaqen e tokës.

Përcakto energjinë potenciale të llambadarit:
a) Në lidhje me dyshemenë e dhomës.
b) Në lidhje me sipërfaqen e tokës.

Është dhënë:

$m = 800\ \text{g} = 0{,}8\ \text{kg};\quad h_1 = 3\ \text{m};\quad h_2 = h_1 + 4\ \text{m} = 7\ \text{m}$

Kërkohet:

$E_{p1} = ?;\quad E_{p2} = ?$

Zgjidhje:

a) Energjia potenciale e llambadarit në lidhje me dyshemenë e dhomës është

$$E_{p1} = mgh_1 = 0{,}8\text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3\text{m} = 23{,}5\text{J}$$

b) Energjia potenciale e llambadarit në lidhje me sipërfaqen e Tokës është

$$E_{p2} = mgh_2 = 0,8\text{kg} \cdot 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 7\,\text{m} = 54,9\,\text{J}$$

Nga shembulli i mëparshëm mund të përfundohet se energjia potenciale varet nga përzgjedhja e sipërfaqes referente. Në barazim, lartësia është relative dhe mund ta përzgjedhim vetë "pikën zero" sipas situatës.

Për shembull, te një ujëvarë, vendi me "zero" energji potenciale është fundi i ujëvarës (figura 2).



▲ **Figura 2.** Ujëvara. Fundi ku derdhet uji ka energji potenciale zero, ndërsa në majë energjia potenciale ka vlerë maksimale.

Energjia potenciale elastike

Gjatë deformimit të sustës ndryshon largësia ndërmjet molekulave nga të cilat është i ndërtuar trupi. Në gjendjen normale (të padeformuar), molekulat ndodhen në pozita të baraspeshës, gjatë të cilave forcat midis tyre janë të baraspeshuara. Energjia potenciale elastike, kur susta është e deformuar, shfaqet si rezultat i bashkëveprimit ndërmjet molekulave në brendi të sustës, të cilat përpiqen ta rikthejnë atë në pozitën e baraspeshës (figura 3).



▲ **Figura 3.** Susta tek e cila vepron forca e jashtme e cila ka potencial të kthehet në pozitën fillestare

Energjia që e ka susta e deformuar quhet energjia potenciale elastike.

Energjia potenciale elastike llogaritet me formulën:

$E_p = \frac{k\Delta l^2}{2}$, ku Δl është deformimi i sustës, ndërsa k koeficienti i elasticitetit të sustës.

Energjia potenciale elastike është në proporcion të drejtë me katrorin e deformimit të trupit elastik.

Shembull i zgjidhur 3:

Çka ndodh me energjinë potenciale të një suste elastike nëse zgjatja e saj rritet dy herë.

Është dhënë:

$$\Delta l_2 = 2\Delta l_1$$

Kërkohet:

$$\frac{E_{p2}}{E_{p1}} = ?$$

Zgjidhje:

$$\frac{E_{p2}}{E_{p1}} = \frac{\frac{k\Delta l_2^2}{2}}{\frac{k\Delta l_1^2}{2}} = \frac{\Delta l_2^2}{\Delta l_1^2} = \frac{(2\Delta l_1)^2}{\Delta l_1^2} = 4$$

Rrjedh se $E_{p2} = 4E_{p1}$

Shembull i zgjidhur4:

Shpjego si bëhet shndërrimi i energjisë gjatë përdorimit të harkut dhe shigjetës në sportin e gjuajtjes me hark. Shpjego cilat lloje të energjisë shfaqen dhe si ndryshojnë ato gjatë procesit të shenjimit dhe të gjuajtjes.

Përgjigje:

Njeriu merr energji kimike nga ushqimi, e cila shndërrohet në energji mekanike gjatë vendosjes së dorës në pozicion për të shtrënguar perin e harkut. Një pjesë e kësaj energjie i jepet perit të harkut, i cili deformohet dhe depoziton energji potenciale elastike. Gjatë lëshimit të perit të harkut, energjia potenciale elastike e tij shndërrohet në energji kinetike të shigjetës, e cila fillon të lëvizë.

Nëse do të dish më tepër:

- Emili di Shatele

  Në shekullin XVIII fizika ende nuk ishte e zhvilluar plotësisht në mënyrën siç e njohim sot. Shumë nocione që sot i marrim si të mirëqena, si energjia, puna dhe fuqia, nuk ishin të përcaktuara saktë. Në atë kohë zhvillohej një debat intensiv për të ashtuquajturën vis viva ("forca e gjallë") – nëse forca lëvizëse e një trupi është në proporcion të drejtë me shpejtësinë (v) apo me katrorin e shpejtësisë (v^2). Shumica e shkencëtarëve në Francë e mbështetnin versionin e Njutnit: se impulsi (mv) është madhësia e vetme fizike e rëndësishme.

  Por, Emili di Shatele, matematikane, fizikane dhe filozofe franceze, e mbështeste qëndrimin e fizikanit gjerman Gotfrid Lajbnic, i cili pohonte se "forca e gjallë" është në proporcion të drejtë me mv^2. Sot ky nocion njihet si energjia kinetike. Ajo e formalizoi këtë nocion dhe e shpjegoi e para përmes provave eksperimentale – duke treguar, për shembull, se një objekt që bie me shpejtësi dyfish më të madhe nuk ka ndikim dyfish më të madh, por katërfish më të madh (për shkak të varësisë nga katrori i shpejtësisë).

Në vitet 1740 Emili di Shatele e përktheu librin e Njutnit Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (Parimet matematike të filozofisë natyrore) në frëngjisht – përkthimi i parë (dhe deri sot më me ndikim) i këtij teksti themelor. Por jo vetëm kaq: në komentet dhe analizat e saj ajo e sqaron mekanikën e Njutnit dhe shpjegon se si forca që vepron mbi një trup dhe shkakton zhvendosje çon në rritjen ose zvogëlimin e energjisë së trupit.

Pyetje dhe detyra:

1. Si përkufizohet energjia kinetike e një trupi?
2. Nga dy trupa me të njëjtën masë, cili ka energji kinetike më të madhe?
3. Lokomotiva e një treni mallrash tërheq tre vagonë të hapur të lidhur mes vete. Papritmas fillon të bjerë shi i fortë. Shpjego nëse në atë rast do të ndryshojë energjia kinetike e trenit nëse shpejtësia e tij mbetet e pandryshuar?
4. Nëse shpejtësia e trupit zmadhohet trefish, çka do të ndodhë me energjinë e tij kinetike?
5. Si do të ndryshojë energjia potenciale e një trupi nëse e ngrisim tri herë më lart?
6. Shpjego pse i njëjti trup, i vendosur në Tokë dhe në Hënë në të njëjtën lartësi, nuk mund të ketë të njëjtën energji potenciale gravitacionale?
7. Shpejtësia mesatare e një molekule oksigjeni është $v = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Masa e saj është $m = 51,2 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$. Llogarit energjinë kinetike mesatare të saj.
8. Gjatë shpejtësisë së kometës së Hallejit prej $v = 500 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, energjia kinetike në perihelin e saj është $E_k = 275 \cdot 10^{23}\ \text{J}$. Sa është masa e saj? (Periheli është pozita e një trupi në Sistemin Diellor kur ai ndodhet më së afërti me Diellin).
9. Energjia potenciale që ka një alpinist i ngjitur në majën e Mont Everestit në lidhje me sipërfaqen e detit është $E_p = 6032,56\ \text{kJ}$ Nxitimi gravitacional tokësor në atë lartësi është $g = 9,74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Nëse masa e alpinistit është $m = 70\ \text{kg}$, llogarit lartësinë mbidetare të majës së Mont Everestit.
10. Një sustë elastike ngjeshet për 30 cm nën veprimin e një force prej 30 N. Sa është energjia potenciale e sustës së ngjeshur?

3.2 Puna dhe fuqia



Figura 1. Roota e mullirit e cila rrotullohet për shkak të ujit i cili kryen punë

Në të folurën e përditshme, me termin punë nënkuptohet çdo aktivitet që kryen njeriu – leximin, shkrimin, programimin, gatimin, ecjen, gërmimin e kështu me radhë.

Puna mekanike

Por, në fizikë shprehja **punë** ka një kuptim të saktë. Punë kryhet atëherë kur nën veprimin e një force shkaktohet zhvendosja e trupit.

Shembull

Uji në lum kryen punë kur i zhvendos fletët e rrotës së mullirit (figura 1)

Kur një top lëviz dhe në rrugën e tij goditet me një top tjetër të palëvizshëm, ai mbi të vepron me forcë. Nën veprimin e kësaj force, topi i dytë fillon të lëvizë dhe kështu kryhet punë.

Kujdes:

Njësia matëse për punën dhe për energjinë është e njëjtë! Por, megjithatë bëhet fjalë për dy madhësi fizike të ndryshme.

Në këto shembuj, punë kryejnë uji dhe topi në lëvizje, sepse shkaktojnë zhvendosjen e trupave të tjerë. Trupat që mund të kryejnë punë duhet të posedojnë energji. Prej këtu rrjedh:

Energjia e trupave është aftësia e tyre për të kryer punë.

Gjatë goditjes së topave, topi i parë vepron mbi të dytin me një forcë F. Nën veprimin e kësaj force, topi i dytë zhvendoset. Prandaj thuhet se forca kryen punë.

Prodhimi i forcës dhe i zhvendosjes së trupit nën veprimin e kësaj force quhet **punë mekanike.**

Puna mekanike llogaritet me formulën:

$A = \vec{F}\Delta\vec{r}$, ku $\Delta\vec{r}$ është zhvendosja e trupit (figura 2).

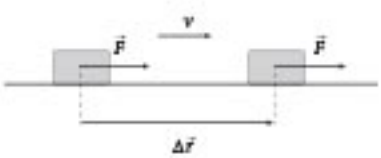


Figura 2. Zhvendosja e trupit nën veprimin e forcës

Njësia e punës mekanike është xhuli (J). Puna është 1 J kur nën veprimin e një force prej 1 N trupi zhvendoset për 1 m.

Le të përcaktojmë punën e forcës në disa situata të ndryshme:

A) Kur forca me të cilën e tërheqim trupin në një sipërfaqe dhe zhvendosja e trupit janë me drejtim dhe kah të njëjtë (figura 3).

Në këtë rast për punën e kryer mund të shkruhet:

$A = Fs$,

ku s është rruga e kaluar nën veprimin e kësaj force.

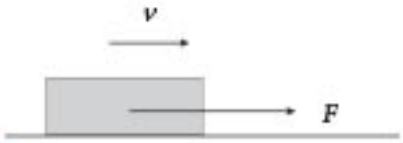


Figura 3. Forca vepron në drejtimin dhe kahun e lëvizjes së trupit.

B) Kur forca që vepron mbi trupin formon një kënd α me sipërfaqen nëpër të cilën zhvendoset trupi (figura 4).

Në këtë rast punë kryen vetëm përbërësja e forcës që është në drejtim të zhvendosjes së trupit (F_x), pra puna është:

$$A = F_x s = Fs\cos\alpha$$

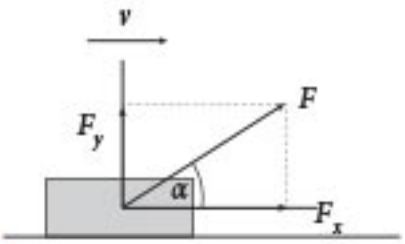


Figura 4. Forca formon kënd α me sipërfaqen sipas të cilës trupi kryen zhvendosje

Shembull

Në varësi nga ajo se si është e orientuar forca në lidhje me zhvendosjen:

i) puna që e kryen forca është pozitive nëse

$$0 \le \alpha < 90^0$$

Kur e shtyjmë kutinë nëpër dysheme, forca me të cilën e shtyjmë është me drejtim dhe kah të njëjtë sikurse lëvizja: puna është pozitive.

ii) puna që e kryen forca është zero nëse

$\alpha = 90^0$ ose $F = 0$ N

Forca gravitacionale që e mban Hënën në orbitë rrethore është e orientuar kah Toka, përderisa vektori i zhvendosjes është sipas tangjentës së vijës rrethore: puna është zero, meqë këndi mes forcës dhe zhvendosjes është 90°.

iii) puna që e kryen forca është negative nëse

$$90^0 < \alpha \le 180^0$$

Forca e fërkimit gjatë rrëshqitjes i kundërvihet lëvizjes: dhe në këtë rast themi se puna është negative.

Shembull i zgjidhur 1:

Në një trup me masë $m = 70$ kg, të vendosur në sipërfaqe horizontale vepron forca konstante $F =$ 2000 N paralel me sipërfaqen. Trupi kryen lëvizje nëpër sipërfaqe duke kaluar rrugë $s = 500$ m. Koeficienti i fërkimit ndërmjet sipërfaqes dhe trupit është $\mu = 0{,}1$. Llogarit punën që e kryen forca tërheqëse, forca e fërkimit si dhe forca rezultante që vepron te trupi. Gjatë kësaj për secilën punë të kryer përcakto nëse është ose jo pozitive?

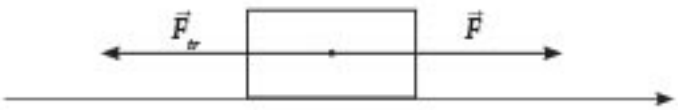


Figura 5. Diagrami i forcave

Është dhënë:

$m = 70\ \text{kg};\quad F = 2000\ \text{N};\quad s = 500\ \text{m};\quad \mu = 0{,}1$

Kërkohet:

$A_1 = ?;\quad A_2 = ?;\quad A = ?$

Zgjidhje:

Puna e forcës tërheqëse F llogaritet sipas barazimit

$A_1 = Fs\cos\alpha$

$\cos 0^0 = 1$ domethënë

$A_1 = Fs\cos 0^0 = F \cdot s = 2000\ \text{N} \cdot 500\ \text{m} = 1000000\ \text{J} = 10^6\ \text{J}$

Për punën e forcës së fërkimit F_{fr} fitohet

$A_2 = F_{fr} \cdot s \cdot \cos\alpha = F_{fr} \cdot s \cdot \cos(180^0) = \mu mgs(-1) =$

$-0{,}1 \cdot 70\ \text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 500\ \text{m} = -34335\ \text{J}$

Për punën e forcës rezultante që vepron te trupi fitohet duke i mbledhur punët e kryera nga të dy forcat

$A = A_1 + A_2 = 1000000\ \text{J} - 34335\ \text{J} = 965665\ \text{J}$



▲ Figura 6. Topi i boullingut godet birilat dhe bëhet ndryshimi i energjisë kinetike të topit dhe të birilave

Puna dhe energjia kinetike

Gjatë lojës së boullingut, topi përplaset me birilat, me ç'rast ndryshon shpejtësia si e topit ashtu edhe e birilave (figura 6). Kjo do të thotë se topi ia jep një pjesë të energjisë së tij birilave.

Le të llogarisim punën që kryen topi kur vepron mbi birilin me masë m.

Nën veprimin e topit, birili me masë m fiton nxitim a, pra vlen Ligji i Dytë i Njutnit:

$$F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = m\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

Shpejtësia e birilit ndryshon në mënyrë të njëtrajtshme. Prandaj, rruga e përshkuar nga birili nën veprimin e topit mund të shënohet si prodhim i shpejtësisë mesatare që ka birili gjatë gjithë lëvizjes dhe kohës së lëvizjes:

$$s = v_{sr}\Delta t = \frac{v_2 + v_1}{2}\Delta t$$

Puna që e kryen topi është:

$$A = Fs = mas = m\frac{\Delta v}{\Delta t}s = m\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}\frac{v_1 + v_2}{2}\Delta t$$

Prej nga për punën që e kryen topi fitohet:

$$A = \frac{m}{2}(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) \text{ ose}$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

Nga më herët e dimë se shprehja $\frac{mv_2^2}{2}$ është energjia kinetike e birilit pasi në të ka vepruar topi, ndërsa $\frac{mv_1^2}{2}$ është energjia kinetike e birilit para veprimit të topit. Prej nga për punën që e kryen topi fitohet:

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

Domethënë, puna që e kryen topi është e barabartë me ndryshimin e energjisë kinetike të birilit ose energjia kinetike e birilit rritet si rezultat i punës që e kryen topi mbi të.

Puna e përgjithshme e të gjitha forcave që veprojnë te trupi është e barabartë me ndryshimin e energjisë kinetike të trupit nën veprimin e atyre forcave. $A = E_{k2} - E_{k1}$

Shembull i zgjidhur 2:

Një automobil lëviz me një shpejtësi të caktuar dhe shoferi shtyp frenat me një forcë të caktuar, kështu që automjeti ndalet pas një rruge s_1. Tani imagjino që automjeti lëviz dy herë më shpejt, dhe shoferi sërish shtyp frenat me të njëjtën forcë si më parë. Sa herë më e gjatë do të jetë rruga e frenimit? Shpjego!

Përgjigje:

Në këtë rast forca e fërkimit është ajo që kryen punë. Sipas definicionit, puna e forcës së fërkimit kur automjeti lëviz me shpejtësi v_1:

$$A_1 = \Delta E_{k1}$$

$$-F_{fr}s_1 = 0 - \frac{mv_1^2}{2}$$

Kur automobili do të lëvizë me shpejtësi dy herë më të madhe, domethënë $v_2 = 2v_1$, puna e forcës së fërkimit do të jetë

$$A_2 = \Delta E_{k2}$$

$$-F_{fr}s_2 = 0 - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{m(2v_1)^2}{2} = 4A_1$$

Nëse forca me të cilën vozitësi shtyp në frena në rastin e dytë është e njëjtë, rrjedh se

$$\frac{s_2}{s_1} = 4 \text{ domethënë } s_2 = 4s_1$$

Me rritjen e shpejtësisë fillestare të automobilit, energjia e tij kinetike do të rritet 4 herë, dhe kështu edhe rruga që automjeti do të përshkojë deri në ndalimin e plotë do të jetë 4 herë më e madhe se më parë. Kjo është një nga arsyet pse edhe një rritje e vogël e shpejtësisë së mjetit mbi të lejuarën mund të shkaktojë pasoja katastrofike, si për shoferin e automobilit ashtu edhe për këmbësorët.

Shembull i zgjidhur 3:

Në një pjesë të rrugës e cila është e mbuluar me akull, koeficienti i fërkimit ndërmjet gomave dhe sipërfaqes është përgjysmuar. Sa herë duhet të zvogëlohet shpejtësia e automjetit që rruga e nevojshme për frenim të mbetet e njëjtë si në rrugë të thatë? Shoferi shtyp frenat me të njëjtën forcë.

Përgjigje:

Edhe në këtë rast punën e kryen forca e fërkimit. Kjo punë, për koeficientin e fërkimit μ përcaktohet me barazimin:

$$A_1 = \Delta E_{k1}$$

$$-F_{fr1}s = 0 - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$-\mu mgs = -\frac{mv_1^2}{2}$$

Kur automjeti lëviz në një pjesë të rrugës me akull, ku koeficienti i fërkimit është $\frac{\mu}{2}$ puna e forcës së fërkimit në këtë rast do të jetë

$$A_2 = \Delta E_{k2}$$

$$-F_{fr2}s = 0 - \frac{mv_2^2}{2}$$

$$-\frac{\mu}{2}mgs = -\frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{\frac{\mu}{2}mgs}{\mu mgs} = \frac{\frac{mv_2^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}}$$

Për shpejtësinë që e ka automobili kur lëviz nëpër rrugën me akull fitohet

$$v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{2}}$$

Prandaj, në kushte rrugësh me lagështi dhe rrugëve me akull (figura 7), rekomandohet përshtatja e shpejtësisë me kushtet e rrugës, pa marrë parasysh shenjat e trafikut të vendosura përgjatë rrugës të cilat lejojnë edhe një shpejtësi shumë më të madhe të vozitjes.



▲ Figura 7. Automobili lëviz nëpër rrugën e mbuluar me akull

Shembull i zgjidhur 4:

Një automobil me masë $m = 1$ t duke filluar nga vendi, për kohën $t = 20$ s e kalon rrugën $s = 900$ m. Sa punë do të kryejë automobili deri në fund të rrugës dhe sa është energjia kinetike e tij në atë çast?

Është dhënë:

$m = 1$ t; $t = 20$ s; $s = 900$ m

Kërkohet:

$A = ?$; $E_1 = ?$

Zgjidhje:

Duke filluar nga barazimi për punën si dhe nga barazimet për lëvizjen drejtvizore njëtrajtësisht të nxituar fitohet:

$$A = Fs \qquad F = ma \qquad s = \frac{at^2}{2} \qquad a = \frac{2s}{t^2}$$

$$A = mas = m\frac{2s}{t^2}s = \frac{2ms^2}{t^2} = \frac{2 \cdot 1000\ \text{kg} \cdot (900\ \text{m})^2}{(20\ \text{s})^2} =$$

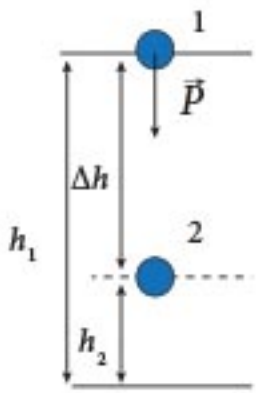
$$= 4050000\ \text{J}$$

Duke përdorur shprehjen për energji kinetike $E_k = \frac{mv^2}{2}$, si dhe shprehjen për shpejtësinë në fund të rrugës $v = at = \frac{2s}{t^2}t = \frac{2s}{t}$ fitohet

$$E_k = \frac{m\left(\frac{2s}{t}\right)^2}{2} = \frac{4s^2m}{2t^2} = \frac{2s^2m}{t^2} = \frac{2\cdot(900\,\text{m})^2\cdot 1000\,\text{kg}}{(20\,\text{s})^2}$$

$= 4050000\,\text{J}$

Nga rezultatet e fituara mund të vërehet se e tërë puna që e kryen automobili çon në rritje të energjisë kinetike.



▲ Figura 8. Trupi bie nën veprimin e forcës së rëndesës së Tokës

Puna dhe energjia potenciale

A) Puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës

Në trupin me masë m i cili ndodhet në afërsi të sipërfaqes së Tokës (figura 8) vepron forca e rëndesës së Tokës. Nëse trupi nuk është i fiksuar atëherë ai fillon të bie. Forca e rëndesës së Tokës është forca e cila kryen punë dhe e vë në lëvizje trupin. Sa është puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës në këtë situatë?

Forca e rëndesës së Tokës është e barabartë me:

$$A = P\Delta h = mg\Delta h = mg(h_1 - h_2)$$

Domethënë:

$$A = -mg(h_2 - h_1) = -(mgh_2 - mgh_1)$$

Nga më herët e dimë se prodhimi i masës së trupit, nxitimit gravitacional dhe lartësisë në të cilën ndodhet trupi e jep energjinë potenciale të tij respektivisht $mgh = E_p$.

Prandaj për punën që e kryen forca e rëndesës së Tokës mund të shkruajmë:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Ky barazim tregon se puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës çon në zvogëlimin e energjisë potenciale të trupit.

Shembull i zgjidhur 5:

Një topth me masë $m = 200\,\text{g}$, i vendosur në skajin e poshtëm të një pllake të pjerrët, fiton një shpejtësi fillestare dhe duke lëvizur për lartë sipas pllakës së pjerrët përshkon rrugën $s = 4\,\text{m}$. Nëse këndi i pllakës së pjerrët është $\alpha = 30^\circ$, llogarit ndryshimin e energjisë potenciale të topthit.. ($g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

Është dhënë:

$m = 200\,\text{g} = 0{,}2\,\text{kg}$; $s = 4\,\text{m}$; $\alpha = 30^\circ$

Kërkohet:

$\Delta E_p = ?$

Zgjidhje:

Për ndryshimin e energjisë potenciale të topthit shkruajmë:

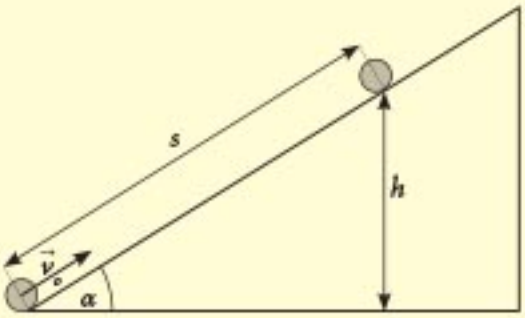
$$\Delta E_p = mg\Delta h = mgh$$

Duke përdorur varësinë trigonometrike mes rrugës s dhe lartësisë h deri tek e cila ka arritur trupi

$$h = s \cdot \sin\alpha$$

dhe duke zëvendësuar h në barazimin e mëparshëm fitohet

$$\Delta E_p = mgh = mgs\sin 30^0 = 0,2\,\text{kg} \cdot 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4\,\text{m} \cdot 0,5 = 3,924\,\text{J}$$



▲ Figura 9. Topthi lëviz në rrafsh të pjerrët

B) Puna e forcës elastike te susta e deformuar

Nëse para një suste të ngjeshur vendosim një topth (figura 9), pas lëshimit të sustës, ajo do të veprojë mbi topthin me forcë dhe do ta vë në lëvizje. Në këtë proces, punën e kryen forca elastike që shfaqet për shkak të deformimit të sustës. Kjo forcë vepron derisa susta të mos kthehet në gjatësinë e saj fillestare, pra gjatësinë "normale". Është e rëndësishme të theksohet se forca elastike nuk është konstante, por ndryshon meqë susta është e deformuar.

Prandaj, puna që e kryen forca elastike llogaritet përmes forcës mesatare, me barazimin: $A = F_m\Delta x$

Forca mesatare llogaritet përmes forcës përfundimtare (F_2) dhe forcës fillestare (F_1) si: $F_m = \dfrac{F_1 + F_2}{2}$

Në këtë rast për punën që e kryen forca elastike merret:

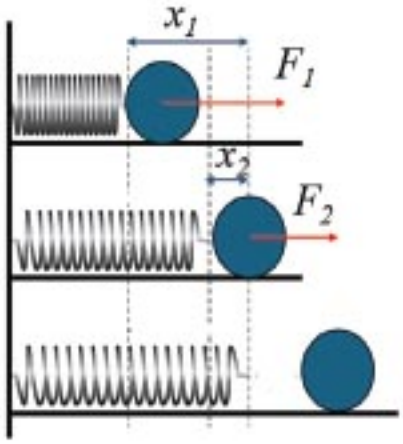
$$A = \frac{1}{2}(F_1 + F_2)(x_1 - x_2)$$

$$A = \frac{1}{2}(kx_1 + kx_2)(x_1 - x_2) \text{ ose}$$

$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} = E_{p1} - E_{p2}$$

Nëse barazimin e fundit e shënojmë pak më ndryshe, fitohet:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p$$



▲ Figura 10. Energjia potenciale elastike e sustës kalon në energji kinetike të topthit.

Puna e forcës elastike është e barabartë me zvogëlimin e energjisë potenciale të sustës së deformuar.

Çfarë mendon, a do të ketë ndonjë ndryshim në punën që kryen forca elastike nëse susta, në vend që të jetë e ngjeshur, është e zgjatur?

Fuqia

Nga përvoja e dimë se puna mund të kryhet për intervale kohore të ndryshme. Për shembull, për t'u ngjitur në këmbë deri në katin e 10-të të ndërtesës do të të duhen disa minuta, ndërsa ashensori ngjitet për më pak se gjysmë minute. E njëjta punë kryhet për kohë më të shkurtër.

Madhësia fizike që përcakton sa punë kryhet në njësi të kohës quhet fuqi.

Fuqia është e barabartë me herësin e punës së kryer dhe kohës së nevojshme që të kryhet ajo punë. Fuqia llogaritet me formulën:

$$P = \frac{A}{t}$$

Njësia e fuqisë është vati (W). Fuqia është 1 W kur për kohën prej 1 s kryhet punë prej 1 J.

Koeficienti i veprimit të dobishëm të makinave

Motori kryen punë duke i përballuar forcat e rezistencës që veprojnë tek automobili, ndërsa energjinë e merr nga karburanti që digjet. Energjia e erës shndërrohet në energji elektrike me ndihmën e helikave të mullinjve të erës.

Për shndërrimin e energjisë nga një formë në formën tjetër përdoren makina të ndryshme. Por, në botën reale gjithmonë ekzistojnë disa humbje të energjisë. Kjo do të thotë se gjatë shndërrimit të energjisë në punë, gjithmonë puna që e kryen makina është më e vogël se energjia e harxhuar.

Koeficienti i veprimit të dobishëm tregon se cilën pjesë të energjisë së harxhuar makina e ka shndërruar në punë të dobishme.

Thënë më saktë, koeficienti i veprimit të dobishëm të makinave është herësi i punës që e ka kryer makina (punës së dobishme A_d) dhe punës (apo energjisë) së harxhuar (punës së harxhuar A_h) për kryerjen e asaj pune.

Koeficienti i veprimit të dobishëm shprehet në përqindje, domethënë

$$\eta = \frac{A_d}{A_h} \cdot 100\%$$

Të njëjtin barazim për koeficientin e veprimit të dobishëm mund ta shkruajmë edhe përmes fuqisë

$$\eta = \frac{P_d}{P_h} \cdot 100\%$$

Makinat te të cilat koeficienti i veprimit të dobishëm është përafërsisht me 1, llogariten si makina ekonomike dhe me efikasitet të lartë.

Mendo dhe përgjigju pse koeficienti i veprimit të dobishëm asnjëherë nuk mund të jetë 100%? Përgjigjen tënde shoqëroje me shembuj konkret.

Shembull i zgjidhur 6:

Një ngritëse ka aftësinë të ngre ngarkesën me masë prej $m = 1{,}2$ t për kohën prej $t = 0{,}5$ min në lartësinë $h = 6$ m. Koeficienti i veprimit të dobishëm të saj është $\eta = 0{,}9$. Llogarit fuqinë e harxhuar të ngritëses $P_v \cdot (g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

Është dhënë:

$m = 1{,}2$ t

$t = 0{,}5$ min

$\eta = 0{,}9$

$h = 6$ m

Kërkohet:

$P_h = ?$

Zgjidhje:

Duke filluar nga barazimi për koeficientin e veprimit të dobishëm $\eta = \frac{P_d}{P_h}$, për fuqinë e harxhuar fitohet $P_v = \frac{P_d}{\eta}$. Me zëvendësim të shprehjes për fuqinë e dobishme $P_d = \frac{A}{t} = \frac{mgh}{t}$, fitohet

$$P_h = \frac{P_d}{\eta} = \frac{\frac{mgh}{t}}{\eta} = \frac{mgh}{\eta t} = \frac{1200\ \text{kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6\ \text{m}}{0{,}9 \cdot 30\ \text{s}} = 2616\ \text{W}$$

Nëse do të dish më tepër:

➤ Çka është kilovat-ora?

Kilovat-ora (kWh) është njësia për energjinë e cila përdoret për matje të energjisë elektrike që e harxhojnë pajisjet në shtëpitë tona, në zyra dhe në industri. Një kilovat-orë paraqet energjinë e harxhuar kur pajisja me fuqi prej 1000 vat (1 kW) punon për një orë.

Faturat për rrymën e përdorin këtë njësi që të tregojnë sa energji kemi harxhuar dhe e bëjnë një përmbledhje të kostos të rrymës së harxhuar.

Për shembull, nëse ngrohësi që ka fuqi 2000 W punon për 3 orë, do të harxhojë

$2\ \text{kW} \cdot 3\ \text{h} = 6\ \text{kWh}$.

Një frigorifer, harxhon përafërsisht 1-2 kWh në ditë.

Një automobil elektrik harxhon rreth 15-20 kWh për 100 km.

Për ta shndërruar 1 kWh në xhul, e përdorim definicionin:

$1\ \text{kWh} = 1000\ \text{W} \cdot 3600\ \text{s} = 3600000\ \text{J} = 3{,}6\ \text{MJ}$

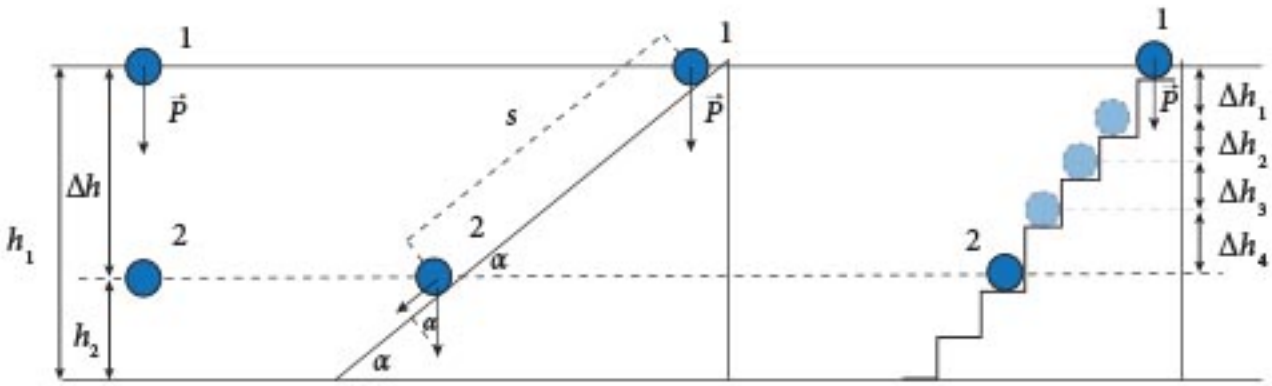
Pyetje dhe detyra:

1. Një trup kalon një rrugë të caktuar. Cilat të dhëna të duhen për të llogaritur punën e trupit?
2. Mendo sikur po e tërheq një valixhe mbi një sipërfaqe horizontale. Nën çfarë këndi ndaj horizontales duhet të veprosh me forcë ashtu që të kryesh punë minimale? Arsyeto.
3. Përkufizo punën prej 1 J.
4. Kur një forcë themi se kryen punë negative?
5. Shpjego varësinë e fuqisë së një trupi nga madhësitë fizike punë dhe kohë.
6. Nëse energjia potenciale e një trupi rritet katër herë, kjo do të thotë se atij i ka ndryshuar lartësia $\Delta h = 60$ m. Llogarit lartësinë në të cilën ndodhej trupi në të dy rastet.
7. Nën veprimin e forcës tërheqëse të motorit $F = 2$ kN, automjeti arrin shpejtësinë $v = 72\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Nëse koeficienti i veprimit të dobishëm i shprehur në përqindje është 88%, llogarit fuqinë e motorit.
8. Motori i një ngritëseje ka aftësinë të ngre një ngarkesë me masë $m = 60$ t, зpër kohën $t = 10$ s në lartësinë $h = 6$ m. Motori i një avioni pasagjerësh, me forcë shtytëse $F = 90$ kN, arrin shpejtësinë $v = 260\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Llogarit herësin e fuqive të të dy motorëve.

3.3 Ligji i ruajtjes së energjisë

Forcat konservative dhe puna e forcave konservative

Shembull: le të shqyrtojmë lëvizjen e një topthi që bie nga një lartësi në afërsi të sipërfaqes së Tokës, rrëshqitjen e tij përgjatë një rrafshi të pjerrët pa fërkim, si dhe zbritjen e tij nëpër shkallë pa kërcime (figura 1). Në të gjitha këto tri situata, mbi topth vepron forca e rëndesës së Tokës. Pavarësisht nga trajektoret e ndryshme, në secilin prej rasteve topthi lëviz për poshtë nën veprimin e të njëjtës forcë – forcës së rëndesës së Tokës.



▲ Figura 1. Topthi bie nga lartësia h, topthi lëshohet sipas rrafshit të pjerrët nga lartësia h dhe topthi lëshohet nëpër shkallë me lartësi h.

Puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës në rastin e parë është: $A = P\Delta h = mg\Delta h$.

Le të shohim se me çfarë është e barabartë puna e forcës së rëndesës së Tokës në rastin e dytë.

Në rastin e dytë kryen punë vetëm përbërësja P_x

Prandaj $A = P_x s$

Sipas rregullës për trekëndësha të ngjashëm vlen:

$\frac{P_x}{P} = \frac{\Delta h}{s}$ domethënë $P_x s = P\Delta h$ ku me zëvendësimin e $P = mg$ fitohet, $P_x s = mg\Delta h$, domethënë për punën që e kryen forca e rëndesës së Tokës fitohet $A = mg\Delta h$

Në rastin e tretë kur topthi lëshohet shkallëve, puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës është:

$A = mg\,\Delta h_1 + mg\,\Delta h_2 + mg\,\Delta h_3 + mg\,\Delta h_4 = mg(\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4)$.

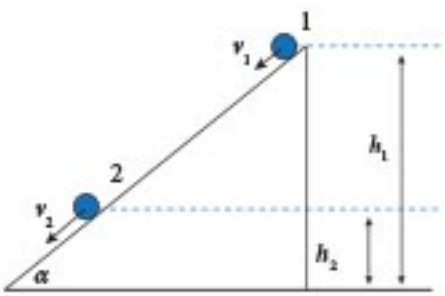
Nga skica e figurës 1 mund të shihet se $\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$ dhe për punën që e kryen forca e rëndesës së Tokës fitohet $A = mg\,\Delta h$

Mund të vërehet se në të gjitha këto tri raste, puna që kryen forca e rëndesës së Tokës është e njëjtë.

Pavarësisht nëse trupi bie nga një lartësi h, apo lëshohet nëpër një rrafsh të pjerrët pa fërkim, apo lëshohet nëpër një trajektore me formë tjetër, puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës është e njëjtë.

Në natyrë ekzistojnë forca të tilla që, gjatë ndryshimit të pozitës së trupit, puna që e kryejnë këto forca nuk varet nga trajektorja nëpër të cilën lëviz trupi, por vetëm nga pozita fillestare dhe pozita përfundimtare e tij. Këto forca quhen **forca konservative**, ndërsa sistemet në të cilat veprojnë forcat konservative quhen sisteme konservative. Të mbetet ty të përcaktosh nëse puna e forcave konservative varet nga përzgjedhja e sipërfaqes referente në lidhje me të cilën është ngritur trupi.

Ligji i ruajtjes së energjisë mekanike



▲ **Figura 2.** Topthi lëshohet përgjatë rrafshit të pjerrët pa fërkim

Shuma e energjisë potenciale dhe kinetike në një sistem quhet **energjia e përgjithshme mekanike** e sistemit dhe shënohet me E.

$$E = E_p + E_k$$

Në figurën 2 është treguar trupi i cili rrëshqet pa fërkim. Në pikën fillestare 1, trupi ka shpejtësi fillestare v_1, ndërsa në pikën 2 ka shpejtësi v_2.

Puna e përgjithshme që e kryen forca e rëndesës së Tokës është e barabartë me ndryshimin e energjisë kinetike të trupit.

$$A = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$$

Nga ana tjetër kemi thënë se puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës është:

$$A = -\Delta E_p = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Nga ku rrjedh se

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}) \text{ ose } E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p2}$$

$$E_2 = E_1$$

Në sistemet konservative energjia e përgjithshme mekanike nuk ndryshon.

Ky ligj quhet ligji për ruajtje të energjisë mekanike. Ligji për ruajtje të energjisë mekanike vlen në sistemet konservative, domethënë në sistemet në të cilat dominojnë forcat konservatore.

Shembull i zgjidhur 1:

Në majën e një rrafshi të pjerrët, në lartësinë $h = 10\ \text{m}$, është vendosur një pllakë. Nën veprimin e forcës së rëndesës së Tokës, pllaka fillon të rrëshqasë përgjatë rrafshit të pjerrët. Në çfarë lartësie të matur në lidhje me bazën, pllaka do të ketë shpejtësi $v = 6\frac{\text{m}}{s}$? Forca e fërkimit ndërmjet pllakës dhe rrafshit të pjerrët të mos përfillet. ($g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

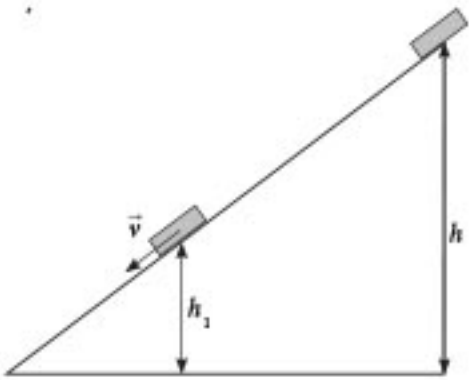


Figura 3. Pllaka lëviz përgjatë rrafshit të pjerrët

Udhëzime:

Gjatë zgjidhjes së detyrave nga lëmia e mekanikës gjithmonë ke parasysh se është e mundur të përdorësh ligjin e ruajtjes së energjisë mekanike dhe ashtu më lehtë do të vish deri te rezultati i dëshiruar.

Është dhënë:

$h = 10\ \text{m};\qquad v = 6\frac{\text{m}}{\text{s}};\qquad g = 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Kërkohet:

$h_1 = ?$

Zgjidhje:

Sipas ligjit të ruajtjes së energjisë mekanike shënojmë

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2}$$

Para se të fillojë pllaka të rrëshqasë përgjatë rrafshit të pjerrët energjia kinetike e saj është $E_{k1} = 0$, pra fitohet

$$E_{p1} = E_{p2} + E_{k2}$$

Duke zëvendësuar shprehjet për energji kinetike dhe potenciale

$mgh = mgh_1 + \frac{mv^2}{2}$ si dhe duke thjeshtuar anëtarin m kemi:

$$gh = gh_1 + \frac{v^2}{2}$$

nga barazimi i fundit për h_1 fitohet

$$h_1 = \frac{gh - \frac{v^2}{2}}{g} = 10\ \text{m} - \frac{\left(6\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)^2}{2} = 8{,}2\ \text{m}$$

Por, çka ndodh nëse ekzistojnë edhe forcat e rezistencës së mjedisit, si për shembull forcat e fërkimit?

Forcat jokonservative

Ndryshe nga forcat konservative, forcat jokonservative karakterizohen nga fakti se puna që kryejnë ato varet nga trajektorja sipas të cilës lëviz trupi, dhe jo vetëm nga pozita fillestare dhe përfundimtare e trupit.

Për shembull, nëse një trup zbret nga një lartësi e caktuar h sipas trajektoreve të ndryshme, dhe gjatë kësaj forca e fërkimit nuk mund të shpërfillet, atëherë puna e forcës së fërkimit do të varet nga gjatësia e përgjithshme e trajektores, dhe jo vetëm nga ndryshimit të lartësisë së pozitës fillestare dhe pozitës përfundimtare të trupit. Për këtë arsye këto forca quhen forca jokonservative. Forca e fërkimit është forcë jokonservative.

Ligji i ruajtjes së energjisë

Kur forca e fërkimit kryen punë mbi një trup, energjia e përgjithshme mekanike e trupit zvogëlohet. Thuhet se energjia mekanike, në prani të forcave jokonservative, nuk ruhet.



▲ Figura 4. Meteori

Megjithatë, energjia nuk humbet. Humbjet në energji mekanike të shkaktuara nga fërkimi shndërrohet në energji termike, ku sasia e nxehtësisë së krijuar gjatë fërkimit është e barabartë me sasinë e energjisë mekanike të humbur.

Gjatë lëvizjes së një meteori nëpër atmosferë, për shkak të fërkimit me ajrin, një pjesë e energjisë mekanike të tij shndërrohet në energji termike (figura 4).

Lidhja ndërmjet punës që e kryen forca jokonservative dhe ndryshimit të energjisë mekanike jepet me barazimin:

$$A = \Delta E = E_2 - E_1$$

Pra,

> Puna që kryejnë forcat jokonservative është e barabartë me ndryshimin e energjisë mekanike.

Ky barazim mund të shënohet edhe si:

$$E_2 = E_1 + A$$

Kur punën e kryen forca e fërkimit, puna është negative, që do të thotë se energjia mekanike në pozitën përfundimtare është më e vogël se energjia mekanike në pozitën fillestare, ndërsa ndryshimi i energjive është shndërruar në nxehtësi (ose në ndonjë formë tjetër).

Shembull i zgjidhur 2:

Një top futbolli me masë 40 g, pas goditjes nga futbollisti lëviz me shpejtësi 30 m/s. Duke lëvizur mbi bar, pasi të ketë përshkuar një distancë prej 40 m shpejtësia e topit zvogëlohet në 20 m/s. Koeficienti i fërkimit midis topit dhe barit është 0,15. Llogarit:

a) ndryshimin e energjisë kinetike të topit.
b) sa punë kryen forca e fërkimit.

A është harxhuar e tërë energjia mekanike për të përballuar forcën e fërkimit?

Është dhënë:

$m = 430\ \text{g} = 0{,}43\ \text{kg}$

$v_1 = 30\ \text{m/s}$

$v_2 = 20\ \text{m/s}$

$s = 40\ \text{m}$

$\mu = 0{,}15$

Zgjidhje:

a) $\Delta E_k = ?$

Ndryshimi i energjisë kinetike të topit është:

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$$

$$\Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\Delta E_k = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Delta E_k = -107{,}5\ \text{J}$$

b) Puna që e kryen forca e fërkimit është:

$$A = -F_{fr}s$$

$$A = -\mu mgs$$

$$A = -\mu mgs$$

$$A = -25{,}3\ \text{J}$$

Nga rezultatet e fituara mund të përfundohet se e gjithë energjia e harxhuar nuk shpenzohet për të përballuar forcën e fërkimit. A mund të përgjigjesh se ku është "humbur" pjesa tjetër e energjisë?

Nëse do të dish më tepër:

- Si çoi ligji i ruajtjes së energjisë deri te zbulimi i një grimce të re

  Në vitin 1930, fizikani Volfgang Pauli u përball me një mister. Gjatë zbërthimit së disa bërthamave atomike, energjitë e grimcave para dhe pas zbërthimit nuk përputheshin. Sipas ligjit të ruajtjes së energjisë, kjo nuk do të duhej të ndodhte.

  Diçka mungonte.

  Pauli propozoi që ekzistonte një grimcë e padukshme, e cila mbante një pjesë të energjisë dhe impulsit – por që nuk mund të vërehej lehtë, sepse nuk kishte ngarkesë elektrike dhe pothuajse nuk bashkëvepronte (goditej) fare me materien. Më vonë, kjo grimcë u quajt neutrino, që do të thotë "neutral i vogël" (në italisht).

  Për vite me radhë neutrino ishte vetëm teori, por në vitin 1956 shkencëtarët më në fund arritën ta zbulonin atë edhe eksperimentalisht. Kjo ishte një arritje e madhe për fizikën – një dëshmi që natyra me të vërtetë "e respekton" energjinë, edhe kur ne nuk mund ta shohim menjëherë të gjithë procesin.

- Ligji për masë-energji

  Në vitin 1905, Albert Ajnshtajni propozoi zbulimin e tij të njohur: $E = mc^2$. Ky barazim tregon se masa dhe energjia janë në fakt dy forma të ndryshme të të njëjtës gjë. Sipas Ajnshtajnit, edhe masa ka energji, dhe jo vetëm energji potenciale apo kinetike, por edhe si energji "ndërtuese" që mund të çlirohet në kushte të caktuara.

  Ky zbulim ndryshoi në mënyrë të thellë kuptimin e ligjit të ruajtjes së energjisë. Deri atëherë, ligjet e fizikës thoshin se energjia nuk mund të shfaqej ose të zhdukej, por vetëm të shndërrohej nga një formë në tjetrën. Mirëpo, me $E = mc^2$, Ajnshtajni tregoi lidhjen midis masës dhe energjisë, domethënë se masa mund të shndërrohet në energji, dhe energjia mund të shndërrohet në masë.

  Kjo ndodh gjatë reaksioneve bërthamore. Në yje, ashtu si edhe në centralet bërthamore, një pjesë e vogël e masës së bërthamës atomike shndërrohet në një sasi të madhe energjie. Kjo do të thotë se kur flasim për ruajtjen e energjisë, duhet të marrim parasysh edhe energjinë "e fshehur" që gjendet në vetë masën.

Pyetje dhe detyra:

1. Një shigjetar hedh vertikalisht lart një shigjetë e cila arrin lartësinë $h = 30$ m. Me çfarë shpejtësie shigjeta do të bjerë në Tokë? Rezistenca e ajrit të anashkalohet.
2. Një trup me masë $m = 200$ g, i cili ndodhet në një lartësi h, lëshohet të bjerë lirshëm. Në çastin kur energjia e tij potenciale zvogëlohet tri herë, energjia e tij kinetike rritet me 50 J. Llogarit lartësinë e dhënë.
3. Një trup është lëshuar të bjerë lirshëm nga një lartësi $h = 1{,}2$ km. Llogarit shpejtësinë e trupit në çastin kur energjia potenciale e tij do të jetë katër herë më e vogël se energjia kinetike.
4. Një trup me masë 200 g është lëshuar të bjerë lirshëm nga një lartësi h. Në çastin kur energjia potenciale e tij zvogëlohet tri herë, energjia kinetike e tij rritet me 50 J. Llogarit lartësinë e dhënë.
5. Një karrocë, e cila lëshohet nga një lartësi $2{,}5\,R$, a do të mund ta kalojë "shtegun e vdekur" (figura 5) nëse:
   a) karroca lëviz pa shpejtësi fillestare dhe pa fërkim,
   b) karroca ka shpejtësi fillestare dhe nuk ka fërkim,
   c) karroca nuk ka shpejtësi fillestare dhe ekziston forcë fërkimi?



Figura 5. Rruga e vdekur

Mendo si shkencëtar

A e di si funksionojnë trenat rrotullues (roller coaster)? Pse treni fillon lëvizjen nga pika më e lartë e hekurudhës? Pse, kur hyn në „shtegun e vdekur" (lakesë), nuk del prej saj? Dhe sa i rrezikshëm mund të jetë udhëtimi me trenin rrotullues?

Titulli i hulumtimit shkencor: Dizajnimi i një treni rrotullues dhe ligji i ruajtjes së energjisë.

Në këtë aktivitet do të marrësh rolin e një inxhinieri i cili duhet të projektojë një tren të sigurt rrotullues, por emocionues. Për këtë do të të nevojiten njohuritë themelore nga fizika.

Do të përdorësh llogaritje të thjeshta për të kontrolluar nëse dizajni yt është fizikisht i mundshëm, i sigurt dhe mjaftueshëm emocionues!

Sfida jote:

Hapi 1: Vizato në një fletë letre skicën e një treni rrotullues që përbëhet nga:


Figura 6. Treni rrotullueese në pikën më të lartë të „shtegut të vdekur" (lakesë)

- një pikë e lartë fillestare,
- dy pika më të ulëta,
- dhe një „shteg i vdekur“ (lakesa).

Mendo: A duhet të kesh kujdes për rendin e këtyre elementeve?

Hapi 2: Vendos vlerat e tua për::
- lartësinë e tri pikave,
- rrezen e „shteg i vdekur“ (rrezen e lakesës),
- gjatësinë e rrugës nga fillimi deri te „shteg i vdekur“.

Si ndihmë mund të përdorësh të dhëna nga:
- https://rcdb.com
- https://coasterpedia.net

Hapi 3: Sipas skicës tënde dhe vlerave të vendosura, bëj llogaritjet për:
- Energjinë potenciale fillestare të trenit me masë 1000 kg (treni + 6 udhëtarë).
- Shpejtësinë e trenit në fundin e pikës së parë:
  - nëse nuk ka forcë fërkimi,
  - nëse koeficienti i fërkimit është 0,15.

Hapi 4: Treni arrin tek elementi i dytë me shpejtësinë nga pika më e ulët.
- A do të mund ta kalojë atë nëse fërkimi është i papërfillshëm?
- Po nëse fërkimi nuk mund të shpërfillet?

Mendo: A duhet ta ndryshosh renditjen e elementeve në trenin tënd rrotullues?

Hapi 5: Duke ditur se nxitimi i sigurt për njerëzit është deri në 4 g, përcakto:
- A është dizajni yt i sigurt?

Hapi 6: Verifiko nëse treni mund të kalojë të gjitha elementet:
- nëse fërkimi është i papërfillshëm, dhe
- nëse fërkimi ka ndikim real.

Për ndihmë vizuale përdor simulimin interaktiv:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park

Rezyme:

- Energjia që e kanë trupat si rezultat i lëvizjes, pozitës, apo deformimit quhet energji mekanike.
- Ekzistojnë dy lloje të energjisë mekanike: energjia kinetike dhe energjia potenciale, të cilat lehtësisht shndërrohen nga njëra formë në tjetrën.
- Energjia që e kanë trupat në lëvizje quhet energji kinetike dhe llogaritet sipas formulës: $E_k = \frac{mv^2}{2}$.
- Energji potenciale është energjia që trupi e ka për shkak të pozitës ose gjendjes së tij.
- Energjia që e posedon një trup, i cili ka potencial të lëvizë pasi është ngritur në një lartësi të caktuar në lidhje me Tokën, quhet energji potenciale gravitacionale dhe llogaritet sipas formulës: $E_p = mgh$
- Energjia që e ka një sustë e deformuar quhet energji potenciale elastike dhe llogaritet sipas formulës: $E_p = \frac{k\Delta l^2}{2}$.
- Prodhimi i forcës dhe zhvendosjes së trupit nën veprimin e kësaj force quhet punë mekanike dhe llogaritet sipas formulës: $A = \vec{F}\Delta\vec{r}$.
- Njësia për punë mekanike është xhuli (J).
- Puna e përgjithshme e të gjitha forcave që veprojnë mbi një trup të dhënë është e barabartë me ndryshimin e energjisë kinetike të trupit nën veprimin e atyre forcave: $A = E_{k2} - E_{k1}$.
- Puna që e kryen forca e rëndesës së Tokës është e barabartë me zvogëlimin e energjisë potenciale të trupit, pra: $A = -(E_{p2} - E_{p1})$.
- Puna e forcës elastike është e barabartë me zvogëlimin e energjisë potenciale të sustës së deformuar, pra: $A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p$.
- Madhësia fizike që përcakton se sa punë kryhet në njësi kohe quhet fuqi. Njësia për fuqi është vat (W).
- Koeficienti i veprimit të dobishëm të makinave është herësi i punës që e kryen makina (punës së dobishme A_k) dhe punës (ose energjisë) së harxhuar (punës së harxhuar A_h) për kryerjen e të njëjtës. Koeficienti i veprimit të dobishëm shprehet në përqindje, pra: $\eta = \frac{A_d}{A_h} \cdot 100\%$.
- Nëse gjatë ndryshimit të pozitës së trupit, puna që e kryejnë forcat nuk varet nga trajektorja nëpër të cilën lëviz trupi, por vetëm nga pozita fillestare dhe përfundimtare, atëherë kemi të bëjmë me forca konservative, ndërsa sistemet ku veprojnë forca të tilla quhen sisteme konservative.
- Në sistemet konservative energjia e përgjithshme mekanike nuk ndryshon.
- Forcat jokonservative karakterizohen nga fakti se puna që e kryejnë varet nga trajektorja nëpër të cilën lëviz trupi, dhe jo vetëm nga pozita fillestare dhe përfundimtare e tij.
- Puna që e kryejnë forcat jokonservative është e barabartë me ndryshimin e energjisë mekanike: $A = \Delta E = E_2 - E_1$.

Tema 3 PROVO SA KE MËSUAR

1. Kur fëmija rrëshqet nëpër rrëshqitëse,
   a) energjia potenciale e tij zvogëlohet për shkak të fërkimit;
   b) energjia kinetike e tij shndërrohet në energji potenciale;
   c) energjia potenciale e tij shndërrohet në energji kinetike;
   d) energjia kinetike e tij mbetet e pandryshuar.

2. Ligji për ruajtjen e energjisë mekanike vlen kur:
   a) veprojnë forcat e fërkimit;
   b) trupi rrotullohet rreth një boshti;
   c) veprojnë vetëm forcat konservative;
   d) trupi goditet me një trup tjetër.

3. Pse makinat nuk mund të kenë efikasitet 100%?
   a) sepse një pjesë e energjisë së tyre gjithmonë humbet në formë të nxehtësisë dhe zërit
   b) sepse puna hyrëse gjithmonë është e barabartë me punën dalëse
   c) sepse të gjitha forcat në makinë janë konservative
   d) sepse energjia rritet me fërkim.

4. Çka ndodh saktësisht me energjinë gjatë një hedhjeje me parashutë?
   a) energjia potenciale rritet me zvogëlimin e lartësisë;
   b) energjia potenciale shndërrohet në energji kinetike, ndërsa një pjesë e saj harxhohet për të përballuar rezistencën e ajrit;
   c) energjia kinetike shndërrohet tërësisht në energji potenciale;
   d) energjia humbet për shkak të rezistencës së ajrit.

5. Çka ndodh me energjinë mekanike të përgjithshme kur trupi lëviz mbi një sipërfaqe me fërkim?
   a) ajo mbetet e njëjtë, sepse fërkimi nuk ndikon;
   b) rritet sepse trupi nxiton;
   c) zvogëlohet sepse një pjesë e energjisë shndërrohet në nxehtësi;
   d) shndërrohet tërësisht në energji potenciale.

6. Shpjego pse energjia e një trupi nuk mund të jetë negative. Lidhe këtë me nocionet masë, shpejtësi dhe lartësi.

7. Analizo situatën kur një fëmijë kryen lëvizje lëkundëse në luhatëse. Si ndryshon energjia mekanike e tij gjatë lëvizjes?

8. Jep një shembull nga përditshmëria ku energjia kinetike shndërrohet në energji elastike, e pastaj në energji termike. Shpjego fazat.

9. Shpjego pse nevojitet më shumë energji gjatë ngjitjes në mal sesa gjatë ecjes në një rrugë të sheshtë.

10. Imagjino se je inxhinier që dizajnon një mekanizëm efikas për ngritjen e ngarkesave. Cilët faktorë duhet t'i marrësh parasysh për ta zvogëluar humbjen e energjisë?

11. Shpjego si shndërrohet energjia kur një veturë godet në një gardh mbrojtës.

12. Propozo një përmirësim të sistemeve të sigurisë te veturat (p.sh. jastëku i ajrit) duke e përdorur ligjin e ruajtjes së energjisë.

Tema 4

FLUIDET

Përmbajtja e temës:

1. Shtypja dhe përhapja e saj nëpër fluid
2. Shtypja hidrostatike
3. Forca e shtytjes. Forca e Arkimedit
4. Barazimi i vijueshmërisë. Barazimi i Bernulit



Në temën "Fluidet" do të mësojmë për lëngjet dhe gazrat dhe për sjelljen e tyre në kushte të ndryshme. Do të njihemi me ligjet që e përshkruajnë gjendjen e qetësisë dhe lëvizjes së fluideve. Fizika që i studion fluidet ndahet në dy pjesë: statika dhe dinamika e fluideve.

Statika e fluideve e studion gjendjet e baraspeshës së lëngjeve dhe gazrave, pra gjendjen kur fluidi është në qetësi dhe nuk ka lëvizje relative mes grimcave të tij. Në këtë pjesë do të shpjegojmë si përcillet shtypja në fluid, ç'është shtypja hidrostatike dhe si vepron ligji i Arkimedit te trupat e zhytur në fluid. Këto dukuri dhe ligje janë me rëndësi thelbësore për të kuptuar sistemet natyrore dhe teknologjike, për shembull, pse anijet nuk fundosen, si funksionojnë frenat hidraulikë ose pse njeriu mund të qëndrojë duke lundruar në sipërfaqen e Detit të Vdekur.

Dinamika e fluideve i studion ligjet e lëvizjes së fluideve, ndryshimin e shpejtësisë, shtypjes dhe dendësisë së fluidit në hapësirë dhe kohë. Objekt studimi janë nocionet dhe ligjet fizike që e shpjegojnë lëvizjen e fluideve, dhe do të shpjegohen barazimi i vijueshmërisë së rrjedhës dhe barazimi i Bernuilit. Këto parime dhe ligje kanë zbatim në sistemet hidraulike, aerodinamikë dhe inxhinieri, për shembull, se si avionët marrin shtytje dhe fluturojnë, pse uji rrjedh më shpejt kur gryka është më e ngushtë ose si funksionon shiringa kur tërheqim lëng me të.

Qëllimet:

- Të identifikosh dhe të shpjegosh shembuj nga jeta e përditshme duke i zbatuar ligjet e fizikës së fluideve.
- Të zgjidhësh detyra problemore të lidhura me mekanikën e fluideve.
- Të arsyetosh rëndësinë e masave të sigurisë në industrinë ajrore, detare dhe automobilistike përmes ligjeve fizike.



4.1 Shtypja dhe përhapja e saj në fluide



▲ **Figura 1.** Grimcat e parfumit

Vetitë themelore të fluideve

Materia mund të gjendet në një nga katër gjendjet agregate: të ngurtë, të lëngshme, të gaztë dhe në gjendje të plazmës. Të gjitha substancat janë të përbëra nga grimca të vogla të quajtura **molekula**. Ato janë në lëvizje të vazhdueshme. Gjendja agregate e substancës na tregon se sa larg janë molekulat dhe sa fuqishëm ato bashkëveprojnë me njëra-tjetrën. Për shembull, në një kub të akullit, molekulat e ujit janë më afër dhe të lidhura më fort, ndërsa në avull ato janë më larg nga njëra tjetra dhe kryejnë lëvizje lirshëm.

Forcat me të cilat bashkëveprojnë molekulat quhen **forca ndërmolekulare**. Kur këto forca janë të dobëta, molekulat mund të lëvizin me lehtësi, dhe themi se ajo substancë është në gjendje të **fluidit**. Ajri që e thithim dhe uji që e pimë janë fluide, të cilat në disa veti janë të ngjashëm, e në disa veti të tjera të ndryshëm.

Fluide janë substancat që mund të rrjedhin. Substancat e lëngshme dhe të gazta me një emër të përbashkët i quajmë fluide.

Shembull 1:

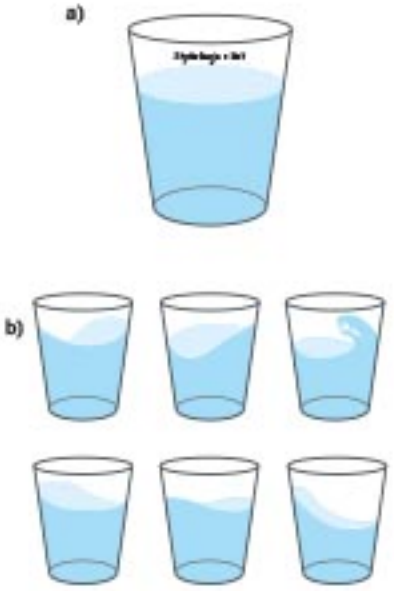
Kur nuhatni parfum në një dhomë, molekulat udhëtojnë nga gota e parfumit përmes ajrit deri te hunda juaj. Kjo është dëshmi që molekulat lëvizin. (figura 1)

Lëngjet dhe gazrat kanë disa veti të përbashkëta. Forca tërheqëse (**kohezive**) midis molekulave të fluideve është më e vogël se forca tërheqëse tek trupat e ngurtë. Kjo i bën ato lehtësisht të lëvizshme. Lëvizja e fluideve ndryshon ndjeshëm nga lëvizja e trupave të ngurtë. Trupat e ngurtë nuk e ndryshojnë formën e tyre gjatë lëvizjes. Përkundrazi, fluideve gjatë lëvizjes u ndryshon forma dhe e marrin formën e enës në të cilën ndodhen.

Duhet pasur parasysh se midis lëngjeve dhe gazrave, në gjendje të qetësisë, ka dallime të rëndësishme. Lëngjet zënë vetëm një vëllim të caktuar, ndërsa gazrat zënë tërë vëllimin që u jepet në dispozicion. Lëngjet nuk janë të ngjeshshëm (**kompresibil**) dhe kanë dendësi më të madhe, ndërsa gazrat janë të ngjeshshëm dhe kanë dendësi më të vogël. Kjo ndodh për shkak të distancave më të mëdha ndërmolekulare dhe forcave më të vogla ndërmolekulare tek gazrat në krahasim me lëngjet.

Shembull 2:

Nëse kemi një gotë me çaj, ne mund të përcaktojmë saktësisht se deri ku është e mbushur gota, duke e parë sipërfaqen që e ndan lëngun nga ajri në dhomë. Këtë sipërfaqe e quajmë **sipërfaqe e lirë** (figura 2). Sipërfaqja e lirë e lëngut në qetësi gjithmonë vendoset horizontalisht – në drejtim normal me forcën e rëndesës së Tokës. Nëse e përkulim gotën, do të vërejmë se sipërfaqja e lirë sërish do të vendoset horizontalisht. Nëse mbi lëngun në gotë veprojnë edhe forca të tjera, atëherë sipërfaqja e lirë vendoset normal ndaj forcës rezultante të forcave që veprojnë mbi të. Kështu, nëse në gotën me çaj shtojmë mjaltë dhe e përziejmë çajin me lugë, do të vërejmë se sipërfaqja e lirë bëhet e lakuar.



▲ **Figura 2.** Sipërfaqja e lirë a) në qetësi dhe b) nën veprimin e forcave të tjera

Dendësia është madhësia fizike e cila tregon se sa masë ka në një vëllim të caktuar.

Shënohet me shkronjën ρ (ro) dhe llogaritet me formulën:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Meqë forcat ndërmolekulare janë të dobëta, gazin mund ta ngjeshim, domethënë ta **komprimojmë** në vëllim shumë të vogël.

Me ngjeshjen e molekulave të gazit në një vëllim më të vogël (zvogëlohet largësia ndërmolekulare), rritet numri i goditjeve të molekulave me muret e enës ku ndodhet, dhe në këtë mënyrë rriten dendësia dhe shtypja e fluidit.

Fluid i **komprimuar** është fluidi tek i cili gjatë zvogëlimit të vëllimit të tij vjen deri te rritja e dendësisë dhe shtypjes.

Shtypja dhe forca e shtypjes

Shtypja

Imagjinoni se po ecni mbi një sipërfaqe me borë, e cila borë sapo ka rënë. Nëse nuk keni mbathur skijat, këmbët tuaja fundosen thellë. Por, me ski befasisht e shikoni që mund të qëndroni mbi sipërfaqe (figura 3). Pse ndodh kjo? Përgjigjja qëndron në mënyrën se si pesha juaj shpërndahet në sipërfaqen e borës. Kjo dukuri shpjegohet përmes shtypjes.



▲ **Figura 3.** Kur ecim mbi borë të butë pa ski, fundosemi në borë, meqë shputat ushtrojnë shtypje më të madhe se skitë.

Shtypja është herësi ndërmjet modulit të forcës dhe syprinës së sipërfaqes mbi të cilën në drejtim normal vepron ajo forcë.

$$p = \frac{F}{S}$$

Nëse me të njëjtën forcë veprojmë mbi një sipërfaqe më të vogël, shtypja është më e madhe. Kjo është arsyeja pse nuk u lejojmë fëmijëve të kërcejnë mbi shtrat! Kur ata shtrihen, nuk ka asnjë problem, sepse pesha shpërndahet në të gjithë sipërfaqen e shtratit. Por, kur ata kërcejnë, duke qëndruar me shputat e këmbëve të tyre mbi shtrat, të cilat kanë sipërfaqe të vogël, ushtrojnë një shtypje shumë më të madhe, prandaj mund të vijë deri te dëmtimi i shtratit.

Ndryshe nga forca, shtypja është madhësi skalare.

Njësia matëse fizike për shtypjen është Paskali, me simbolin (Pa). Kur formulën e shtypjes e shprehim përmes njësive matëse, mund ta definojmë edhe njësinë matëse për shtypjen. Njësia matëse për forcën është njutni. (N), ndërsa njësia matëse për syprinën e sipërfaqes është metri në katror (m^2), pra:

$$1\,\text{Pa} = 1\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Shtypja është 1 Pa nëse forca prej 1 N vepron normal në sipërfaqen me syprinë prejoд 1 m^2.

Shtypja atmosferike

Gjatë ndryshimit të lartësisë mbidetare, si gjatë ngjitjeve në mal, fluturimit me aeroplan ose udhëtimit me teleferik, ndjejmë një jorehati në veshë. Pse shfaqet kjo ndjesi? Atmosfera shtrihet deri rreth 12 km mbi sipërfaqen e Tokës. Edhe pse dendësia e saj është e vogël dhe pëson një zvogëlim shtesë në shtresat e sipërme, në nivelin e detit në një metër katror sipërfaqe shtylla e ajrit mbi të ushtron shtypje afërsisht 10 tonë. Kjo do të thotë se ajri mbi ne ka një masë të ngjashme me një kamion të madh të ngarkuar me rërë.

Meqenëse atmosfera ka masë, ajo vepron mbi Tokën me peshën e saj, pra ushtron shtypje. Shtypja që shfaqet si rezultat i masës së ajrit që na rrethon quhet **shtypje atmosferike** p_0.

Shtypja atmosferike normale përcaktohet në lartësi mbidetare zero dhe është $p_0 = 101325$ Pa ose $p_0 = 1$ atm (atmosferë).

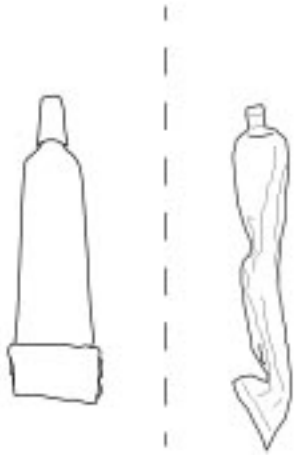
Një njësi tjetër matëse për shtypjen, që përdoret në jetën e përditshme, është bari (bar). Nëse do të dëshironim ta matnim shtypjen e gomës së biçikletës, si njësi matëse do të përdornim barin (bar). Shtypja mesatare e gomës së një biçiklete qyteti është (3,5 – 5) bar. Kjo njësi, e shprehur në Paskal, është: 1 bar = 10^5 P_a.

Njësia matëse (bar) ka zbatim të gjerë në makineri, në industrinë automobilistike, kimike, dhe të gazit. Ajo kohëve të fundit përdoret gjithnjë e më pak në meteorologji.

Ligji i Paskalit

Si përhapet në të vërtetë shtypja në fluide?

Zakonisht, kur e shtrydhim pastën e dhëmbëve, e bëjmë këtë në një nga dy mënyrat: ose e shtypim gypin në fundin e tij ose e shtrydhim diku përgjatë gjatësisë së gypit (figura 4). Por, pa marrë parasysh se ku e shtrydhim, pasta gjithmonë del nga hapja. Pse? Sepse në fluid (pastë) që ndodhet në gyp shtypja përhapet njësoj në të gjitha drejtimet.



▲ Figura 4. Dy mënyra të shtrydhjes së pastës nga gypi

Në rastin e përgjithshëm, nëse shtypja e lëngut rritet në cilëndo pikë të enës në të cilën ndodhet lëngu, atëherë me të njëjtën vlerë do të rritet edhe shtypja në çdo pikë tjetër të enës. Këtë e ka vërejtur shkencëtari francez Blez Paskal dhe e ka formuluar si ligj të quajtur Ligji i Paskalit.

Shtypja te fluidet në enë të mbyllur përhapet njëlloj deri te secila pikë e lëngut dhe deri te muret e enës.

Ky efekt mund të shihet në mënyrën vijuese.

Shembull 3:

Marrim një top prej plastike në të cilin janë bërë disa vrima. Në njërën nga vrimat vendosim një shiringë. Topin e mbushim me ujë dhe e shtypim pistonin e shiringës, në mënyrë që të veprojmë me forcë mbi ujin në top. Çfarë vërejmë?

Përgjigje: Uji rrjedh njësoj nga të gjitha vrimat (figura 5). Pa marrë parasysh se si është vendosur shiringa dhe në cilin drejtim janë vrimat, uji do të rrjedhë nga të gjitha vrimat me të njëjtën shpejtësi. Kjo do të thotë se shtypja që e krijuam me shiringën nuk është përhapur vetëm në drejtimin e veprimit me shtypje, por është përhapur në mënyrë të barabartë nëpër tërë lëngun brenda topit.



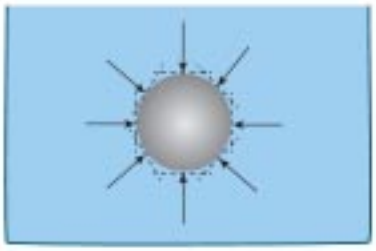
▲ Figura 5. Topi prej plastike, me më tepër vrima, i mbushur me ujë dhe i lidhur me një shiringë. Gjatë shtypjes së pistonit, uji del nga të gjitha vrimat me të njëjtën shpejtësi.

Forca e shtypjes

Pamë se shtypja atmosferike është pasojë e peshës së ajrit që e rrethon trupin tonë. Por, shtypja atmosferike nuk vepron vetëm mbi sipërfaqen që ndodhet poshtë saj. Sipas ligjit të Paskalit, shtypja përhapet në mënyrë të barabartë në të gjitha drejtimet dhe në të gjitha pikat e fluidit.

Shembull 4:

Kur e zhysim tullumbacen në ujë, uji vepron me forcë mbi tullumbacen. Forca vepron normal (pingul) në secilën pikë të sipërfaqes së tullumbaces (figura 6).



▲ **Figura 6.** Forcat që veprojnë te tullumbacja e zhytur në ujë

Shembull 5:

Si shembull për atë se si shtypja ndikon te fluidet dhe trupat në brendi të tyre, mund ta marrim mjedisin oqeanik. Në sipërfaqen e oqeanit, shtypja është afërsisht një atmosferë. Por, me çdo zbritje në thellësi, shtypja rritet rreth një atmosferë për çdo 10 metra.



▲ **Figura 7.** Stiropori është i përbërë nga shumë flluska të vogla të cilat janë të mbushura me ajër.

Ç'ndodh me një trup që është i zhytur në një fluid? Si vepron fluidi mbi trupin?

Kur një trup është i rrethuar nga fluidi, mbi të vepron një forcë që është rezultat i goditjes së molekulave të fluidit me trupin. Kjo forcë vepron mbi të gjithë sipërfaqen e trupit, dhe gjithmonë është e orientuar normal (pingul) ndaj sipërfaqes së trupit dhe quhet forcë e shtypjes.

Forca F me të cilën fluidi vepron normal (pingul) mbi njësinë e sipërfaqes S të trupit të zhytur në fluid quhet **forcë e shtypjes.**

Për ta treguar këtë, shkencëtarët përdorin një demonstrim interesant si ai i mëposhtëm: vendosin gota prej stiropori (figura 7) në një qese të veçantë me formë rrjete dhe e zhysin thellë në oqean. Sa më thellë që zhyten gotat, forca e shtypjes së ujit i ndrydh ato dhe ajri brenda mureve të gotave komprimohet, gjë për të cilën gotat mblidhen dhe zvogëlohen.

Interesante është se gotat e ruajnë formën e gotës. Por flluskat më të mëdha komprimohen më shumë, kështu që në fund të gjitha flluskat e gotave marrin përmasa të ngjashme. Për këtë arsye gotat duken paksa të deformuara.

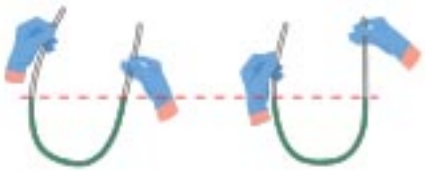


▲ **Figura 8.** Shkencëtarët i kanë ngjyrosur gotat para se ti lëshojnë në thellësi të oqeanit. Këto gota të shkollës "Millhoper Montesori" ndodhen pranë gotës origjinale me të cilën është treguar dallimi në madhësi. Burimi: NOAA Ocean Exploration, ekspedita "Exploring Carolina Canyons"

Hidraulika – Ligji i Paskalit në veprim

Për ta kuptuar më mirë se si përhapet shtypja nëpër fluide, do të shqyrtojmë një eksperiment të thjeshtë. Këto njohuri kanë zbatim praktik si në jetën e përditshme, ashtu edhe në teknologji.

Marrim një gyp plastike të tejdukshëm dhe e mbushim me ujë të ngjyrosur (figura 9). Të dy skajet e gypit janë të hapura. Pa dallim nëse e ngremë më lart skajin e majtë apo skajin e djathtë të gypit, do të vërejmë se niveli i ujit të ngjyrosur në të dy krahët do të mbetet i njëjtë. Pse?



▲ **Figura 9.** Gypi me lëng të ngjyrosur dhe dy skaje të hapura. Në figurën e majtë është i ngritur skaji i majtë, ndërsa në figurën e djathtë është i ngritur skaji i djathtë. Në të dy rastet niveli i ujit është i barabartë në të dy skajet.

Arsyeja është se mbi të dy hapjet e skajeve vepron shtypje e jashtme e barabartë – shtypja atmosferike. Përveç kësaj, meqë lëngu është i pangjeshshëm, çdo rritje e vëllimit në njërin krah do të thotë zvogëlim për po aq i vëllimit në krahun tjetër.

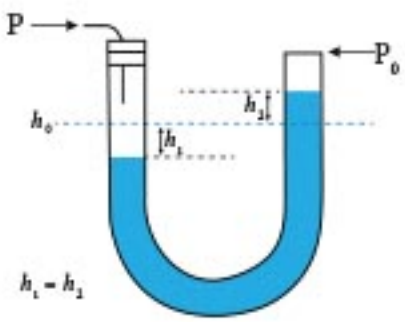
Ç'do të ndodhë nëse e rrisim shtypjen në njërin skaj, për shembull, nëse fryjmë fort në skajin e majtë? Ajri do ta shtypë lëngun dhe ai do të shtyhet drejt krahut tjetër. Po ç'ndodh nëse e ulim shtypjen, respektivisht nëse thithim ajër në njërin skaj? Atëherë lëngu do të shkojë duke u ngjitur lart në krahun nga i cili e kemi thithur ajrin.

Shembull 6:

Një gyp në formën e shkronjës latine „U" është i mbushur me lëng (figura 10). Niveli i lëngut në të dy krahët fillimisht gjendet në pozicionin h_0. Më pas, në krahun e majtë vepron një shtypje shtesë P, më e madhe se shtypja atmosferike.

Si rezultat i kësaj, lëngu në krahun e majtë ulet për një lartësi h_1, ndërsa në të djathtin ngjitet për një lartësi h_2. Meqenëse lëngu është i pangjeshshëm dhe diametri i gypit është i njëjtë kudo, ndryshimet e niveleve janë të barabarta: $h_1 = h_2$.

Kjo tregon se ndryshimi i shtypjes përhapet nëpër lëng dhe shkakton ndryshim të nivelit të lëngut, i cili varet nga raporti i shtypjeve në të dy krahët.



▲ **Figura 10.** Rritja dhe zvogëlimi i nivelit të lëngut në krahët e gypit.

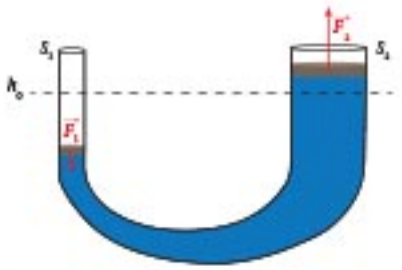
Ky shembull i thjeshtë paraqet bazën e zbatimit të ligjit të Paskalit në pajisje të ndryshme të cilat i përdorim në jetën e përditshme.

Në hidraulikë rritja e shtypjes e cila përhapet përmes një fluidi të pangjeshshëm quhet shtypje hidraulike.

Le të shqyrtojmë disa sisteme më të përbërëa që përdorin këtë parim.

Makinat hidraulike

Pamë se kur e njëjta forcë vepron mbi sipërfaqe me syprinë të ndryshme, fitohen shtypje të ndryshme (figura 3). Por, nëpër lëngje shtypja është e njëjtë kudo. Kjo do të thotë se me ndryshimin e syprinës së sipërfaqes mbi të cilën vepron lëngu mund të fitohet forcë e ndryshme. Le të shqyrtojmë edhe një shembull tjetër.



▲ **Figura 11.** Gypi asimetrik U në të cilin krahu i majtë ka syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore më të vogël se i djathti. Mbi nivelin e lëngut në të dy krahët ka pistona në të cilët mund të veprojë forca e jashtme.

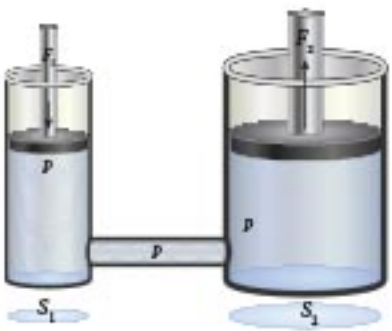
Shembull 7:

Një gyp asimetrik në formën e shkronjës latine "U" është i mbushur me lëng (figura 11). Mbi lëng në të dy krahët ndodhet nga një piston. Krahu i majtë i gypit ka syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore më të vogël se i djathti ($S_1 < S_2$). Niveli i lëngut në të dy krahët fillimisht gjendet në pozicionin h_0. Më pas, mbi pistonin e krahut të majtë me syprinë të sipërfaqes S_1 veprohet me një forcë të vogël F_1. Kështu që krijohet një shtypje shtesë $P = F_1/S_1$, më e madhe se shtypja atmosferike.

Sipas ligjit të Paskalit, kjo shtypje shtesë do të përhapet njëlloj në të gjitha pikat. Kjo do të thotë se po aq shtypje do të veprojë edhe mbi pistonin e dytë. Atëherë, sa do të jetë forca? Forca F_2 që vepron mbi pistonin e dytë do të jetë më e madhe. Në fakt, sipas ligjit të Paskalit, shtypja përhapet në mënyrë të barabartë nëpër lëng, prandaj vlen:

$$p = \frac{F_1}{S_1} \qquad p = \frac{F_2}{S_2} \qquad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Ky shembull tregon se si një forcë e vogël F_1 mund të krijojë një forcë shumë më të madhe F_2 nëse vepron mbi një sipërfaqe me syprinë më të vogël, gjë që e përbën bazën e funksionimit të sistemeve hidraulike.



▲ **Figura 12** Ngritësja hidraulike

Në teknologji, kjo veti përdoret te sistemet hidraulike të cilat duken si në skicën e figurës 12. Ligji i Paskalit te sistemet hidraulike mundëson që me veprimin e një force të vogël mbi pistonin e vogël, të paraqitet një forcë e madhe te pistoni i madh.

Shembull i zgjidhur 1:

Në pistonin e vogël të një ngritëse hidraulike vepron forca $F_1 = 50$ N. Llogarit forcën me të cilën veprohet në pistonin e madh, nëse pistoni i vogël lëshohet për lartësinë $h_1 = 25$ cm, kurse pistoni i madh ngjitet për $h_2 = 15$ mm.

Është dhënë:

$F_1 = 50$ N; $h_1 = 25$ cm $= 25 \cdot 10^{-2}$ m; $h_2 = 15$ mm $= 15 \cdot 10^{-3}$ m

Kërkohet:

$F_2 = ?$

Zgjidhje:

Shënohen barazimet për shtypjen dhe për dy pistonat:

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1} \qquad P_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

Meqë vëllimi i lëngut është i njëjtë atëherë për të dy pistonat mund të shkruajmë:

$$S_1 h_1 = S_2 h_2 \qquad \text{ose} \qquad \frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ prej këtu nxirret forca $F_2 = S_2 \frac{F_1}{S_1} = \frac{S_2}{S_1} F_1 = \frac{h_1}{h_2} F_1$

$$F_2 = \frac{25 \cdot 10^{-2}\ \text{m}}{15 \cdot 10^{-3}\ \text{m}} \cdot 50\ \text{N} = 1{,}667 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{3} \cdot 50\ \text{N} = 83{,}35 \cdot 10^{1}\ \text{N} = 833{,}5\ \text{N}$$

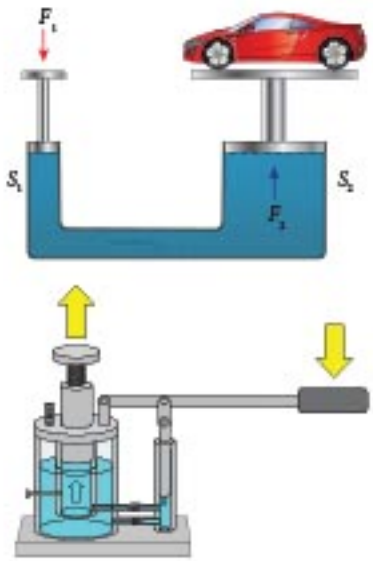
Ngritësja hidraulike, e paraqitur në figurën 13, është një nga shembujt ku përdoret ligji i Paskalit. Në pistonin e vogël me syprinë të sipërfaqes S_1 vepron forca e vogël F_1, e cila shkakton rritje të shtypjes së fluidit, siç është vaji. Sipas ligjit të Paskalit, kjo rritje e shtypjës përhapet në pistonin e madh me syprinë të sipërfaqes S_2 ku vaji vepron me forcë të shtypjes F_2.

Me zbatimin e ligjit të Paskalit dhe barazimit për shtypjen, për forcën F_2 me të cilën fluidi vepron në pistonin e madh fitohet (si në shembujt 6 dhe 7)

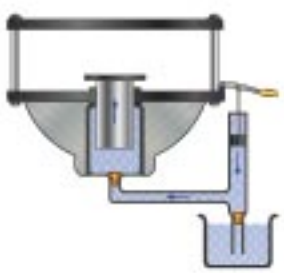
$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

Në të njëjtën mënyrë sqarohet edhe parimi i punës së **presës hidraulike** (figura 14) e cila përdoret në industrinë e metalit, plastikës dhe gomës. Shërben për formësimin, shtypjen ose komprimimin e objekteve. Ajo përbëhet nga dy cilindra me syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore të ndryshme (më i vogël dhe më i madh), të lidhur me një gyp i cili është i mbushur me lëng të pangjeshshëm (zakonisht vaj). Në secilin cilindër ka një piston më të vogël dhe një më të madh. Shpjegimin për mënyrën e funksionimit e jep ligji i Paskalit dhe barazimi për shtypjen.

Frenat hidraulike (figura 15) janë pjesë përbërëse e të gjitha automobilave. Kur vozitësi me këmbë e shtyp frenin e këmbës, rritet shtypja

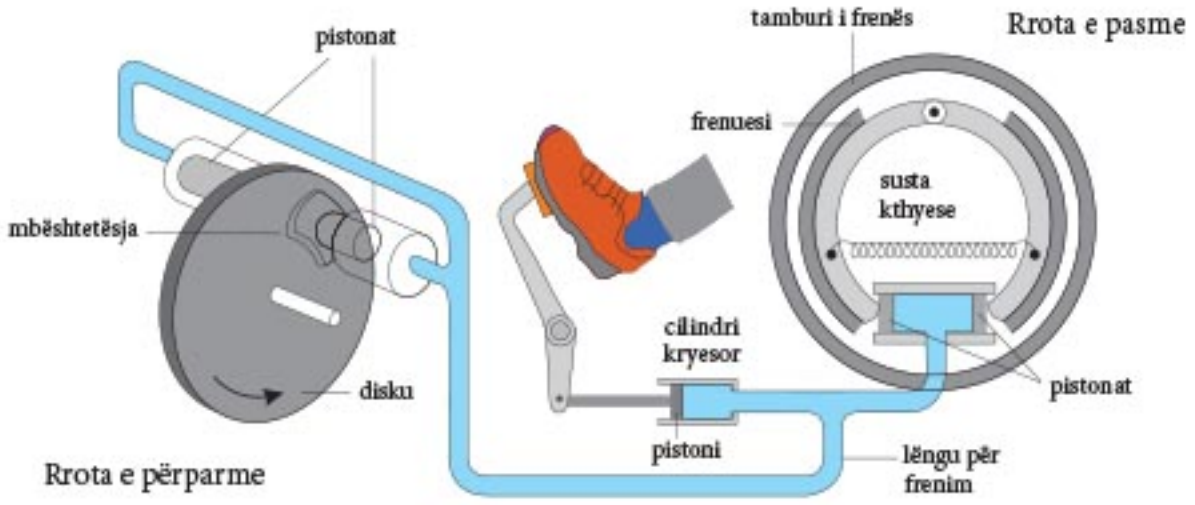


▲ Figura 13. Ngritësja hidraulike



▲ Figura 14. Presa hidraulike

në lëngun për frenim në cilindër. Kjo shtypje përmes gypave përhapet deri te disqet për frenim, të cilët janë të lidhur me rrotat e automobilit. Në këtë mënyrë, vozitësi duke zbatuar forcë të vogël mundet ta frenojë automobilin në mënyrë të sigurt.



▲ Figura 15. Frenat hidraulike

Nëse do të dish më tepër:

➤ Anomalia e ujit

Uji ka një anomali në dendësinë e tij: ai është më i dendur në 4 °C. Nëse vazhdon të ftohet nën këtë temperaturë, dendësia e tij përsëri fillon të zvogëlohet. Kjo do të thotë se akulli ka dendësi më të vogël se uji i lëngshëm! Kur uji ngrin, molekulat renditen në një strukturë me më shumë hapësirë ndërmjet tyre, prandaj akulli fiton dendësi më të vogël se uji i lëngshëm dhe për këtë arsye akulli noton. Për vetinë e notimit dhe të fundosjes do të mësosh më shumë në njësitë mësimore të ardhshme. Kjo veti është thelbësore për jetën në Tokë. Nga shkaku se akulli noton, liqenet dhe lumenjtë ngrijnë nga sipër, ndërsa shtresa e poshtme e ujit mbetet e lëngshme, me temperaturë rreth 4 °C. Kjo u mundëson peshqve dhe organizmave të tjerë ujorë të mbijetojnë edhe në dimrat më të ftohtë. Pa këtë anomali, jeta në ekosistemet e ujërave të ëmbla do të ishte pothuajse e pamundur. Këtë mund ta provoni edhe vetë në shtëpi: mbushni një gotë me ujë të ftohtë, afër 0 °C, dhe shtoni kube akulli. Pastaj përziejeni ujin dhe vendosni me kujdes një termometër deri në fund të gotës. Pas pak kohe, do të vëreni se temperatura e ujit në fund është rreth 4 °C. Kjo ndodh sepse uji në 4 °C është më i dendur dhe fundoset nën ujin i cili është më i ftohtë.

Blez Paskal (1623 – 1662) ishte matematikan dhe fizikan francez. Kontributin më të madh në matematikë e dha me punën e tij mbi teorinë e probabilitetit, të cilën e zhvilloi duke u përpjekur të zgjidhte një problem që ia kishte parashtruar një lojtar i njohur bixhozi. Kështu krijoi modelin e numrave të njohur si Trekëndëshi i Paskalit. Ai gjithashtu ndërtoi makinën e parë digjitale për llogaritje. Vendosi themelet e shtypjes hidraulike. Shkroi edhe disa ese filozofike.

Rreth 4000 vjet më parë u bë ora e parë me ujë, e quajtur klepsidër ("vjedhës i ujit"). Grekët e lashtë e përdornin klepsidrën për matjen e kohës gjatë fjalimeve nëpër gjykata. Klepsidra ishte një enë nga e cila uji rridhte përmes një vrime të vogël në fund. Në shekullin III p.e.s., Ktesibio e përsosi këtë teknikë duke krijuar orë të sakta me ujë. Në të njëjtën kohë, indianët e lashtë përdornin një instrument të thjeshtë të quajtur "ghati" – një tas i vogël me vrimë në fund, i cili fundosej në një enë më të madhe me ujë për intervalin e kohës prej 24 minutash, çka e llogarisnin si një orë.

Zhang Heng e përsosi sferën armilare duke ndërtuar një glob prej bronzi që tregonte pozicionet e yjeve të njohura. Rrotullimi i globit, që zgjaste saktësisht një vit, shtyhej me ndihmën e një ore me ujë të vendosur poshtë tij.

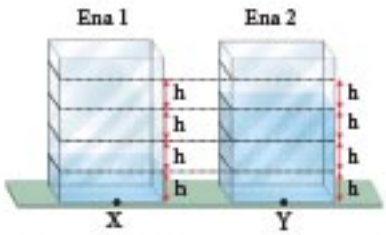
Pyetje dhe detyra:

1. Çka ndodh kur shtrydhim një shishe të mbushur me ajër?
2. Cila është lidhja midis shtypjes dhe forcës së shtypjes? Shpjego dallimin mes tyre.
3. Së bashku me shokët e klasës zhvilloni një diskutim me temë: "Nga ligji i Paskalit deri te zbatimi praktik: Sistemet hidraulike në teknikën bashkëkohore".
4. Bëje vetë dhe shpjego eksperimentin e paraqitur në figurë.

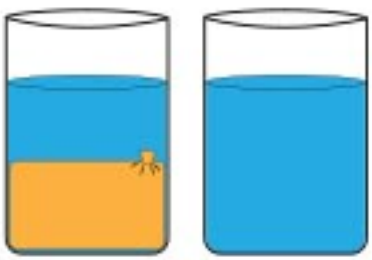


5. Në një ashensor për automobila (ngritëse hidraulike), ajri i komprimuar vepron me forcë mbi pistonin më të vogël me rreze $R_1 = 9$ cm. Kjo shtypje përhapet te pistoni më i madh me rreze $R_2 = 19$ cm.
   a) Sa është forca që vepron mbi pistonin më të madh e nevojshme për ta ngritur automobilin me peshë $G = 1{,}50 \cdot 10^4$ N?
   b) Llogarit shtypjen. Pesha e pistonave të neglizhohet.
6. Një shtyllë betoni vertikale me bazë me syprinë të sipërfaqes $S = 0{,}5$ m^2. Nëse lartësia e saj është $h = 2{,}5$ m, kurse dendësia e shtyllës është $\rho = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Llogarit shtypjen që ushtron shtylla mbi tokë.

4.2 Shtypja hidrostatike



▲ **Figura 1.** Lëngu i paramenduar si i ndarë në shtresa



▲ **Figura 2.** Tullumbacja në enë, mbi të cilën hedhim ujë. Në enën në të djathtë në vend të tullumbaces ka ujë.

Edhe lëngu ka peshën e vet që nuk mund të neglizhohet. Këtë veçanërisht mund ta vërejmë gjatë zhytjes thellë nën ujë. Sa më shumë që shkojmë në thellësi, aq më shumë ndihet pesha e ujit. Nëse lëngun e paramendojmë të ndarë në shtresa, do të thoshim se çdo shtresë me peshën e saj ushtron shtypje mbi shtresat poshtë saj (figura 1).

Shembull: Imagjino se në një enë qelqi vendosim një tullumbace të fryrë. Tullumbacja është e vendosur në fund dhe e zë gjithë hapësirën deri në një lartësi të caktuar. Pastaj me kujdes hedhim ujë në enë, në mënyrë që uji të grumbullohet mbi tullumbace (figura 2). Ç'ndodh?

Meqenëse uji ka peshë, ai fillon të shtypë për poshtë mbi tullumbacen. Nën veprimin e kësaj shtypje, tullumbacja deformohet, shtypet dhe zhvendoset poshtë ose anash. Kjo do të thotë se uji ushtron shtypje mbi të. Tani imagjinoni që në vend të tullumbaces, në pjesën e poshtme të enës të ketë ujë. Kjo do të thotë se shtresat e sipërme të ujit me peshën e tyre ushtrojnë shtypje mbi shtresat e poshtme.

Shtypja që krijohet si rezultat i peshës së lëngut quhet shtypje hidrostatike.

Përcaktimi i madhësive prej të cilave varet shtypja hidrostatike

Sara vuri re diçka interesante teksa bënte një eksperiment me gypa të tejdukshëm të mbushur me lëngje të ndryshme. Në fund të çdo tubi kishte një membranë gome. Kur e mbushi gypin e parë me ujë, membrana u tendos pak. Por kur një gyp tjetër e mbushi me mjaltë deri në të njëjtën lartësi sikur gypin e parë, membrana u tendos dukshëm më shumë. Kjo e bëri të pyesë: "A varet shtypja hidrostatike që e krijojnë lëngjet nga dendësia e lëngut?"

Pas këtij vëzhgimi Sara vendosi të bëjë një hulumtim shkencor dhe e përcaktoi problemin shkencor si hulumtim të varësisë së shtypjes hidrostatike nga dendësia e lëngut. Si ndryshore kontrolluese ajo e mori thellësinë e lëngut, h (lartësinë e shtyllës së lëngut). Gjatë hulumtimit Sara ndoqi hapat e përshkruar në mësimin "Hulumtimi shkencor" nga tema e parë.

Në fillim të hulumtimit Sara parashtroi një hipotezë: Nëse dendësia e lëngut rritet, atëherë në proporcion të drejtë me dendësinë do të rritet edhe shtypja.

Për ta vërtetuar hipotezën Sara planifikoi një eksperiment: do ta mat shtypjen në të njëjtën thellësi në tre lëngje të cilët kanë dendësi të ndryshme. Duke ditur se edhe ajri është fluid, ajo vendosi ta mos e përfill shtypjen atmosferike.

Për realizimin e eksperimentit Sara përdori simulimin "PhET: Under Pressure", i cili është i qasshëm për të gjithë nxënësit në këtë link.

Para se të fillojë me matjet, ajo i shfrytëzon të gjitha mundësitë që ofron simulimi, me qëllim që të zvogëlojë gabimet gjatë matjes. Pastaj cakton vlera për thellësinë dhe dendësinë. Kryen tri matje në të njëjtën thellësi, për tri vlera të ndryshme të dendësisë. Vlerat e matura i shënoi në tabelën 1, e më pas vizatoi grafikun 1.

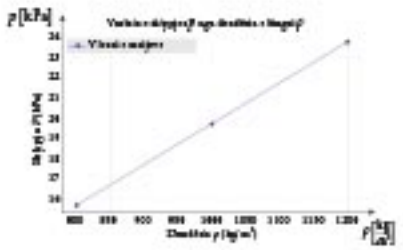
▲ Linku i simulimit

Numri i matjes	ρ (kg/m³)	p (kPa)	p/ρ (Pa/kg/m³)
1	800	15,70	19,63
2	1000	19,65	19,65
3	1200	23,74	19,78
Vlera mesatare	/	/	19,69

Tabela 1. Vlerat e matjeve për shtypjen te lëngjet me dendësi të ndryshme, gjatë matjeve në thellësi të njëjtë: $h = 2$ m

Sara llogariti edhe herësin midis shtypjes dhe dendësisë p/ρ dhe vërejti se për të gjitha matjet ky herës është përafërsisht konstant. Ajo e llogarit edhe vlerën e kësaj konstante dhe e shënoi në tabelën 1.

Varësia e shtypjes nga dendësia e lëngut $p = p(\rho)$, është paraqitur në grafikun 1.



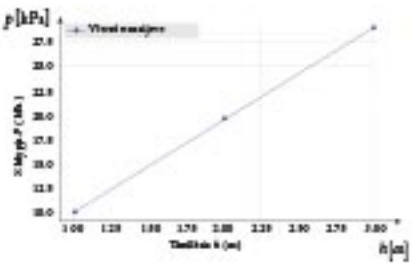
▲ Grafiku 1. Varësia e shtypjes nga dendësia e lëngut

Gjatë analizës së rezultateve të fituara dhe të grafikut Sara arriti në përfundimin se shtypja është në proporcion të drejtë me dendësinë. Në këtë mënyrë e vërtetoi saktësinë e hipotezës së saj.

Varësia proporcionale e madhësive shënohet: $p \sim \rho$

Për të përcaktuar varësinë e shtypjes nga thellësia (lartësia e shtyllës së lëngut) Sara parashtroi një hipotezë të re: Nëse thellësia rritet, atëherë në mënyrë proporcionale (proporcion të drejtë) do të rritet edhe shtypja.

Për këtë hipotezë është i nevojshëm një eksperiment i ri me të njëjtën simulim. Ndryshore kontrolluese është dendësia ρ. Vlerat e matura i shënoi në tabelën 2 dhe vizatoi grafikun 2.



▲ Grafiku 2. Varësia e shtypjes nga thellësia

Numri i matjeve të kryera	h (m)	p (kPa)	p/h (kPa/m)
1	1	10,08	10,080
2	2	19,62	9,810
3	3	28,91	9,637
Vlera mesatare	/	/	9,842

Tabela 2. Vlerat e matjeve për shtypjen në lëngun me dendësi të njëjtë $\rho = 1000$ kg/m³, për matjet e kryera për thellësi të ndryshme.

Me analizën e të dhënave të fituara për varësinë e shtypjes nga thellësia, ajo vuri re se pikat në grafikun që paraqet varësinë e shtypjes nga thellësia shtrihen në të njëjtën drejtëz. Ajo përsëri llogariti herësin e shtypjes, këtë herë me thellësinë p/h dhe për të gjitha matjet mori një herës përafërsisht konstant. Vlerat i shënoi në tabelën 2.

Kjo analizë tregon se shtypja është në proporcion të drejtë me thellësinë apo se varësia është proporcionale: $p \sim h$

Nga vlerat e matjeve, të paraqitura në formë tabelare dhe grafike Sara vërtetoi saktësinë e hipotezës së saj.

Rezultatet e këtyre dy hulumtimeve Sara dëshiron t'i bashkojë në një përfundim. Meqenëse shtypja varet në proporcion të drejtë nga dendësia e lëngut dhe nga thellësia në të cilën matet, mund të shkruhet varësia proporcionale si në vijim:

$$p \sim \rho \cdot h$$

Për ta paraqitur shtypjen hidrostatike me barazim Sara, sipas hulumtimeve të mëparshme, arrin në përfundimin se shtypja është e barabartë me prodhimin e dendësisë, thellësisë dhe konstantes së proporcionalitetit C.

Proporcionaliteti i madhësive paraqitet në barazimin:

$$p = C \cdot \rho \cdot h$$

Për këtë qëllim, vlerën mesatare të raportit p/ρ nga tabela 1 e pjesëton me thellësinë e matjes, $h = 2$ m, dhe për konstanten fiton:

$$C = \frac{p}{\rho \cdot h}$$

Të njëjtin rezultat e merr nëse herësin p/h e pjesëton me dendësinë e ujit, $\rho = 1000$ kg/m³.

Duke zëvendësuar vlerat mesatare nga tabela 1:

$$C = \frac{19,69}{2} \frac{\text{Pa kg/m}^3}{\text{m}} = 9,84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ose nga tabela 2: $C = \frac{9{,}842 \cdot 10^3}{1000} \frac{\text{Pa/m}}{\text{kg/m}^3} = 9{,}84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Nga vlera e fituar dhe nga prova e njësive matëse Sara përfundon se konstanta e proporcionalitetit ka vlerë përafërsisht të njëjtë me nxitimin gravitacional, prandaj shkruan $C = g$.

Dallimin e vogël në rezultate ia atribuon gabimeve gjatë matjes.

Detyra juaj është të përcaktoni gabimin absolut të secilës matje të herësave p/ρ dhe p/h, gabimin absolut mesatar të të dy hulumtimeve, si dhe gabimin e tyre relativ. Diskutoni nëse vlera e fituar 9,84 m/s² është brenda kufijve të gabimeve të matjes dhe nëse eksperimenti ka saktësi të kënaqshme.

Përmes hulumtimit shkencor Sara arrin te ligji i shtypjes hidrostatike, i cili definohet si:

Shtypja që paraqitet te lëngjet dhe e cila varet nga thellësia dhe dendësia e lëngut quhet shtypja hidrostatike.

Shtypja hidrostatike shënohet me formulën:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Lëngu me peshën e tij ushtron shtypje mbi të gjitha trupat brenda tij (figura 1). Shtypja hidrostatike mund të llogaritet edhe përmes barazimit të shtypjes: $p = \frac{F}{S}$, ku $F = mg$ është forca e rëndesës së Tokës. Masa e lëngut shprehet përmes dendësisë dhe vëllimit: $m = \rho V$, duke pasur parasysh se vëllimi është i barabartë me $V = S \cdot h$. Në këtë mënyrë fitohet barazimi për shtypjen hidrostatike:

$$p = \frac{\rho g S h}{S} \qquad p = \rho \cdot g \cdot h$$

p – shtypja hidrostatike;
h – thellësia (lartësia e shtyllës së lëngut);
g – nxitimi gravitacional;
ρ – dendësia e fluidit.

Fluid homogjen është fluidi i cili ka përbërje të njëjtë dhe veti fizike të njëjta, si dendësia dhe shtypja në secilën pikë të tij.

Ky barazim vlen për shtypjen në një enë të mbushur me **fluid homogjen** dhe përshkruan shtypjen e matur nga sipërfaqja e lirë e lëngut. Në këtë rast nuk është marrë parasysh shtypja atmosferike p_0. Ena që kemi përdorur është e hapur, që do të thotë se realisht ekziston edhe shtypja atmosferike, e cila vepron mbi sipërfaqen e lirë të lëngut (figura

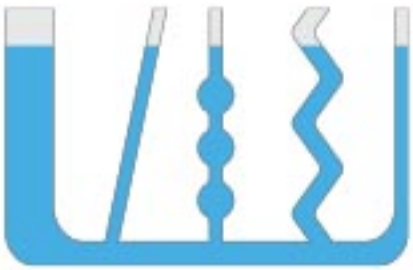
1). Përderisa shqyrtohet edhe ndikimi i shtypjes atmosferike, atëherë do të fitojmë barazimin për shtypjen e përgjithshme:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Aktivitet

Sara gjatë hulumtimit të saj, e shpërfilli shtypjen atmosferike. Bëni të njëjtin hulumtim si Sara, por merrni në konsideratë edhe shtypjen atmosferike. Analizoni rezultatet e fituara dhe krahasoni ato me rezultatet e Sarës.

Nga formula e shtypjes hidrostatike rrjedh se shtypja që krijon lëngu nuk varet nga forma e enës ku ndodhet lëngu, por vetëm nga thellësia (lartësia e shtyllës së lëngut) dhe dendësia e tij. Kjo veti është jashtëzakonisht e rëndësishme dhe qëndron në bazë të shumë dukurive natyrore dhe teknike.

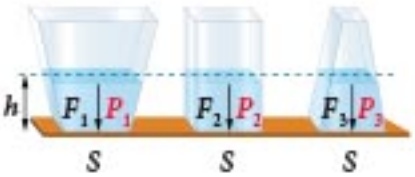


▲ Figura 3. Sistemi i enëve të lidhura

Nëse disa enë me forma të ndryshme lidhen në mënyrë që lëngu të mund të rrjedhë lirshëm nga njëra te tjetra, lëngu do të ngjitet deri në të njëjtën lartësi në të gjitha enët, pavarësisht formës së tyre. Ky sistem quhet **sistem i enëve të lidhura apo enë komunikuese**. Në figurën 3 mund të vërejmë se niveli i lëngut është i njëjtë në të gjitha enët. Në fundin e secilës enë apo krah vepron e njëjta shtypje.

Në ujësjellësat publikë përdoret parimi i enëve të lidhura: uji ruhet në rezervuarë të vendosur në vende të larta dhe nën veprimin e gravitacionit lëviz nëpër gypa deri te konsumatorët. Shtypja që krijohet varet nga lartësia e shtyllës së ujit: në pikat më të ulëta shtypja është më e madhe, ndërsa në pikat më të larta shtypja është më e vogël. Në këtë mënyrë, uji shpërndahet në mënyrë të njëtrajtshme nëpër tërë rrjetin, pa pasur nevojë për pompa në zonat e rrafshëta.

Paradoksi hidrostatik



▲ Figura 4. Enët me formë të ndryshme

Le të shqyrtojmë tri enë me forma të ndryshme, por me të njëjtën syprinë të sipërfaqeve të poshtme S, figura 4. Në secilën enë ka lëng me të njëjtën dendësi ρ dhe secila enë është e mbushur deri në të njëjtën lartësi h. Për shkak të formës së ndryshme, në secilën enë ka vëllim të ndryshëm të lëngut. T'i shkruajmë barazimet për forcën e shtypjes që paraqitet në fundin e dy enëve:

$$F_1 = p_1 \cdot S \qquad F_2 = p_2 \cdot S$$

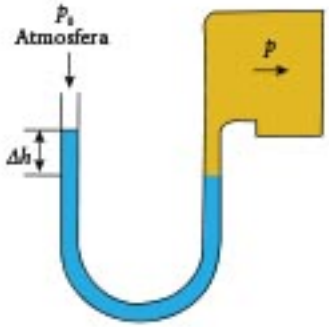
$$p_1 = \rho \cdot g \cdot h \qquad p_2 = \rho \cdot g \cdot h$$

$$F_1 = \rho \cdot g \cdot h \cdot S \qquad F_2 = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$$

Barazimet na tregojnë se si shtypja, ashtu edhe forca e shtypjes, janë të njëjta. Kjo është pasojë e varësisë së shtypjes hidrostatike nga dendësia, thellësia dhe nxitimi gravitacional, e jo nga vëllimi i lëngut në enë. Ky rezultat i pazakontë dhe në pamje të parë i pakuptueshëm njihet si paradoksi hidrostatik.

Gjatë gjithë matjes Sara si instrument për matjen e shtypjes e ka përdorur manometrin.

Manometri është instrument që mat vlerat e shtypjes së fluidit duke i krahasuar me shtypjen atmosferike. Ai përcakton se sa është ndryshimi ndërmjet shtypjes atmosferike dhe shtypjes që matet. Shtypja atmosferike matet me **barometër**, ndërsa shtypjet më të vogla maten me vakummetër. Sipas parimit të punës, manometrat ndahen në mekanik dhe hidraulik. Manometri hidraulik punon sipas parimit të **enëve të lidhura**.



▲ Figura 5. Manometri në formë të shkronjës U

Në njësinë mësimore të kaluar treguam për një gyp me formën e shkronjës latine "U" dhe se si niveli i lëngut në gyp ndryshon kur ndryshohet shtypja në njërin nga krahët. Kjo veti përdoret për të ndërtuar manometrin: manometri me formë të shkronjës U është një gyp prej qelqi i përkulur në formë të shkronjës U dhe i mbushur me fluid (merkur, alkool, ujë) (figura 5). Në të dy skajet e gypit ka shkallëzim ku mund të lexohen vlerat e shtypjes së matur, dhe pozita zero shënohet aty ku niveli i lëngut në të dy krahët është i njëjtë.

Njëri skaj i gypit është i hapur për shtypjen atmosferike normale, ndërsa tjetri është i lidhur me lëngun shtypjen e të cilit duam ta masim. Lëngu në manometër zhvendoset derisa forca e shtypjes së brendshme të barazohet me forcën e shtypjes hidrostatike që e krijon lëngu në gyp. Atëherë në të dy skajet e gypit fluidi do të jetë në lartësi të ndryshme. Ndryshimi në lartësinë mes niveleve të lëngut në të dy krahët e gypit jep vlerën e shtypjes së fluidit në sistem. Nëse niveli i lëngut në krahun e lidhur me enën e mbyllur është më i ulët, do të thotë se shtypja në enë është më e madhe. Nëse niveli i lëngut në atë krah është më i lartë, do të thotë se shtypja në enë është më e vogël.

Manometrin e përdorim, për shembull, kur duam të kontrollojmë shtypjen në gomat e automobilit. Shtypja që tregon pajisja është në fakt shtypja shtesë mbi shtypjen atmosferike. Prandaj, nëse manometri tregon "0", kjo do të thotë se shtypja e brendshme dhe ajo e jashtme (atmosferike) janë të barabarta.

Manometër mund të bëhet lehtësisht edhe në kushte shtëpie: mjafton vetëm një gyp i fiksuar në formë U, i mbushur me ujë të ngjyrosur dhe një vizore. Me vizore matet ndryshimi i lartësisë në dy shtyllat e ujit h, e cila më pas jep ndryshimin e shtypjeve si: $p - p_0 = \rho g h = 97.96 \text{ Pa} \cdot h \text{ (cm)}$. (Nëse përdorni lëng i cili nuk është ujë, kjo konstante do të jetë ndryshe).

Shembull i zgjidhur 1:

Në një gyp qelqi në formë të shkronjës (U) me të njëjtën syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore është hedhur merkur (zhivë). Në njërin krah të gypit hidhet ujë, ndërsa në tjetrin alkool. Lartësia e shtyllës së ujit është $h_u = 30$ cm, kurse e lartësia e shtyllës së alkoolit është $h_a = 10$ cm. Llogarit ndryshimin e lartësive të merkurit në dy krahët. Dendësitë e ujit, merkurit dhe alkoolit janë: $\rho_u = 1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $\rho_{Hg} = 13600\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dhe $\rho_a = 789\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Është dhënë:

$h_u = 30\text{ cm} = 0{,}3\text{ m}$

$h_a = 10\text{ cm} = 0{,}1\text{ m}$

$\rho_u = 1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\rho_{Hg} = 13600\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\rho_a = 789\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Kërkohet:

$\Delta h_{Hg} = ?$

Zgjidhje:

Ndryshimin e sipërfaqeve kufitare të shtyllës së merkurit në krahun e majtë dhe të djathtë do ta shënojmë me Δh_{Hg}

Nëse marrim parasysh se fluidet në gyp janë në gjendje të qetësisë dhe nëse barazojmë shtypjet hidrostatike te krahu i majtë dhe i djathtë fitohet:

$\rho_u = \rho_{Hg} + \rho_a$, domethënë $\rho_u h_u g = \rho_{Hg}\Delta h_{Hg} g + \rho_a h_a g$

Duke thjeshtuar g fitohet $\rho_u h_u = \rho_{Hg}\Delta h_{Hg} + \rho_a h_a$

Duke rregulluar shprehjen për Δh_{Hg} kemi:

$\rho_{Hg}\Delta h_{Hg} = \rho_u h_u - \rho_a h_a$

$$\Delta h_{Hg} = \frac{\rho_u h_u + \rho_a h_a}{\rho_{Hg}} = \frac{1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot 0{,}3\text{ m} - 789\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot 0{,}1\text{ m}}{13600\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

Aktivitet

Një zhytës ka dashur të masë shtypjen në det në thellësi të ndryshme.

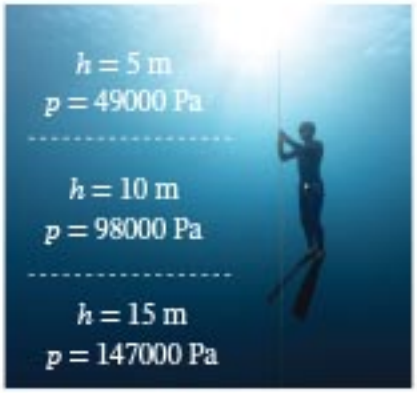
Dendësia e ujit të detit kur ai u zhyt ishte $\rho = 1025 \frac{kg}{m^3}$. Për këtë qëllim, me pajisje zhytjeje dhe manometër ai filloi hulumtimin.

Duke eksploruar bukurinë e botës nënujore (figura 6), ai ngadalë u zhyt në ujë dhe me ndihmën e manometrit e ndiqte ndryshimin e shtypjes. Në një thellësi $h = 5$ m, ai mati një shtypje prej $p = 49000$ Pa. Matjen tjetër e bëri në thellësi $h = 10$ m, ku shtypja ishte $p = 98000$ Pa. Pastaj u zhyt edhe më thellë dhe në thellësi $h = 15$ m mati një shtypje prej $p = 147000$ Pa.

Vlerat e matura për shtypjen në thellësitë e dhëna paraqiti në formë tabelare dhe grafike:

Numri i matjeve të kryera	p (kPa)	h (m)
1		
2		
3		

Tabela 4. Vlerat e matura të shtypjes në thellësi të ndryshme



▲ Figura 6. Varësia e shtypjes hidrostatike nga thellësia gjatë zhytjes

Nëse do të dish më tepër:

Që në periudhën antike janë përdorur zilet për zhytje. Zilja për zhytje është një dhomë e zbrazët në formë zileje që lëshohet në ujë, duke i mundësuar njeriut të punojë nën ujë dhe të thithë ajrin e bllokuar nën zile. Në versionet më të avancuara, ajri nën shtypje pompohet nga sipërfaqja për të rifreskuar rezervat e ajrit të pastër.

Kurreshtja njerëzore dhe dëshira për të eksploruar të panjohurën në ujërat e thella çuan në testimin e trupit të njeriut dhe të teknologjisë në kushte ekstreme. Kështu disa prej këtyre përpjekjeve janë përfshirë edhe në librin e rekordeve Gines.

Zhytja më e thellë pa pajisje (Freediving) është kryer nga Herbert Niç nga Austria, i cili më 6 qershor 2012 u zhyt në një thellësi të pabesueshme prej 253 metrash në ujërat pranë Santorinit, Greqi. Ky lloj i zhytjes quhet No Limits, sepse zhytësi përdor një gramar për ulje të shpejtë dhe një tullumbace për ngritje të shpejtë, por gjithçka kryhet pa bombola oksigjeni.

Për zhytjen me bombolë (SCUBA), egjiptiani Ahmed Gabr vendosi rekord më 18 shtator 2014 me një zhytje në thellësinë 332,35 metra në Detin e Kuq pranë Dahabit. Megjithëse zbritja zgjati vetëm 15 minuta, kthimi në sipërfaqe zgjati 13 orë e 35 minuta, për shkak të nevojës për dekompresim të kujdesshëm. Dekompresimi është procesi i uljes graduale të shtypjes kur zhytësi kthehet nga thellësia në sipërfaqe.

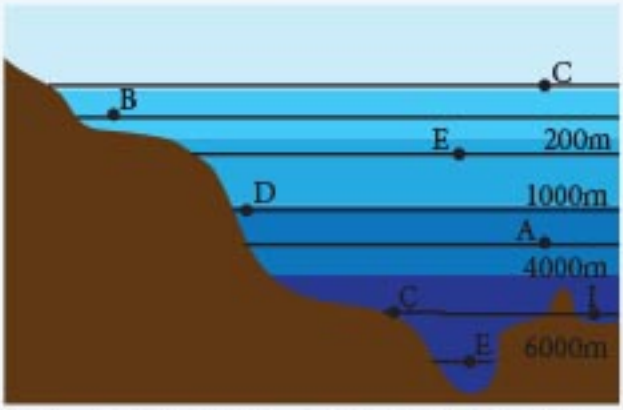
Gjatë këtij procesi, azoti nga ajri që thithet nën shtypje të caktuar tretet në trup. Nëse zhytësi del me shpejtësi të lartë në sipërfaqe, azoti mund të lirohet papritur nga trupi në formë flluskash, dhe kështu shkaktohet sëmundja e dekompresionit.

Zhytjen më të thellë me nëndetëse e kreu amerikani Viktor Vaskovo, i cili në vitin 2019 me një nëndetëse speciale u zhyt deri në thellësinë 10 929 metra në grykën e Marianës, që është pika më e thellë e njohur në Oqeanin Paqësor – Challenger Deep, vendi më i thellë i njohur në oqeanet e Tokës. Nëndetësja që ai përdori quhet DSV Limiting Factor dhe është një nga mjetet e rralla me ekuipazh e aftë të përballojnë një shtypje të tillë.

Pyetje dhe detyra:

1. Cila është varësia e shtypjes hidrostatike nga dendësia e lëngut?
2. Shpjego shtypjen hidrostatike duke përdorur një shembull.
3. Llogarit shtypjen në ujë gjatë vendosjes së rekordeve Gines:
   a) Herbert Niç gjatë zhytjes pa pajisje. Dendësia e ujit të detit: $\rho = 1024 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ nxitimi gravitacional $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;
   b) Ahmed Gabr, për zhytje me bombolë në Detin e Kuq, me $\rho = 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dhe $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;
   c) Nëndetësja e Viktor Vaskovos në ujërat pranë grykës së Marianës, me dendësi $\rho = 1076 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dhe nxitimi gravitacional $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
4. Le të supozojmë se nga njëri te tjetri skaj i Tokës je duke e hapur një tunel që kalon nëpër qendrën e Tokës dhe atë tunel e ke mbushur me ujë. Sa do të jetë shtypja e ujit në qendrën e Tokës? Supozo që Toka është një sferë ideale me masë M dhe rreze R.
5. Hulumtoni për aksidentin e nëndetëses "Titan". Diskutoni për nocionin **implodim** dhe shpjegoni kuptimin dhe shkaqet e këtij fenomeni.
6. Diskutoni me temë: "Siguria gjatë udhëtimit në ujë".
7. Shtypja hidrostatike në vendin më të thellë të Liqenit të Ohrit është $p = 2825{,}28$ kPa. Llogarit vlerën e thellësisë më të madhe të Liqenit të Ohrit. Për dendësinë mesatare të ujit në Liqenin e Ohrit të merret $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
   $(g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

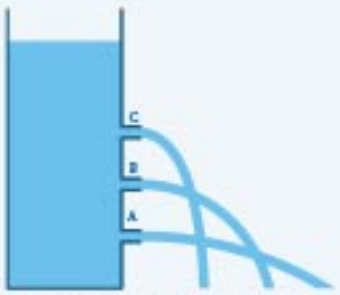
8. Sipas pikave të shënuara në figurën 7, radhitni shenjat në rend nga më e madhja te më e vogla, duke filluar nga pika me shtypjen më të madhe, dhe duke përfunduar me pikën me shtypjen më të vogël.



▲ **Figura 7.** Fundi i detit me pikat e shënuara ku është matur shtypja hidrostatike

9. Europa, sateliti i Jupiterit, mendohet se ka një oqean të lëngshëm nën shtresën e akullit të sipërfaqes. Nxitimi gravitacional në sipërfaqen e Evropës është $g = 1{,}315 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ si e tillë ajo nuk ka atmosferë. Deri në çfarë thellësie të oqeanit të satelitit Europa duhet të zbresë sonda për të përjetuar të njëjtën shtypje si në thellësinë 99 m në një oqean në Tokë? Dendësia e ujit të detit në Tokë është $\rho = 1025 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, ndërsa le të supozojmë se oqeani i satelitit Europa është me dendësi $\rho = 1000 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

10. Sqaroni shtypjen hidrostatike përmes shembullit të paraqitur në figurën 8:



▲ **Figura 8.** Ena me hapje në thellësi të ndryshme.

4.3 Forca e shtytjes. Forca e Arkimedit



▲ **Figura 1.** Shumë është më e lehtë të mbash dikë kur je nën ujë

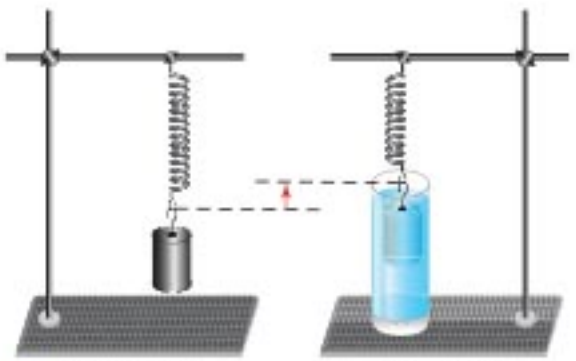
Forca e shtytjes

Që nga qytetërimet më të hershme, njeriu ka shfrytëzuar ujërat: oqeanet, detet dhe lumenjtë për udhëtim, hulumtim dhe tregti. Më shumë se 2300 vjet më parë, Aristoteli i ka studiuar arsyet e sjelljes së objekteve lundruese. Ai kishte vërejtur se anijet e ngarkuara që lundronin me sukses në ujërat e kripura të detit, shpesh fundoseshin kur hynin në ujërat e lumenjve. Kjo dukuri ia tërhoqi vëmendjen në ndryshimin e vetive fizike të lëngjeve, veçanërisht te dendësia e tyre, e cila ka ndikim të drejtpërdrejtë mbi zhytjen e trupave.

Kur trupat zhyten në lëng, pesha e tyre zvogëlohet. Ndoshta e keni vërejtur se kur hyni në ujë ndiheni më të lehtë. Shumë më lehtë mund ta ngreni shokun tuaj në pishinë sesa në tokë (figura 1), dhe akoma më lehtë në det. Pesha e tij që vepron mbi ju është më e vogël. Mund të ngreni më lehtë objekte të rënda nën ujë dhe, nëse i lini të bien, ato bien me shpejtësi dhe nxitim më të vogël sesa në ajër.

Në figurën 2 paraqitet një cilindër metalik i lidhur me një sustë (dinamometër), e cila mat peshën e tij kur ai është në ajër dhe kur është në ujë. Kur cilindri është në ujë, vlera që tregon dinamometri është më e vogël. Nga kjo mund të përfundojmë se uji vepron me një forcë te cilindri dhe ia zvogëlon peshën. Për të zvogëluar peshën e cilindrit, kahu i forcës duhet të jetë i kundërt me kahun e forcës së rëndesës së Tokës. Kjo forcë quhet forca e shtytjes (forca e Arkimedit).

Forca e shtytjes është forca e orientuar vertikalisht lart, me të cilën lëngu vepron mbi çdo trup të zhytur në të. Ndryshe kjo forcë quhet **forca e Arkimedit**.

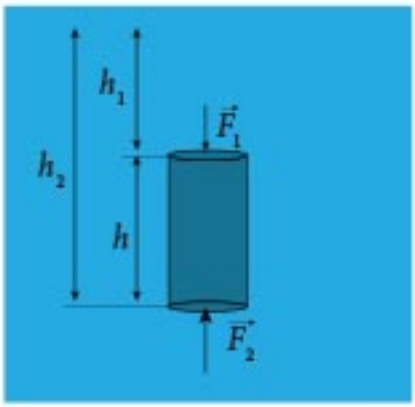


▲ **Figura 2.** Cilindri i zhytur në ujë e humb një pjesë të peshës së tij

Ligji i Arkimedit

Për të përcaktuar se sa është kjo forcë dhe nga vjen ajo, ta shqyrtojmë përsëri cilindrin e zhytur (figura 2). Sipërfaqja e sipërme e cilindrit

ndodhet në thellësinë h_1, ndërsa sipërfaqja e poshtme në thellësinë h_2. Lëngu nga të gjitha anët vepron mbi trupin me forcë të shtypjes. Në çdo thellësi, forcat që veprojnë mbi trupin nga dy anë të kundërta të sipërfaqes së mbështjellësit të cilindrit, e që janë të barabarta për nga moduli, që kanë drejtim të njëjtë por kah të kundërt, themi se anulohen. Këto forca nuk kontribuojnë në forcën e shtytjes.



▲ Figura 3. Trupi i zhytur në enën me ujë

Forcat që veprojnë në drejtimin vertikal nuk janë të barabarta dhe nuk anulohen. Sipërfaqja e poshtme e trupit ndodhet në thellësi më të madhe, prandaj shtypja hidrostatike dhe forca e shtypjes në të janë më të mëdha. Për këtë arsye, forca me të cilën lëngu vepron te sipërfaqja e poshtme F_2, me kahun vertikalisht lart, është më e madhe se forca që vepron mbi sipërfaqen e sipërme të cilindrit me kahun vertikalisht poshtë, F_1.

Shtypja hidrostatike te sipërfaqja e poshtme do të jetë $p_2 = \rho \cdot g \cdot h_2$, ndërsa te sipërfaqja e sipërme do të jetë $p_1 = \rho \cdot g \cdot h_1$.

Nga barazimi për shtypjen $p = \frac{F}{S}$, rrjedh se forca e shtypjes është $F = p \cdot S$. Për forcën në secilën nga dy sipërfaqet do të kemi:

$$F_2 = \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot S \qquad F_1 = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot S$$

Forca rezultante F do të jetë me kahun vertikalisht lart dhe do të jetë e barabartë me ndryshimin e këtyre dy forcave:

$$F = F_2 - F_1$$

Kahu pozitiv është marrë për kahun lartë, prandaj ndërsa F_2 ka shenjë negative. Nëse i zëvendësojmë vlerat e F_1 Kahu pozitiv është marrë për kahun lartë, prandaj ndërsa F_2 dhe F_1 në këtë barazim, fitojmë:

$$F = \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot S - \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot S$$

$$F = \rho \cdot g \cdot S\left(h_2 - h_1\right)$$

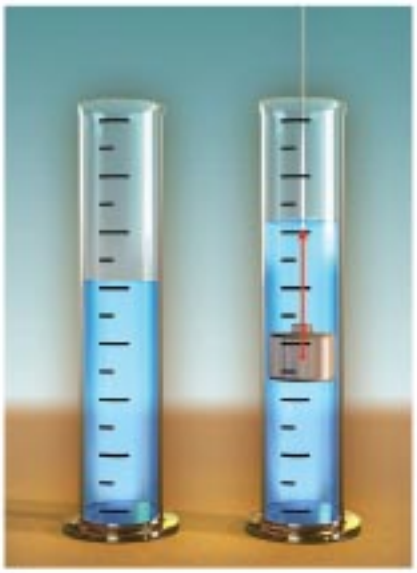
Nga figura 3 mund të shihet se $h = h_2 - h_1$, prandaj për forcën rezultante shkruajmë:

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot h$$

Meqenëse vëllimi i cilindrit llogaritet si $V = S \cdot h$, për barazimin e forcës së shtytjes fitojmë:

$$F = \rho \cdot g \cdot V$$

ku ρ është dendësia e ujit, V është vëllimi i cilindrit dhe g është nxitimi gravitacional.



▲ Figura 4. Gramari i zhytur në menzurë

Si mund ta interpretojmë këtë barazim? Së pari, meqë ρ është dendësia e ujit, konkludojmë se forca e shtytjes nuk varet nga dendësia e vetë trupit. Forca e shtytjes mbi një top plastik dhe mbi një top hekuri me të njëjtin vëllim është e njëjtë.

Më tej, mund të vërejmë se produkti ρV, në të vërtetë na jep masën e ujit e cila ka vëllim të barabartë me vëllimin e trupit. Atëherë $F = mg$ e është pesha e ujit që ka vëllimin e njëjtë me vëllimin e trupit.

Këtu është e rëndësishme të theksohet se trupi gjatë zhytjes e zhvendos lëngun me vëllim të barabartë me pjesën e vëllimit të tij të zhytur. Kjo mund të vërtetohet me eksperimentin e paraqitur në figurën 4. Me një menzurë matet vëllimi i një lëngu. Në menzurë zhytet një gramar dhe lexohet vëllimi i lëngut pasi është zhytur gramari. Ndryshimi i vëllimeve e jep vëllimin e lëngut të zhvendosur, i cili është i barabartë me vëllimin e trupit të zhytur.

Prandaj, kur e shprehim forcën e shtytjes, nuk flasim për vëllimin e trupit, por për vëllimin e lëngut të zhvendosur, sepse vetëm kështu përfshihen siç duhet edhe rastet kur trupi është pjesërisht i zhytur. Në këto raste, forca e shtytjes do të varet vetëm nga pjesa e vëllimit të trupit që është e zhytur.

Këto përfundime janë në fakt Ligji i Arkimedit:

Në çdo trup të zhytur në lëng vepron forca e shtytjes (forca e Arkimedit) e cila është e barabartë për nga moduli me peshën e lëngut të zhvendosur.

Pluskimi, notimi dhe fundosja

Forcat që veprojnë mbi një trup që ndodhet në një enë me lëng janë: forca e rëndesës së Tokës me drejtim vertikal dhe kahun poshtë, dhe forca e shtytjes me drejtim vertikal dhe kahun lart. Në varësi të herësit midis këtyre dy forcave, themi se trupi pluskon, noton ose fundoset. T'i shqyrtojmë të tre rastet.

Në figurën 5 paraqiten trupa me dendësi të ndryshme, të vendosur në një enë me të njëjtin lëng. Në figurë paraqiten vetëm forca e shtytjes $\vec{F}$ me kahun vertikalisht lart dhe forca e rëndesës së Tokës $\vec{P}$ me kahun vertikalisht poshtë. Në disa raste mund të ketë një forcë shtesë që nuk është treguar në figurë.

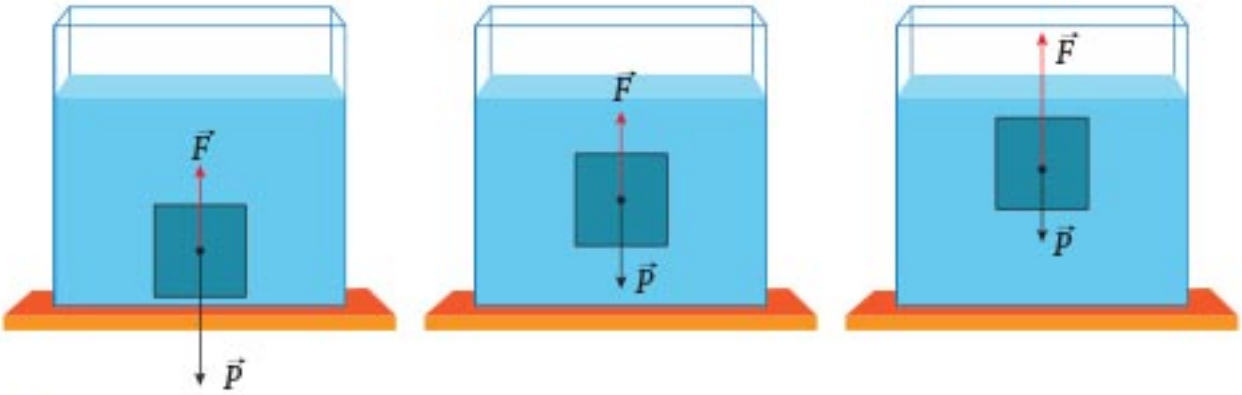
Forca e Arkimedit në të tre rastet është: $F = \rho_u \cdot g \cdot V$.

Në rastin e parë të paraqitur në figurë: Forca e rëndesës së Tokës P është më e madhe se forca e shtytjes F.

$$P > F$$

Forca rezultante do të jetë: $F_R = P - F \neq 0$,

rrjedh se: $P - F > 0$



▲ **Figura 5.** Enët e mbushura me lëng, në të cilat janë vendosur trupa me dendësi të ndryshme. Të paraqitura janë vetëm forca e rëndesës së Tokës dhe forca e shtytjes, ndërsa të gjitha forcat e tjera nuk janë shënuar në skicë. Trupi në enën e majtë fundoset, trupi në enën e mesme pluskon (as nuk fundoset, as nuk noton), ndërsa trupi në enën e djathtë do të dalë në sipërfaqen e lëngut.

Nëse zëvendësojmë $P = mg$, kurse masën e shprehim përmes dendësisë dhe vëllimit, mund të shohim lidhjen e dendësive:

$$P = \rho_T \cdot g \cdot V \qquad F = \rho_u \cdot g \cdot V$$

$$\rho_T \cdot g \cdot V > \rho_u \cdot g \cdot V$$

$$\rho_T > \rho_u$$

Të gjitha madhësitë u thjeshtuan përveç dendësisë. Kushti që forca e rëndesës së Tokës të jetë më e madhe se forca e shtytjes mbi trupin përmbushet vetëm kur dendësia e trupit është më e madhe se dendësia e lëngut.

Kur dendësia e trupit është më e madhe se dendësia e lëngut, trupi fundoset. Këtë e vërejmë, për shembull, kur hedhim një gur në ujë. Ai fillon të fundoset. Forca e shtytjes i jep një nxitim më të vogël sesa nxitimi që do ta kishte në ajër ose në vakum.

Ekziston një forcë rezultante ($F_R \neq 0$) derisa trupi bie poshtë. Kur arrin në fund, shfaqet forca e reaksionit normal të fundit të enës, dhe forcat mbi trupin baraspeshohen.

Për rastin e dytë, të paraqitur në figurë: Forca e rëndesës së Tokës mbi trupin P është e barabartë me forcën e shtytjes F.

$$P = F$$

Forca rezultante do të jetë $F_R = P - F$, rrjedh se $P - F = 0$. Kjo do të thotë se trupi as nuk fundoset, as nuk noton në sipërfaqe, por aty ku do ta vendosim, aty do të qëndrojë, sepse nxitimi i tij do të jetë zero.

Nëse zëvendësojmë $P = mg$, dhe masën e shprehim përmes dendësisë dhe vëllimit, gjatë forcës së njëjtë të shtytjes $F = \rho_u \cdot g \cdot V$, do të kemi:

$$P = \rho_T \cdot g \cdot V$$
$$\rho_T \cdot g \cdot V = \rho_u \cdot g \cdot V$$
$$\rho_t = \rho_u$$

Kur dendësia e trupit do të jetë e barabartë me dendësinë e lëngut, trupi do të **pluskojë**.

Kjo në jetën e përditshme rrallë vërehet, por ka përdorim të gjerë tek nëndetëset, për të cilat do të flasim më vonë.

Për rastin e tretë, të paraqitur në figurë: Forca e rëndesës së Tokës P është më e vogël se forca e shtytjes F.

$$P < F$$

Sipas kësaj, në trupin vepron forca rezultante, me kahun vertikalisht lart.

Forca rezultante do të jetë $F_R = P - F \neq 0$, rrjedh se: $P - F < 0$

Forca e Arkimedit është sërish $F = \rho_u \cdot g \cdot V$. Nëse zëvendësojmë $P = mg$, dhe masën e shprehim përmes dendësisë dhe vëllimit $P = \rho_T \cdot g \cdot V$

Atëherë, lidhja mes forcave do të jetë $\rho_T \cdot g \cdot V < \rho_u \cdot g \cdot V$

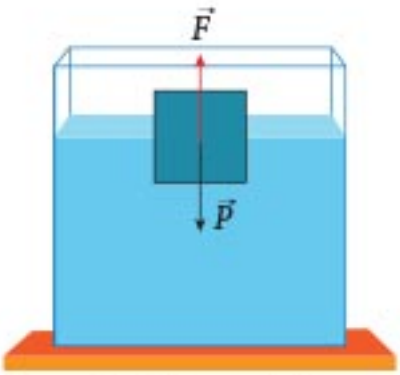
$$\rho_T < \rho_u$$

Derisa trupi është i zhytur, ekziston një forcë rezultante ($F_R \neq 0$). Kjo forcë do ta bëjë trupin të dalë në sipërfaqe. Për këtë arsye, një pjesë e vëllimit të tij do të dalë mbi lëng, prandaj forca e Arkimedit do të zvogëlohet. Përsëri mund ta shkruajmë si $F = \rho_u \cdot g \cdot V_1$, me atë që këtë herë vëllimi i lëngut të zhvendosur është i barabartë me vëllimin e pjesës së zhytur të trupit.

Forca e Arkimedit do të vazhdojë të zvogëlohet derisa të barazohet me forcën e rëndesës së Tokës që vepron mbi trupin (figura 6).

Në këtë situatë, kur asnjë forcë tjetër nuk e mban të zhytur, themi se trupi do të dalë në sipërfaqen e lëngut. Kur ndodhet në sipërfaqe, themi se trupi noton.

Të tre rastet janë përmbledhur në tabelën 1.



▲ Figura 6. Trupi i cili noton në sipërfaqen e lëngut

Kujdes:

Forca e Arkimedit dhe forca e rëndesës së Tokës kur trupi noton janë të barabarta! Përndryshe trupi do të fitonte nxitim.

Dendësia e trupit (në krahasim me lëngun)	Çka bën trupi?
më e madhe	fundoset
e barabartë	pluskon
më e vogël	noton

Tabela 1. Si sillen trupat me dendësi të ndryshme gjatë zhytjes në lëng

Aktivitet

Në linkun e mëposhtëm ke qasje në një simulim me ndihmën e të cilit mund të hulumtosh sjelljen e trupave të zhytur në lëng dhe të studiosh forcën e shtytjes. Gjatë hulumtimit ndrysho masën, vëllimin dhe dendësinë e trupit dhe vëre se ç'ndodh kur e ndryshon edhe dendësinë e lëngut.

PhET: Buoyancy: https://phet.colorado.edu/sims/html/buoyancy/latest/buoyancy_all.html

Përpiqu të përgjigjesh në pyetjet e mëposhtme:

- Ç'ndodh me trupin kur dendësia e tij është më e madhe, e barabartë ose më e vogël se dendësia e lëngut?
- Si ndryshon forca e shtytjes kur e ndryshon vëllimin e trupit?
- A varet forca e shtytjes nga materiali i trupit apo nga vëllimi?
- Ç'ndodh me trupin kur e zhyt pjesërisht në lëng?

Është e rëndësishme të theksohet se trupi që zhytet në një lëng nuk duhet gjithmonë të jetë doemos trup i ngurtë. Ligji i Arkimedit vlen edhe kur njëra ose të dyja substancat janë lëngje me dendësi të ndryshme ose kur kombinohen gjendje të ndryshme agregate (e ngurtë, e lëngshme, e gaztë).

Për shembull, nëse hedhim vaj mbi ujë, vaji do të dalë në sipërfaqe sepse ka dendësi më të vogël se uji. Në figurën 6 paraqitet një rast më i ndërlikuar me tre lëngje të ndryshme: shurup (me ngjyrë të gjelbër, poshtë), ujë (me ngjyrë të kaltër, në mes) dhe vaj ulliri (me ngjyrë të verdhë, sipër). Ato formojnë shtresa për shkak të dallimeve në dendësi.

Kështu, për shembull, nëse hedhim vaj mbi ujë, ai del në sipërfaqe. Në figurën 7 paraqiten tre lëngje me dendësi të ndryshme, të ngjyrosura me ngjyra të ndryshme. Brenda tyre janë zhytur disa objekte të cilat fundosen në të gjitha ose vetëm në disa nga lëngjet ose dalin mbi sipërfaqen e të gjithave lëngjeve apo vetëm mbi sipërfaqe të disa prej lëngjeve.

Në secilën prej këtyre lëngjeve janë zhytur objekte të ndryshme, pozicioni i të cilave varet nga dendësia e tyre në krahasim me dendësinë e secilës shtresë:

Kundërvidha, si më e dendura, fundoset poshtë të gjitha lëngjeve dhe bie në fund.

Luleshtrydhja fundoset nëpër vaj, por "noton" në sipërfaqen e ujit, sepse është më e dendur se vaji, por më e rralluar se uji.



▲ **Figura 7.** Në një gotë janë vendosur shurup (ngjyrë të gjelbër, poshtë), ujë (ngjyrë të kaltër, në mes) dhe vaj ulliri (ngjyrë e verdhë, sipër). Në këto lëngje janë zhytur: kundërvidha, e cila ka rënë në fund, poshtë shurupit; luleshtrydhja, e cila është fundosur në vaj, por noton mbi ujë; stiropori, i cili ka dalë në sipërfaqen e vajit.

Stiropori, me dendësinë më të vogël, qëndron në sipërfaqen e vajit. Të mos harrojmë se mbi stiropor ka ajër, prandaj mund të themi edhe se stiropori "fundoset" në ajër.

Ky shembull e ilustron bukur që Ligji i Arkimedit vlen në çdo kombinim të substancave dhe se sjellja e trupit varet nga krahasimi midis dendësisë së tij dhe dendësisë së fluidit në të cilin është zhytur.

Zbatimi i Ligjit të Arkimedit në praktikë

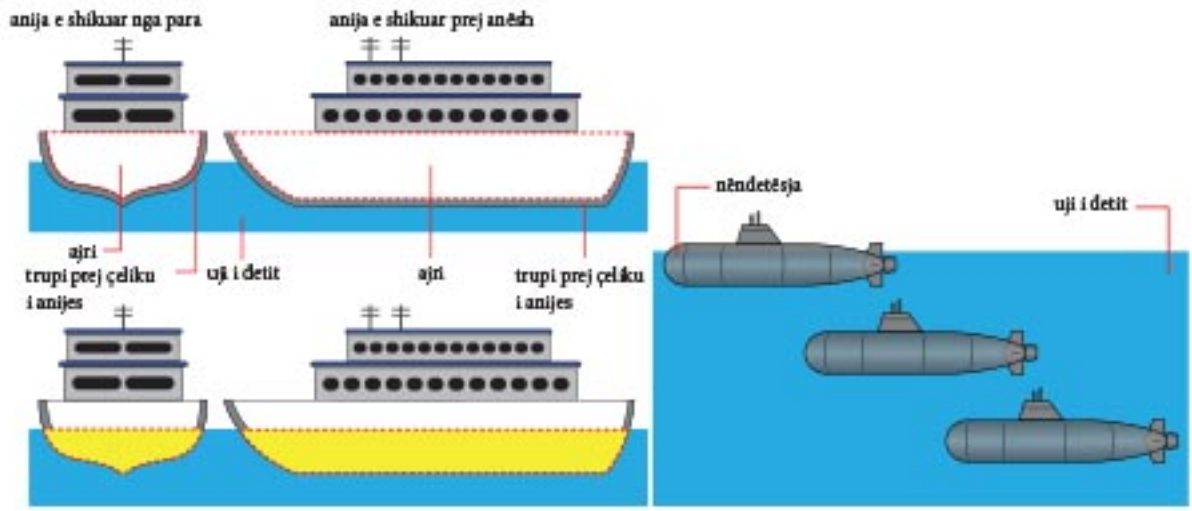
Ligji i Arkimedit ka zbatim të rëndësishëm në shpjegimin e kushteve për notim, qëndrim pezull (pluskim) dhe fundosje të objekteve lundruese, siç janë **anijet** dhe **nëndetëset** (figura 8a dhe figura 8b).

Edhe pse materialet nga të cilat ndërtohen anijet (p.sh. çeliku) kanë dendësi më të madhe se uji, ato nuk fundosen. Si është e mundur kjo?

Le të shqyrtojmë një tjetër shembull. Plastika është më e dendur se uji, por shpesh shohim shishe plastike që notojnë (figura 9). Kjo ndodh sepse ato janë të mbushura me ajër nga brenda. Në fakt, vëllimi që zë plastika është aq i madh sa që, kur zhytet, zhvendos një vëllim të madh uji, prandaj arrin të notojë.

Ngjashëm, arsyeja për notimin e anijeve qëndron në formën e tyre. Një pjesë e madhe e vëllimit të trupit të anijes është e mbushur me ajër, me ç'rast rritet vëllimi i ujit të zhvendosur. Kjo sjell një forcë shtytjeje mjaft të madhe për ta mbajtur anijen në sipërfaqe.

Ligji i Arkimedit thotë se mbi çdo trup të zhytur në një lëng vepron një forcë shtytjeje e barabartë me peshën e lëngut të zhvendosur. Për shkak të pjesës së brendshme të zbrazët të anijeve, dendësia e tyre



▲ Figura 8. Notimi, pluskimi dhe fundosja e objekteve lundruese; a) anija, b) nëndetëse

mesatare (masa totale e ndarë me vëllimin total) bëhet më e vogël se dendësia e ujit. Prandaj, forca e shtytjes është mjaft e madhe për t'i mbajtur anijet në sipërfaqe.



▲ **Figura 9.** Shishet plastike notojnë kur brenda tyre ka mjaftueshëm ajër. Mbetje të tilla shpesh përfundojnë në lumenj, liqene dhe dete, ku paraqesin një problem serioz mjedisor. Prandaj, është e rëndësishme që të mos i hedhim mbeturinat në natyrë, por në vendin e duhur dhe të kujdesemi për mjedisin jetësor, në mënyrë që të ruajmë ekosistemet ujore të pastra dhe të sigurta për të gjitha qëniet e gjalla.

Shembull i zgjidhur 1:

Një anije mallrash ka masë 20 000 kg dhe sipërfaqe të bazës 50 m². Lartësia nga fundi i anijes deri në kuvertë është 5 m, por për arsye sigurie, anija nuk duhet të zhytet në ujë më shumë se 80% e kësaj lartësie. Anija lundron në ujërat e qeta të detit me dendësi 1025 kg/m³.

Sa është ngarkesa maksimale që mund të mbajë anija pa kaluar në fundosje?

Është dhënë:

$$m = 20\,000\ \text{kg};\ \rho = 1025\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};\ S = 50\ \text{m}^2;\ h = 5\ \text{m};\ h_1 = 0{,}8\,h$$

Zgjidhje:

Maksimumi i lejuar i zhytjes është $h_1 = 0{,}8 \cdot 5\ \text{m} = 4\ \text{m}$

Vëllimi i pjesës maksimale të lejuar për zhytje të anijes, e me këtë edhe vëllimi i lëngut të zhvendosur është:

$$V = S \cdot h_1$$

$$V = 50\ \text{m}^2 \cdot 4\,\text{m} = 200\ \text{m}^3$$

Forca e Arkimedit që vepron në anije është:

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V$$

$$F_A = 1\,025\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 200\ \text{m}^3 = 2\,011\,050\ \text{N}$$

Që anija të jetë e sigurt gjatë lundrimit, është e nevojshme që forca e Arkimedit të jetë e barabartë me forcën e rëndesës së Tokës që vepron mbi anijen dhe mbi ngarkesën së bashku, pra:

$$F_A = (m + m_T)g$$

prej nga për masën e ngarkesës fitohet:

$$m_T = \frac{F_A}{g} - m$$

$$m_T = \frac{2\,011\,050\ \text{N}}{9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 20\,000\ \text{kg} = 185\,000\ \text{kg}$$

Për sigurinë në lundrim nuk mjafton që anija thjesht të mos fundoset, duhet të ekzistojë një pjesë e anijes që mbetet mbi ujë për të siguruar stabilitet, sidomos në kushte dallgësh ose zhvendosjesh të papritur të ngarkesës. Prandaj llogaritet zhytja maksimale e lejuar, e cila është më e vogël se lartësia deri në kuvertë. Llogaritjet tregojnë se nëse tejkalohet kjo zhytje, ekziston rreziku i hyrjes së ujit dhe humbjes së baraspeshës. Për këtë arsye, anijet kanë një numër të kufizuar udhëtarësh dhe të ngarkesës së lejuar. Çdo kilogram shtesë mund të prishë dhe rrezikojë sigurinë e të gjithëve udhëtarëve në bord. (Shih: Nëse dëshiron të dish më shumë).

Nga ana tjetër, nëndetëset mund ta ndryshojnë dendësinë e tyre duke mbushur ose zbrazur rezervuarët me ujë, gjë që u mundëson të notojnë, të pluskojnë ose të fundosen. Në rezervuarë, të vendosur ndërmjet pjesës së brendshme dhe të jashtme të trupit, ka ajër të kompresuar. Kur nëndetësja zbret në thellësi më të madhe, rezervuarët mbushen me ujë, duke rritur peshën e saj. Gjatë daljes në sipërfaqe, hyrja e ajrit të kompresuar e shtyn jashtë ujin, duke e ulur peshën e nëndetëses.



▲ Figura 10. Raxha që pluskon në ujërat e pastërta të oqeanit, me "krahët" e hapur, ndërsa lëviz nëpër ujë. Kjo tregon aftësinë e kafshëve detare për t'u përshtatur me kushtet në mjedisin e tyre me një harxhim minimal të energjisë.

Në të gjitha rastet e tjera, gjatë lëvizjes së nëndetëses në ujërat e detit, dendësia e saj mesatare është përafërsisht e barabartë me dendësinë e ujit. Falë kësaj, ajo mund ta ndryshojë thellësinë e saj pa konsum të madh energjie. Për arsye të ngjashme, edhe dendësia e shumicës së organizmave detarë është e përshtatur në mënyrë që të jetë e ngjashme me dendësinë e mjedisit ku jetojnë. Kjo u mundëson të pluskojnë ose të lëvizin nëpër ujë me përpjekje minimale (figura 10).

Disa kafshë, si peshqit, e rregullojnë dendësinë e tyre me anë të qeseve të ajrit (flluskave notuese), ndërsa të tjerë përdorin yndyrëra trupore ose hapësira të mbushura me gaz. Në këtë mënyrë, ata arrijnë baraspeshën në ujë dhe mund të qëndrojnë në një thellësi të caktuar pa pasur nevojë për not aktiv.

E përmendëm që Ligji i Arkimedit vlen edhe për gazrat. Ai zbatohet edhe tek tullumbacet me ajër (figura 11), veçanërisht tullumbacet me ajër të ngrohtë. Tullumbacja e parë e tillë u ngrit në Francë në vitin 1783. Kur ajri brenda tullumbaces nxehet, vëllimi i saj mbetet përafërsisht i njëjtë, i kufizuar nga pëlhura, por dendësia e saj zvogëlohet. Kjo ndodh sepse i njëjti numër molekulash shpërndahet në një hapësirë më të madhe. Megjithatë, shtypja mbetet pothuajse e njëjtë me shtypjen atmosferike të jashtme, sepse tullumbacja është e hapur në fund. Po të rritej ndjeshëm shtypja brenda, tullumbacja do të sillej si një tullumbace e mbyllur dhe do të fryhej, gjë që nuk ndodh në këtë rast.



▲ Figura 11. Tullumbace me ajër të ngrohtë

Meqenëse ajri i ngrohur ka dendësi më të vogël se ajri i ftohtë përreth, pesha e tullumbaces (duke përfshirë ngarkesën) bëhet më e vogël se forca e shtytjes që e krijon atmosfera. Si rezultat, tullumbacja fillon të ngrihet. Gjatë ngjitjes, lartësia rritet, dhe me këtë shtypja e jashtme zvogëlohet, gjë që çon në zgjerim të mëtejshëm të ajrit brenda tullumbaces. Një pjesë e

ajrit të brendshëm mund të dalë jashtë, dhe dendësia mesatare e sistemit (tullumbacja dhe ajri brenda saj) zvogëlohet, gjë që i mundëson lëvizjen e mëtejshme lart. Kur dendësia e tullumbaces të barazohet me dendësinë e ajrit përreth, forca e shtytjes do të jetë e barabartë me peshën dhe tullumbacja do të ndalojë së ngjitur, pra do të qëndrojë pezull apo do të pluskojë në atë lartësi.

Njohja e Ligjit të Arkimedit është e rëndësishme edhe për të shpjeguar notin si sport (figura 12). Kur njeriu noton, trupi i tij është pjesërisht i zhytur në ujë. Mbi të veprojnë disa forca: forca e rëndesës së Tokës (me kahun vertikalisht poshtë), forca e shtytjes sipas ligjit të Arkimedit (me kahun vertikalisht lart), dhe forca e rezistencës së ujit që e ngadalëson lëvizjen e tij. Mbi çdo trup të zhytur në lëng vepron një forcë shtytjeje e barabartë me peshën e lëngut të zhvendosur.



▲ **Figura 12.** Pozicionimi i saktë gjatë notit

Kur notuesi shtrihet dhe zgjatet në ujë, sipërfaqja që bie në kontakt me ujin rritet. Në këtë mënyrë, trupi zhvendos më shumë ujë, gjë që çon në rritje të forcës së shtytjes. Kjo forcë e ndihmon të qëndrojë në sipërfaqe, me më pak përpjekje për të ruajtur pozicionin.

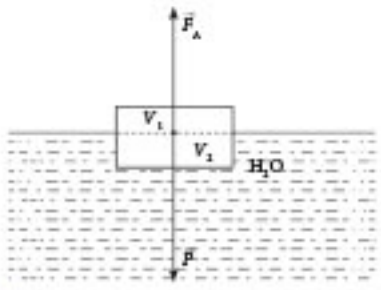
Shtypja në ujë rritet me thellësinë. Në pjesët e trupit që janë më thellë në ujë vepron shtypje më e madhe sesa në sipërfaqe. Kjo krijon një baraspeshë natyrore që ndihmon trupin të ngrihet, sepse në pjesën e poshtme (tek barku, ijet dhe këmbët) vepron shtytje më e madhe. Nëse trupi është i vendosur njëtrajtësisht, forcat barazohen dhe notuesi "pluskon" pa u fundosur ose pa u rrokullisur.

Në not, një faktor i rëndësishëm është edhe **forma aerodinamike** e trupit. Formë aerodinamike është forma e lëmuar, e drejtë e trupit, me të cilën zvogëlohet rezistenca e ajrit (figura 11). Kur notuesi e zgjat trupin (p.sh. në stilet kraul ose delfin), ai zvogëlon rezistencën e ujit. Uji ka dendësi më të madhe se ajri, prandaj çdo pjesë e parregullt (koka e ngritur, trupi i përkulur) krijon rezistencë shtesë. Trupi i lëmuar dhe i zgjatur lejon ujin të rrjedhë më lehtë rreth tij. Me shtypje më të vogël në pjesën e përparme dhe më pak turbulencë pas, kjo çon në lëvizje më efikase.

Nëse do të dish më tepër:

- Samuel Plimsoll, në vitin 1876, vendosi një ligj sipas të cilit të gjitha anijet më të mëdha duhet të kenë **vijën e Plimsollit** mbi trupin e anijes, e cila tregon deri ku arrin uji kur anija ka ngarkesë të madhe. Shenjat e vijës tregojnë edhe dendësinë e ujit në varësi të temperaturës: TF – Ujë i ëmbël tropikal, F-ujë i ëmbël; F-ujë i kripur tropikal; S-ujë i detit me klimë të butë verore; W-ujë i detit me klimë të butë dimërore.

➤ Anijet e sotme kanë dhoma të brendshme të mbushura me ajër, të cilat e pengojnë fundosjen, edhe kur ato përmbyten me ujë gjatë lundrimit.



▲ Figura 13. Diagrami i forcave që veprojnë te trupi i cili noton

Shembull i zgjidhur 2:

Vëllimi i një trungut druri që noton në ujë është $V = 8\ \text{m}^3$, dhe dendësia e tij është $\rho = 720\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Sa është vëllimi i pjesës së zhytur të trungut dhe sa është vëllimi i pjesës së jo të zhytur të trungut?0 $(g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \rho_u = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$

Është dhënë:

$V = 8\ \text{m}^3;\quad \rho = 720\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};\quad g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};\quad \rho_u = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Kërkohet:

$V_1 = ?;\quad V_2 = ?$

Zgjidhje:

Shënohet Ligji i Dytë i Njutnit për forcat që veprojnë te trungu i drurit i cili është në gjendje të qetësisë

$$\vec{P} + \vec{F}_A = 0$$

Me projeksion të barazimit vektorial në lidhje me boshtin vertikal shënohet

$$P - F_A = 0$$

$$mg - \rho_u g V_1 = 0$$

$$\rho V g - \rho_u V_2 g = 0$$

Duke zëvendësuar $V_2 = V - V_1$ fitohet $\rho V g - \rho_u (V - V_1) g = 0$

Me zgjidhje të barazimit të fundit për V_1 kemi

$$\rho V g - \rho_u (V - V_1) g = 0$$

$$\rho V_1 g - \rho_u V g + \rho_u V_1 g = 0$$

$$\rho V_1 g = V g (\rho_u - \rho)$$

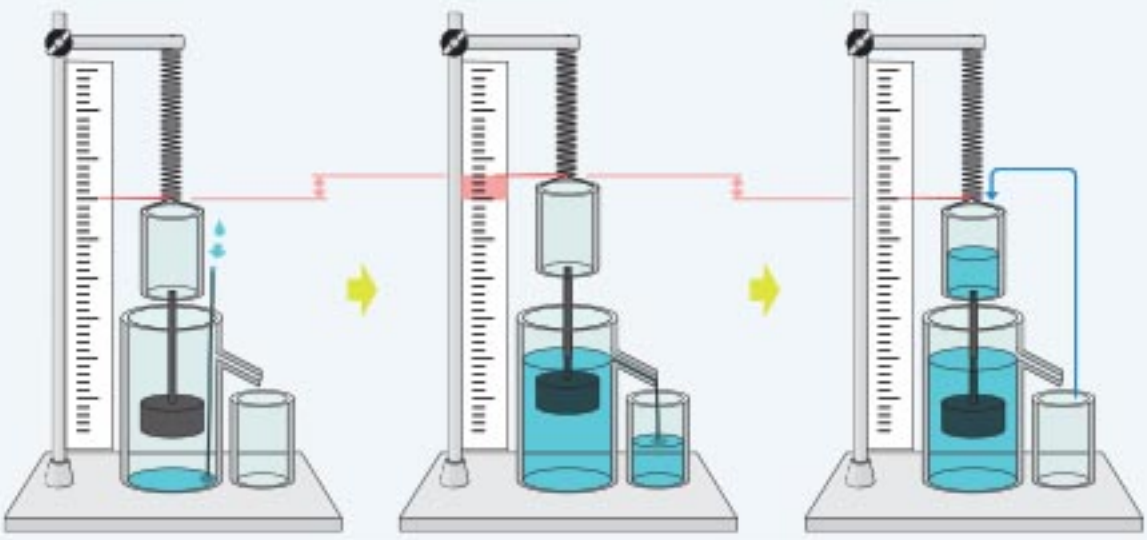
$$\rho_u V_1 = V(\rho_u - \rho)$$

$$V_t = \frac{V(\rho_v - \rho)}{\rho_v} = \frac{8\ \text{m}^3 \left(1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 720\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2{,}24\ \text{m}^3$$

Për V_2 fitohet $V_2 = V - V_1 = 8\ \text{m}^3 - 2{,}24\ \text{m}^3 = 5{,}76\ \text{m}^3$

Pyetje dhe detyra:

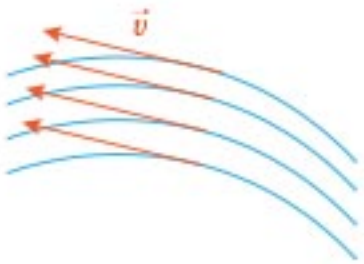
1. Realizo një eksperiment me një sustë ku është varur një gramar që humbet pjesërisht peshën e tij kur zhytet në një enë me ujë.
2. Bëj një hulumtim me temë: "Ndërtimi i posaçëm i anijes i mundëson stabilitet më të madh gjatë lundrimit".
3. Ç'është forca e shtytjes? Përdor një diagram forcash për ta shpjeguar forcën e shtytjes.
4. Një kub homogjen me brinjë $a = 10$ cm dhe dendësi $\rho = 20\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ është i zhytur në ujë. Llogarit peshën e kubit të zhytur. Për dendësinë e ujit të merret $\rho_u = 1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
5. Pesha e një tullumbaceje të zhytur në një lëng të panjohur, me vëllim $V = 10\ \text{dm}^3$, është $G_1 = 100$ N. Kur në një mënyrë të caktuar do ta zvogëlonim dendësinë mesatare të tullumbaces 2 herë, atëherë e njëjta tullumbace do të fillonte të pluskonte. Llogarit dendësinë fillestare të lëngut të panjohur.
6. Shpjego shembullin e paraqitur në figurë.



4.4 Barazimi i vijueshmërisë së rrjedhjes. Barazimi i Bernulit

Pjesa e mekanikës së lëngjeve ku studiohet lëvizja e lëngjeve dhe ligjet që e përshkruajnë atë quhet hidrodinamikë. Lëvizja e gazeve dhe ligjet që e përshkruajnë atë lëvizje studiohen në aerodinamikë. Të dyja bashkë e përbëjnë dinamikën e lëngjeve.

Shqyrtimi i lëngjeve reale është i ndërlikuar. Për shembull, fërkimi nuk shfaqet vetëm në sipërfaqet takuese të lëngut me muret e enës ku ndodhet, por shfaqet edhe brenda vetë lëngut. Për këtë arsye, do të shqyrtojmë vetëm modelin e lëngjeve dhe gazeve ideale ku forcat e fërkimit shpërfillen. Megjithatë, gjithmonë duhet pasur parasysh se nuk ekziston lëvizje e përsosur (ideale) e lëngjeve dhe gazeve apo lëvizje pa fërkim; ky model, sidoqoftë, përshkruan mjaft mirë një pjesë të madhe të dukurive që i hasim në jetën moderne, siç janë barazimi i vazhdimësisë dhe barazimi i Bernulit.



▲ **Figura 1.** Vijat e rrymimit

Lëvizja e lëngut mund të analizohet duke vëzhguar lëvizjen e grimcave të tij. Supozohet që grimcat lëvizin sipas trajektoreve të caktuara të quajtura **vija të rrymimit** ose **vija të rrjedhjes**. Këto janë vija të imagjinuara që përdoren për ta përshkruar më lehtë lëvizjen e lëngut. Ato përcaktojnë drejtimin, kahun dhe modulin e shpejtësisë në çdo pikë të lëngut.



▲ **Figura 2.** Lëvizja laminare dhe turbulente e fluidit

Drejtimi i shpejtësisë përcaktohet përmes drejtimit të tangjentës në një pikë të dhënë të vijës së rrymimit. Moduli i shpejtësisë përcaktohet nga numri i vijave të rrymimit që kalojnë normal (pingul) përmes një njësie të sipërfaqes (figura 1). Nëse këto vija të rrjedhjes nuk ndryshojnë me kalimin e kohës, pra nëse në çdo pikë të lëngut shpejtësia dhe drejtimi i lëvizjes së grimcave mbeten konstante, atëherë themi se lëvizja është **stacionare**. Në këtë rast shpejtësia e grimcës në një pikë të zgjedhur do të jetë e njëjtë me shpejtësinë e grimcave që më herët kanë kaluar në atë pikë.



▲ **Figura 3.** Rrjedhja e tymit nga një shkop temjani, poshtë është laminare kurse në pjesën e sipërme bëhet turbulente.

Në varësi të mënyrës së lëvizjes së grimcave, dallojmë dy lloje të lëvizjes së fluideve: lëvizje laminare dhe lëvizje turbulente (figura 2). Lëvizja është laminare kur grimcat e një shtrese nuk përzihen me grimcat e një shtrese tjetër dhe lëvizin sipas vijave paralele mes tyre. Kur grimcat lëvizin në të gjitha drejtimet dhe përzihen mes shtresave, duke krijuar vorbulla, lëvizja bëhet turbulente. Gjatë një shpejtësie të caktuar kritike, lëvizja laminare e lëngut mund të kalojë në lëvizje turbulente. Kjo mund të vërehet, për shembull, kur një shtyllë e hollë tymi e cila në fund është laminare, por kur ngjitet lartë, bëhet turbulente (figura 3).

Barazimi i vijueshmërisë

Çdo ditë hasim në lëngje që rrjedhin. Lumenjtë dhe era në natyrë, uji në ujësjellës, ajri në ventilatorët e shtëpive tona, gjaku dhe ajri nëpër trupin tonë – fluidet lëvizin kudo. Nga çfarë varet shpejtësia me të cilën ato lëvizin? Si "dinë" ato që në një çast të lëvizin më ngadalë, e në tjetrin të nxitojnë?

Ndoshta keni vërejtur se lumenjtë kur kanë shtrat të gjerë lëvizin më ngadalë, ndërsa kur për shkak të shkëmbinjve ose pengesave të tjera ngushtohen dimensionet e shtratit, uji rrjedh më shpejt. Kur luajmë me një zorrë uji dhe duam të spërkasim shokun që po ikën prej nesh, e mbyllim pjesërisht grykën e zorrës me gishtin e madh, dhe uji arrin më larg. Madje edhe fëmijët i mësojmë që nëse duan të fryjnë një qiri që është më larg, përveçse duhet të fryjnë fort, duhet ta bëjnë hapjen e buzëve sa më të vogël (figura 4).



▲ **Figura 4.** Për t'i fryrë qirinjtë në tortën e ditëlindjes, vajza i mbledh buzët për të bërë një hapje sa më të vogël.

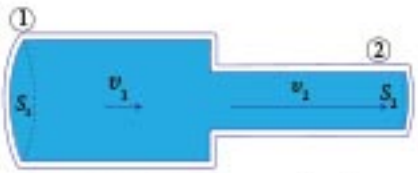
Ç'është e përbashkët për të gjitha këto situata? Vërejmë se kur hapja përmes së cilës rrjedhin fluidet është më e madhe, ato lëvizin më ngadalë. Kur hapja zvogëlohet, shpejtësia rritet. Nëse dimensionet e hapjes i përshkruajmë përmes syprinës së sipërfaqes së prerjes tërthore S, mund të përfundojmë se shpejtësia e lëvizjes është në proporcion të drejtë me syprinën e sipërfaqes së prerjes tërthore $v \sim \frac{1}{S}$. Nëse i nxjerrim të dy madhësitë në të njëjtën anë të barazimit dhe nga proporcionaliteti bëjmë një barazim, mund të shkruajmë: $v \cdot S = C$, ku C është konstante e proporcionalitetit.

Syprina e sipërfaqes së prerjes tërthore të ndonjë trupi apo gypi është syprina e sipërfaqes nën kënd të drejtë në lidhje me drejtimin e lëvizjes

Nëse një fluid që rrjedh me shpejtësi v_1 përmes një prerjeje tërthore me syprinë të sipërfaqes S_1, kalon në një prerje tërthore tjetër me syprinë të sipërfaqes S_2, atëherë shpejtësia e tij do t'i përshtatet gjeometrisë së re dhe do të bëhet v_1 (figura 5). Në këtë mënyrë shpjegohet konstanta e proporcionalitetit e përmendur më sipër. Në fakt, prodhimi $v \cdot S$ në çdo çast të rrjedhjes është i njëjtë. Ky varësi quhet **barazimi i vijueshmërisë** dhe shkruhet si:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Prodhimi i shpejtësisë së rrjedhjes së lëngut v dhe syprinës së sipërfaqes së prerjes tërthore S të mjedisit nëpër të cilin rrjedh, në cilëndo pjesë të rrjedhjes, nuk ndryshon.



▲ **Figura 5.** Gypi i rrjedhjes me syprina të sipërfaqes së prerjes tërthore të ndryshme

Kujdes:

Për shprehje dhe përcaktim më të lehtë të barazimit të vijueshmërisë, zgjodhëm në mënyrë të rastësishme vetëm dy prerje tërthore. Të njëjtin rezultat do ta merrni edhe nëse zgjidhni tre ose më shumë prerje tërthore.



▲ Figura 6. Gypi i vendosur horizontalisht me prerje tërthore të ndryshueshme.

Por, pse ndodh kjo? Arsyeja qëndron në ligjin e ruajtjes së masës: aq masë e lëngut sa do të hyjë në njërin skaj të gypit, po aq masë e lëngut do të dalë në skajin tjetër.

Shembull i zgjidhur 1:

Rrezet e dy prerjeve tërthore të ndryshme të një gypi konik të vendosur horizontalisht janë në raport:o $\frac{r_1}{r_2}=\frac{1}{3}$. Gjeni herësin e shpejtësive të fluidit në prerjet tërthore të dhëna.

Është dhënë:

$\frac{r_1}{r_2}=\frac{1}{3}$

Kërkohet:

$\frac{v_1}{v_2}=?$

Zgjidhje:

Shënohet barazimi që e përshkruan ligji për vijueshmëri

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Duke zëvendësuar shprehjet për syprinat e sipërfaqeve të prerjeve tërthore fitohet

$$r_1^2 \pi v_1 = r_2^2 \pi v_2$$

Duke thjeshtuar anëtarin π dhe me rregullim të mëtejshëm të shprehjes fitohet

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{r_2^2}{r_1^2}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2=3^2=9$$

Aktivitet

Te linku keni qasje deri te simulimi me ndihmën e të cilit mund të matni shpejtësinë e rrjedhjes së fluidit gjatë prerjeve tërthore të ndryshme të gypit të rrymimit.

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=mk .

Si arrihet teorikisht deri te barazimi i vijueshmërisë?

Le ta shqyrtojmë më hollësisht lëvizjen e një fluidi stacionar nëpër një gyp të rrjedhjes me prerje tërthore të ndryshme, të paraqitur në figurën 5. Masa e lëngut që kalon nëpër gypin e rrjedhjes është e njëjtë: $m_1 = m_2$. Masën e shprehim përmes vëllimit dhe dendësisë, $m = \rho \cdot V$ dhe shkruajmë $\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$. Por, meqë lëngu është jokompresibil (i pangjeshshëm), dendësia është e njëjtë kudo, prandaj vëllimi që kalon nëpër gyp është i njëjtë: $V_1 = V_2$.

Në një interval kohor Δt, nëpër prerjet tërthore S_1 dhe S_2 lëngu kalon rrugë $\Delta x_1 = v_1 \cdot \Delta t$ dhe $\Delta x_2 = v_2 \cdot \Delta t$. Vëllimin mund ta shkruajmë si prodhim të syprinës së sipërfaqes së prerjes tërthore dhe rrugës së kaluar $V_1 = S_1 \cdot \Delta x_1$ dhe $V_2 = S_2 \cdot \Delta x_2$. Duke zëvendësuar rrugën e përshkuar, fitojmë

Intervali kohor është i njëjtë, prandaj shkurtohet. Prej këtu e marrim formën e barazimit të vijueshmërisë që e pamë më sipër:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Nëse do të dish më tepër:

Prurja vëllimore

Sa vëllim lëngu do të rrjedhë nëpër prerjet tërthore dhe me çfarë shpejtësie do të lëvizë fluidi përcaktohet me madhësinë fizike të quajtur prurje vëllimore Q.

Herësi i vëllimit të fluidit, që në njësi kohe kalon nëpër një prerje tërthore të caktuar, jep prurjen vëllimore Q.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Duke zëvendësuar për vëllimin $V = S \cdot \Delta x$ dhe rrugën e përshkuar $\Delta x = v \cdot \Delta t$, fitohet:

$$Q = \frac{S \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t}$$

Prej këtu e fitojmë barazimin për prurjen vëllimore:

$$Q = S \cdot v$$

Meqë prodhimi $S \cdot v$ është konstant, shpejtësia e rrjedhjes do të rritet aty ku gypi ngushtohet dhe do të rritet aty ku gypi zgjerohet. Në fakt, mund të themi se shpejtësia e rrjedhjes është

në proporcion të zhdrejtë me syprinën e sipërfaqes së prerjes tërthore apo me kubin e rrezes së gypit.

Shembull i zgjidhur 2:

Nëpër gypin, me diametër të ndryshueshëm, rrjedh ujë. Llogarit prurjen vëllimore të ujit në pjesën e gypit me rreze $r = 3,5\ \text{cm}$, nëse shpejtësia e rrjedhjes është $v = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Është dhënë:

$r = 3,5\ \text{cm};\ v = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Kërkohet:

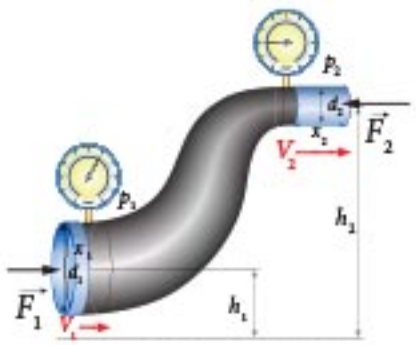
$Q = ?$

Zgjidhje:

$$Q = S \cdot v = r^2 \pi v = \left(3,5 \cdot 10^{-2}\right)^2 \cdot 3,14 \cdot 5 = 192,325 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



▲ Figura 7. Gypi me syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore të ndryshueshme



▲ Figura 8. Gyp i pjerrët me syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore të ndryshueshme

Barazimi i Bernulit

Kujtojeni gypin me prerje tërthore të ndryshueshme nga figura 5. Në pjesën me prerje më të vogël, fluidi rrjedh më shpejt. Nëse vendosni një manometër para dhe pas ngushtimit, do të vini re diçka interesante: shtypja para ngushtimit është më e madhe se pas tij. Kjo mund të shihet në figurën 7, ku paraqitet një gyp me prerje tërthore të ndryshme, me dy hapje njëra në skajin e poshtëm dhe tjetra në skajin e sipërm ku janë lidhur manometra. Nxënësja fryn në një gyp nga njëra anë. Shtypja në pjesën ku gypi është më i ngushtë është më e vogël. E dimë se këtu shpejtësia është më e madhe, që do të thotë: kur shpejtësia rritet, shtypja zvogëlohet.

Kjo lidhje midis shpejtësisë dhe shtypjes është një shembull konkret i një parimi më të gjerë që vlen për fluidet në lëvizje – Parimi i Bernulit. Me ndihmën e figurës 8 do të nxjerrim shprehjen që jep lidhjen midis këtyre madhësive fizike.

Në figurë paraqitet një gyp i rrymimit i pjerrët përmes të cilit rrjedh një fluid (lëng) stacionar. Prerjet tërthore të zgjedhura rastësisht S_1 dhe S_2 ndodhen në lartësi të ndryshme h_1 dhe h_2. Forca $\vec{F}_1$ ushtron shtypjen P_1 mbi prerjen me syprinë të sipërfaqes S_1. Forca e jashtme $\vec{F}_2$, ushtron shtypjen p_2, mbi prerjen me syprinë të sipërfaqes S_2. Në kushte kur forca F_1 është më e madhe se forca F_2 ,lëngu do të lëvizë në drejtim nga prerja me syprinë S_1 kah prerja me syprinë S_2. Për një kohë të caktuar Δt, nëpër prerjen tërthore do të kalojë një lëng me masë m dhe vëllim V.

Gjatë lëvizjes forca $F_1 = p_1 \cdot S_1$ kryen punë pozitive A_1, duke e zhvendosur lëngun me masë m , në largësi x_1, me shpejtësi v_1, për kohën Δt.

$$A_1 = F_1 \cdot x_1 = p_1 \cdot S_1 \cdot x_1 = p_1 \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$$

Forca F_2, kryen punë negative A_2, meqë vepron në drejtim të njëjtë por kah të kundërt me kahun e lëvizjes së lëngut. Për kohën e njëjtë Δt, puna që e kryen forca do të jetë

$$A_2 = -F_2 \cdot x_2 = -p_2 \cdot S_2 \cdot x_2 = -p_2 \cdot S_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$$

Gjatë lëvizjes së lëngut me masë m , nëpër prerjen tërthore me syprinë të sipërfaqes S_1, ai ka energji kinetike E_{k1}

$$E_{k1} = \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

Gjatë lëvizjes së lëngut me masë m , nëpër prerjen tërthore me syprinë të sipërfaqes S_2, ai ka energji kinetike E_{k2}

$$E_{k2} = \frac{m \cdot v_2^2}{2}$$

Energjia potenciale që e ka lëngu në prerjet tërthore S_1 dhe S_2, të cilat ndodhen në lartësi h_1 dhe h_2 në lidhje me sipërfaqen horizontale do të jetë:

$$E_{p1} = m \cdot g \cdot h_1 \quad \text{dhe} \quad E_{p2} = m \cdot g \cdot h_2$$

Sipas ligjit të ruajtjes së energjisë, puna e përgjithshme e kryer është e barabartë me shumën e ndryshimit të energjisë kinetike dhe potenciale:

$$A_1 + A_2 = \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$\Delta E_k = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

Nëse i zëvendësojmë shprehjet për punën dhe energjinë, barazimi do të shënohet në formën

$$p_1 \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t - p_2 \cdot S_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

E rregullojmë barazimin në atë mënyrë që nga njëra anë e barazimit i shënojmë anëtarët që vlejnë për prerjen tërthore S_1, ndërsa nga tjetra anë i shënojmë anëtarët që vlejnë për prerjen tërthore S_2.

$$p_1 \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t + \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 = p_2 \cdot S_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t + \frac{m \cdot v_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2$$

Në përputhje me barazimin e vijueshmërisë:

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t = S_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t = V$$

$$p_1 \cdot V + \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 = p_2 \cdot V + \frac{m \cdot v_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2$$

Barazimi i Bernulit vlen për cilatdo dy pika (apo prerje tërthore) sipas gjatësisë së gypit. Prandaj barazimi mund të shënohet edhe në formën:

$$p \cdot V + \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h = const$$

Energjia e përgjithshme e fluidit gjatë lëvizjes nuk ndryshon. Shuma e energjisë vëllimore $p \cdot V$, energjisë kinetike $\frac{m \cdot v^2}{2}$ dhe energjisë potenciale $m \cdot g \cdot h$ të fluidit është konstante.

Në barazimin e fundit për masën shënojmë: $m = \rho \cdot V$, dhe pastaj pjestojmë me vëllimin V.

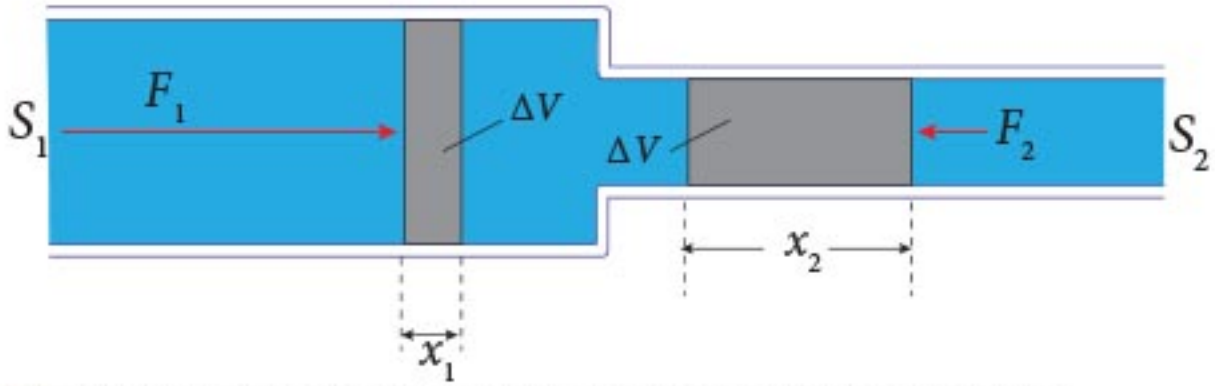
Barazimi do të marrë formën:

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = const$$

Gjatë lëvizjes stacionare të fluidit nëpër gyp të rrymimit, shuma e shtypjes statike, dinamike dhe hidrostatike, nëpër cilëndo pjesë të tij, mbetet konstante.

Në gypin e vendosur në mënyrë horizontale (figura 9), barazimi i Bernulit do të jetë

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = const$$



▲ Figura 9. Gypi i rrjedhjes me prerje tërthore të ndryshueshme, ku vërehet dy vëllime të njëjta të lëngut. Lëngu lëviz djathtas.

Shembuj të barazimit të Bernulit

Barazimi i Bernulit mund të përdoret për zgjidhjen e situatave konkrete problemore. Njëra prej tyre është përcaktimi i shpejtësisë së rrjedhjes së lëngut nga një hapje e vogël. Ena në të cilën ndodhet lëngu ka prerje tërthore shumë më të madhe në krahasim me prerjen tërthore të hapjes.

Shembull i zgjidhur 3:

Teorema e Toriçelit

Në një depo gjendet një rezervuar metalik me lartësi 1,5 m, i mbushur plotësisht me ujë. Në fund të rezervuarit ndodhet një hapje e vogël me diametër 1,8 cm, përmes së cilës rrjedh uji dhe bie drejtpërdrejt në një kovë të vendosur nën hapje. Me çfarë shpejtësie do të rrjedhë uji nga rezervuari në çastin kur ai është plotësisht i mbushur?

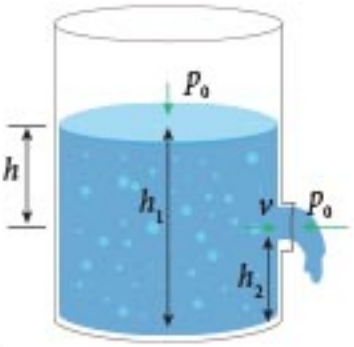
Është dhënë: **Kërkohet:**

$h = 1,5\text{m}$ $v = ?$

Zgjidhje:

Që të mund ta llogarisim shpejtësinë e rrjedhjes së ujit nga rezervuari, duhet të nisemi nga barazimi i Berulit. E shqyrtojmë sipërfaqen e lëngut në rezervuar dhe sipërfaqen e lëngut te hapja.

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$



▲ Figura 10. Rezervuari i mbushur me ujin i cili del nga një hapje e vogël; Teorema e Toriçelit

Shembull 4:

Sipas kushteve të problemit (figura 10) $p_1 = p_2 = p_0$ është shtypja atmosferike; v_1 është shpejtësia e lëvizjes së ujit në rezervuar, dhe meqë rezervuari ka prerje tërthore shumë më të madhe, mund të marrim $v_1 \approx 0$; h është lartësia mbi hapjen, e cila është e barabartë me ndryshimin e lartësive të dy sipërfaqeve $h = h_1 - h_2$; ρ është dendësia e ujit në rezervuar; g është nxitimi gravitacional.

Sipas këtyre kushteve, barazimi i Bernulit do të jetë:

$$p_0 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_0 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

$$g \cdot h_1 - g \cdot h_2 = \frac{v_2^2}{2};$$

$$g(h_1 - h_2) = \frac{v_2^2}{2}$$

$v_2 = v$ - shpejtësia me të cilën lëngu del nga hapja e vogël, prej nga fitohet shprehja për shpejtësinë:

$$v = \sqrt{2gh}$$

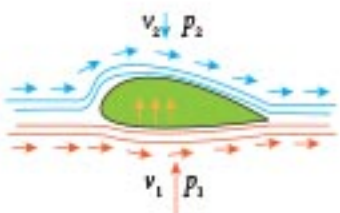
Me zëvendësimin e vlerave nga shembulli, mund të përcaktohet sa është shpejtësia me të cilën del uji nga rezervuari.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,5} = \sqrt{29,43}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 5,42\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Shpjegimin e shpejtësisë së mbushjes dhe zbrazjes së rezervuarëve me ujë në nëndetëse e jep teorema e Toriçelit.

Si fluturojnë aeroplanët?

Forma aerodinamike është një formë specifike e trupit që mundëson rezistencën më të vogël të mundshme gjatë lëvizjes nëpër ajër. Rryma e ajrit shpërndahet në mënyrë të barabartë rreth trupit. Qëllimi kryesor i dizajnit aerodinamik të trupave është të zvogëlohen turbulencat, të zvogëlohet fërkimi me ajrin dhe të rritet forca ngritëse. Sipas barazimit të Bernulit, te një trup aerodinamik, ajri që lëviz mbi krahun ka shpejtësi më të madhe sesa ajri që lëviz nën të. Atje ku shpejtësia është më e madhe, shtypja statike është më e vogël. Kjo është baza jo vetëm e fluturimit, por edhe e lëvizjes së qëndrueshme të trupave tokësorë dhe atyre ujorë.



▲ Figura 11. Forma aerodinamike

Krahët e aeroplanëve janë të dizajnuar me formë aerodinamike (figura 11), nga njëra anë e lakuar, ndërsa nga ana tjetër e rrafshët dhe e lakuar lehtë.Në këtë mënyrë, ajri lëviz me shpejtësi më të

madhe mbi krahun dhe krijohet shtypje statike më e vogël, ndërsa shpejtësia e ajrit nën krah është më e vogël dhe shtypja statike më e madhe. Kështu krijohet forca ngritëse, e cila e mban aeroplanin në ajër (figura 12).



▲ Figura 12. Forca ngritëse te aeroplani

Forca ngritëse tek aeroplanët sqarohet përmes barazimit të Bernulit:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

Pjesa e sipërme dhe e poshtme e krahut të aeroplanit ndodhen përafërsisht në të njëjtën lartësi $h_1 = h_2$, prandaj barazimi mund të shkruhet në formën:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

Meqenëse shpejtësia mbi krahun e aeroplanit v_2 është më e madhe se shpejtësia nën krahun v_1 ($v_2 > v_1$), atëherë shtypja statike $p_1 > p_2$.

Pikërisht për shkak të këtij dallimi të shtypjeve paraqitet forca ngritëse me drejtim vertikalisht lart.

Shembull 5:

Siguria në komunikacion

Njohja e ligjeve që përshkruajnë lëvizjen (rrjedhjen) e ajrit është e rëndësishme për sigurinë në komunikacion.

Ndonjëherë automjetet afrohen shumë pranë njëri-tjetrit, për shembull kur parakalojnë, kur kalojnë afër njëri-tjetrit në kahe të kundërta ose kur njëri prej tyre është i ndalë. Nëse distanca mes automjeteve është shumë e vogël ndërkohë që ato lëvizin me shpejtësi të madhe, ekziston rrezik më i madh për t'u goditur.

Kur distanca midis tyre është e vogël, atëherë shpejtësia e rrjedhjes së ajrit është e madhe. Një situatë e tillë është e ngjashme gjatë zvogëlimit të prerjes tërthore të një gypi përmes të cilit kalon lëngu. Kjo do të thotë se aty do të ndodhë rritje e shtypjes dinamike dhe zvogëlim i shtypjes statike. Shtypja statike në hapësirën ndërmjet automjeteve do të jetë më e vogël se shtypja atmosferike nga anët e jashtme të automjeteve, gjë që do të çojë në afrimin e tyre.

Kujdes:

Kurrë mos vozit me shpejtësi të madhe dhe mos u afro shumë pranë automjeteve tjera apo trupave tjerë!

Aktivitet

Me ndihmën e një topthi pingpongu dhe një hinke mund të bësh një eksperiment të thjeshtë. Ktheje hinkën me pjesën më të gjerë poshtë dhe mbaje topthin e pingpongut nga poshtë me dorë. Në momentin kur fillon të frysh fort nga sipër në pjesën e ngushtë të hinkës, lëshoje topthin dhe shpjego ç'do të vëresh.

Nëse do të dish më tepër:

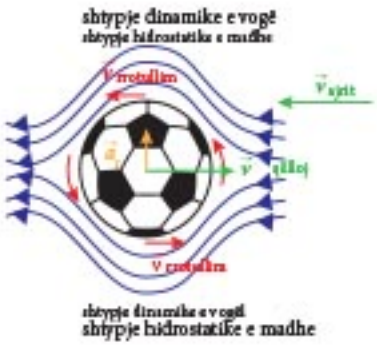


▲ Figura 13a. Trajektorja e topit të futbollit gjatë gjuajtjes me efekt është vijë e përkulët

Ç'ndodh gjatë goditjes me e-fe në futboll (figura 13a)? Pse topi nuk lëviz në drejtimin në të cilin futbollisti e ka goditur, por përkulet? Ky efekt quhet efekti Magnus, për nder të fizikantit gjerman Hajnrih Gustav Magnus, i cili në vitin 1852 e përshkroi këtë dukuri.

Ky fenomen ndodh kur një trup, për shembull topi i futbollit, rrotullohet gjatë lëvizjes nëpër ajër: dhe shpjegohet përmes barazimit të Bernulit.

Topi, për shkak të goditjes, lëviz nëpër ajër, por për shkak të relativitetit të lëvizjeve, nëse e vendosim sistemin e referimit te topi, do të duket sikur ajri është ai që lëviz. Nëse topi nuk rrotullohet, shpejtësia e ajrit në lidhje me topin do të jetë e njëjtë në të gjitha drejtimet rreth tij. Kur rrotullohet, topi "tërheq" shtresën e ajrit që ndodhet direkt rreth tij, duke e bërë të rrotullohet në të njëjtin drejtim si topi.



▲ Figura 13b. Sqarimi i efektit Magnus gjatë goditjes me efekt në futboll

Këto dy lëvizje të ajrit në raport me topin mbivendosen. Të marrim rastin kur topi rrotullohet në kahun e kundërt me akrepat e orës dhe lëviz djathtas, ashtu që ajri në lidhje me të lëvizë majtas (figura 13b). Atëherë, shpejtësia e përgjithshme e ajrit mbi top do të jetë më e madhe, sepse shpejtësia e goditjes dhe shpejtësia e rrotullimit janë në të njëjtin drejtim dhe kah, prandaj mblidhen $v_{larti} = v_{ajrit} + v_{rrotullimit}$. Në pjesën e poshtme, shpejtësia e ajrit do të zvogëlohet, pasi këtë herë shpejtësia e goditjes dhe ajo e rrotullimit janë me kahe të kundërta dhe zbriten $v_{posht} = v_{ajrit} - v_{rrotullimit}$.

Shtypja dinamike është më e madhe kur fluidi lëviz me shpejtësi më të madhe (që është rasti lart). Sipas barazimit të Bernulit, aty ku shtypja dinamike është më e madhe, shtypja hidrostatike është më e vogël. Kjo do të thotë se shtypja hidrostatike do të jetë më e madhe në anën tjetër, poshtë. Në të dy anët e topit ka një dallim në shtypje që çon në shfaqjen e një force të shtypjes. Kjo forcë çon në harkimin e trajektores, që nënkupton se trupi ka një nxitim centripetal, normal ndaj drejtimit të lëvizjes. Në Temën 2 pamë se përshpejtimi centripetal e ndryshon drejtimin e lëvizjes së trupit.

A e dini se...?

Daniel Bernoulli (1700 – 1782) ishte matematikan, fizikan, predikues dhe filozof zviceran. Një nga shkencëtarët më të mëdhenj të kohës së tij. Profesor i matematikës dhe anëtar i Akademisë së Shkencave në Shën Petersburg. Profesor i anatomisë dhe fiziologjisë në Akademinë e Bazelit. Drejtues i katedrës së Fizikës dhe profesor i fizikës eksperimentale në të njëjtën akademi. Si matematikan ka punuar mbi teorinë e ekuacioneve diferenciale, teorinë e probabilitetit me aplikim të statistikës dhe teorinë e serive. Në Fizikë është më i njohur si themelues i hidrodinamikës. Në veprën e tij "Hidrodinamika ose shënime mbi forcat dhe lëvizjet e lëngjeve" (1738), ai ka trajtuar probleme të hidrodinamikës, por edhe të hidrostatikës dhe hidraulikës. Në këtë vepër prej 13 kapitujsh është nxjerrë ligji themelor për lëngjet në lëvizje, i bazuar në ruajtjen e energjisë mekanike të një fluidi të pangjeshshëm në lëvizje, i njohur si barazimi i Bernoullit.

Amelia Erhart (1897 – 1937) ishte aviatore dhe autore amerikane. Ajo është një nga figurat më të rëndësishme në historinë e aviacionit. Fluturonte në një kohë kur aeroplanët ishin ende teknologji e re dhe numri i pilotëve ishte i kufizuar. U trajnuar si pilote në vitin 1921 dhe vetëm një vit më vonë mori certifikatën e saj të pilotimit nga Shoqata Kombëtare e Aviacionit. Po atë vit vendosi edhe rekordin e saj të parë – ngritje në lartësinë 4 300 metra, më e larta e arritur ndonjëherë nga një grua deri atëherë.

Suksesin më të madh e arriti në vitin 1932, kur me aeroplanin Llokhid Vega 5B (Lockheed Vega 5B), fluturoi vetëm nga Njufaundland (Newfoundland) në Kanada dhe pas gati 15 orësh u ul në Irlandë. Me këtë arritje ajo u bë gruaja e parë që e kaloi vetëm Atlantikun, gjë që më parë e kishte bërë vetëm Çarls Lindberg (Charles Lindbergh).

Gjatë karrierës së saj, Amelia vendosi shumë rekorde në shpejtësi, lartësi dhe gjatësi fluturimi. Mori pjesë edhe në dizajnimin e aeroplanëve me të cilët fluturonte dhe ishte anëtare aktive e organizatës ndërkombëtare të grave pilote The Ninety-Nines.

Në vitin 1937 ajo nisi përpjekjen për të bërë udhëtim rreth botës përgjatë ekuatorit, por u zhduk mbi Paqësor dhe fati i saj mbetet edhe sot e kësaj dite i panjohur.

Amelia luftoi aktivisht për barazinë gjinore, duke i inkurajuar vajzat dhe gratë të mësojnë, të eksplorojnë dhe të ëndërrojnë ëndrra të mëdha – pa marrë parasysh se çfarë priste shoqëria prej tyre. Ajo tregoi se shkenca, teknologjia dhe aviacioni nuk janë fusha as mashkullore as femërore – por fushe njerëzore, të hapura për këdo që ka kureshtje dhe guxim.

Pyetje dhe detyra:

1. Çfarë shpjegon barazimi i vijueshmërisë?
2. Kur lëngu lëviz nëpër një gyp me prerje tërthore të ndryshueshme, ka ndryshim të shpejtësisë së rrjedhjes. Shpjego pse ndodh kjo.
3. Cilat materiale të duhen për të bërë një manometër? Zhvillo një eksperiment me manometrin që ke bërë.

4. Me anë të një diagrami paraqiti forcat që veprojnë te trupi i njeriut gjatë notit.
5. Bëni hulumtimin me temë: "Ndikimi i formës aerodinamike te bolidi mbi shpejtësinë e tij dhe stabilitetin".
6. Diskutoni temën: "Fizika na ndihmon të rrisim sigurinë në trafik".
7. Sqaroni si me ndihmën e vijave të paramenduara të rrymës mund të përcaktohet drejtimi, kahu dhe moduli i shpejtësisë së fluidit në cilëndo pikë të gypit të rrymimit në të cilin ai lëviz.
8. Hulumto për trupa aerodinamikë. Me ndihmën e barazimit të Bernulit sqaro dy shembuj të cilët i ke gjetur gjatë hulumtimit.
9. Gjatë lëvizjes stacionare të një fluidi ideal nëpër gypin me syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore S_1, në një çast fluidi kalon në gypin me syprinë të sipërfaqes së prerjes tërthore tri herë më të madhe. Gjatë kësaj shpejtësia zvogëlohet për $4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Llogarit shpejtësinë e fluidit në të dy gypat.
10. Një zorrë ngjitet në një shkallë të lartë 30 cm. Shpejtësia e ujit në zorrë, në fund të shkallës, është 1,5 m/s, ndërsa syprina e sipërfaqes së prerjes tërthore të zorrës në majë të shkallës është sa gjysma e syprinës së sipërfaqes së prerjes tërthore në fund. Nëse shtypja e ujit në fund të shkallës është 150 kPa, sa është shtypja statike e ujit në majë të shkallës?
11. Në gypin cilindrik me rreze të prerjes tërthore prej $r = 12$ cm, kalon në mënyrë stacionare fluidi me shpejtësi $v = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Gypi ndahet në dy cilindra më të ngushtë, herësi i rrezeve të të cilëve është $\frac{r_1}{r_2} = 2$. Shpejtësitë e lëvizjes së fluideve në dy gypat më të ngushtë janë $v_1 = 12\frac{\text{m}}{\text{s}}$ dhe $v_2 = 15\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Llogarit rrezet e gypave përkatës.

Rezyme:

- Substancat të cilat mund të rrjedhin quhen fluide.
- Forca e jashtme që vepron në fluide përhapet në të gjitha drejtimet në mënyrë të njëtrajtëshme.
- Dendësia shprehet me barazimin $\rho = \frac{m}{V}$.
- Shtypja definohet si herës mes modulit të forcës (F) dhe syprinës së sipërfaqes në të cilën vepron ajo forcë (S)

  $p = \frac{F}{S}$
- Njësia matëse e shtypjes është paskali: $1\text{Pa} = 1\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
- Shtypja te fluidet në enë të mbyllur përhapet njëlloj deri te secila pikë e lëngut dhe deri te muret e enës.
- Mbi bazën e ligjit të Paskalit funksionojnë (punojnë) një numër i madh i makinave që shfrytëzohen në jetën e përditshme. Në hidraulikë kjo shtypje quhet shtypja hidraulike.

- Shtypja që paraqitet te lëngjet dhe e cila varet nga thellësia dhe dendësia e lëngut quhet shtypje hidrostatike.
- Shtypja hidrostatike mund të përcaktohet me barazimin $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$ ku
  P_0 - shtypja atmosferike
- Sistem enësh se janë të lidhura me fundin e tyre në mënyrë që lëngu të mund të kalojë lehtësisht nga një enë në tjetrën quhet sistem enësh të lidhura (komunikuese).
- Manometri është instrument me të cilin mund ta masim shtypjen në krahasim me shtypjen atmosferike ose me ndonjë tjetër shtypje.
- Forca e Arkimedit është forca me të cilën lëngu vepron mbi trupin e zhytur në të dhe, nga moduli, është e barabartë me peshën e lëngut të zhvendosur.
- Vëllimi i trupit të zhytur është i barabartë me vëllimin e lëngut të zhvendosur.
  $F = \rho \cdot g \cdot V$
- Kur dendësia e trupit është më e vogël se dendësia e lëngut, trupi do të ngjitet në sipërfaqen e lëngut dhe themi se ai noton.
- Kur dendësia e trupit është e barabartë me dendësinë e lëngut, trupi do të qëndrojë pezull apo do të pluskojë.
- Kur dendësia e trupit është më e madhe se dendësia e lëngut, trupi fundoset.
- Ligji i Arkimedit ka rëndësi të veçantë në shpjegimin e kushteve të notimit, pluskimit dhe fundosjes së objekteve lundruese si anijet dhe nëndetëset.
- Forma aerodinamike është formë e lëmuar dhe e rregullt e trupit, me anë të së cilës zvogëlohet rezistenca e ajrit.
- Prodhimi i syprinës së sipërfaqes S të prerjes tërthore të gypit me shpejtësinë v me të cilën lëngu lëviz në mënyrë stacionare, për çdo pjesë të gypit, nuk ndryshon. Ky quhet barazimi i vazhdimësisë dhe shprehet si: $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$
- Gjatë gjendjes së qetësisë ose të lëvizjes stacionare të lëngut nëpër një gyp të rrymimit, shuma e shtypjes statike, dinamike dhe hidrostatike, për çdo pjesë të tij, mbetet konstante.

  Për tubin e pjerrët: $p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = const$

  Për tubin horizontal: $p + \frac{\rho v^2}{2} = const$
- Me anë të teoremës së Toriçelit mund ta llogarisim shpejtësinë me të cilën del lëngu përmes një hapjeje të vogël:
  $v = \sqrt{2gh}$
- Forca ngritëse është forca që shfaqet si rezultat i dallimit të shtypjeve në dy anët e trupit. Kjo forcë shfaqet edhe te krahët e avionëve, duke mundësuar fluturimin e tyre.
- Barazimi i Bernulit jep shpjegime edhe në jetën e përditshme dhe kuptimi i tij ka rëndësi të veçantë për sigurinë e njerëzve.
- Kujdes: Asnjëherë kur je duke vozitur me shpejtësi të madhe dhe mos iu afro mjeteve apo trupave të tjerë

Tema 4 PROVO SA KE MËSUAR

1. Ligji i Paskalit për lëngjet thotë se:
   a) shtypja në lëngje përhapet vetëm vertikalisht;
   b) çdo pjesë e lëngut ka shtypje të ndryshme;
   c) shtypja në lëngje përhapet njësoj në të gjitha drejtimet;
   d) shtypja në lëngje varet nga temperatura.

2. Shtypja hidrostatike në një lëng varet:
   a) vetëm nga dendësia e lëngut;
   b) vetëm nga thellësia e lëngut;
   c) nga dendësia, thellësia dhe nxitimi gravitacional;
   d) nga masa dhe temperatura e lëngut.

3. Forca e Arkimedit varet nga:
   a) vëllimi i pjesës së zhytur dhe dendësia e trupit;
   b) masa e trupit;
   c) vëllimi i pjesës së zhytur të trupit dhe dendësia e lëngut;
   d) thellësia e zhytjes.

4. Trupi i zhytur në lëng pluskon nëse:
   a) ka vëllim më të vogël se lëngu;
   b) ka vëllim më të madh se lëngu;
   c) ka të njëjtën dendësi si lëngu;
   d) ka dendësi më të madhe se lëngu.

5. Sipas barazimit të vazhdimësisë:
   a) prodhimi i shpejtësisë së lëngut dhe sipërfaqes së prerjes tërthore nuk ndryshon;
   b) shpejtësia e lëngut nuk varet nga prerja tërthore e gypit të rrjedhjes;
   c) shpejtësia e lëngut është e njëjtë në çdo pjesë të gypit;
   d) herësi i shpejtësisë dhe sipërfaqes së prerjes tërthore të gypit të rrjedhës nuk ndryshon.

6. Nëse lëngu kalon nga një pjesë më e gjerë në një pjesë më të ngushtë të gypit të rrjedhjes, shpejtësia e tij:

   a) mbetet e njëjtë;

   b) zvogëlohet;

   c) rritet;

   d) mund të zvogëlohet ose të mbetet e njëjtë.

7. Barazimi i Bernulit e lidh:

   a) energjinë vëllimore, kinetike dhe potenciale të fluidit;

   b) masën, dendësinë dhe temperaturën e fluidit;

   c) shpejtësinë këndore dhe lineare të fluidit;

   d) energjinë kinetike dhe temperaturën e fluidit.

8. Kur automjeti shkel mbi një shtresë vaji, ai:

   a) e rrit fërkimin me rrugën;

   b) e zvogëlon shtypjen e gomave;

   c) humbet kontrollin për shkak të rezistencës së zvogëluar;

   d) e rrit shtypjen në frena.

9. Shpjego pse me një ngritës hidraulik, duke përdorur një forcë të vogël mund ta ngremë një automjet.

10. Pse në sistemet hidraulike përdoren lëngje të pangjeshëshme?

11. Pse shtypja hidrostatike e matur në të njëjtën thellësi në det është më e lartë sesa në pishinë?

12. Shpjego pse gjatë një ere të fortë mund të ngrihet çatia e shtëpisë.

13. Pse është e rëndësishme që në anije ngarkesa të shpërndahet në mënyrë të barabartë?

14. Ç'do të ndodhë nëse në një sistem hidraulik (p.sh. frenat) futet ajër? Pse kjo paraqet rrezik në komunikacion?

15. Imagjino se je inxhinier që projekton një tip të ri frenash automobilistike. Cilat karakteristika të lëngjeve do t'i merrje parasysh që ato të jenë efikase dhe të sigurta?

16. Shpjego si dinamika e lëngjeve ndihmon në përmirësimin e sigurisë tek automobilët që lëvizin me shpejtësi të madhe.

17. Propozo një mënyrë për përmirësimin e dizajnit të një anijeje detare për të parandaluar përmbysjen gjatë dallgëve të forta. Si mund të ndihmojë mekanika e lëngjeve? (udhëzim: lidhe me shtytjen, qendrën e masës, formën e korpusit)

18. Imagjino se je pilot i një tullumbaceje me ajër të nxehtë. Ç'do të ndodhë nëse temperatura e ajrit në tullumbace ulet papritur? Pse?

19. Në rast goditjeje, pse automobilët përdorin amortizatorë me lëng dhe jastëkë ajri? Si e shpërndajnë ato energjinë e goditjes?

20. Pika më e thellë në Oqeanin Paqësor, gryka e Marianës, është e thellë 10 984 m. Nëse merret për dendësinë mesatare të ujit oqeanik $\rho = 1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, llogarit shtypjen hidrostatike për thellësinë e dhënë. ($g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

21. Në një gyp horizontal, kur uji kalon nga një pjesë më e gjerë në një pjesë më të ngushtë të gypit të rrjedhjes me prerje tërthore tri herë më të vogël, shpejtësia e ujit do të rritet për $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Të llogaritet shpejtësia e ujit në pjesën më të gjerë të gypit.

22. Një pllakë me masë $m = 200$ g noton në ujë. Përcakto lartësinë e pllakës mbi sipërfaqen e ujit, nëse sipërfaqja e anës së gjerë të pllakës është $S = 40$ cm², ndërsa trashësia e saj është $d = 6$ cm.

23. Në pistonin më të vogël të presës hidraulike vepron një forcë $F_1 = 2$ kN, me ç'rast pistoni zhvendoset për një distancë $h_1 = 5$ cm.]. Si pasojë, pistoni me sipërfaqe më të madhe zhvendoset për $h_2 = 5$ mm. Çfarë force vepron mbi pistonin më të madh?

24. 24. Sipërfaqet e pistoneve të presës hidraulike janë $S_1 = 10$ cm² dhe $S_2 = 100$ cm². Me sa forcë duhet vepruar mbi pistonin me sipërfaqe më të vogël që në pistonin me sipërfaqe më të madhe të veprojë një forcë prej $F_2 = 200$ kN.

25. Në pistonin më të vogël të presës hidraulike vepron një forcë $F_1 = 2$ kN, me ç'rast pistoni zhvendoset për një distancë $h_1 = 5$ cm. Atëherë pistoni me sipërfaqe më të madhe zhvendoset për $h_2 = 5$ mm. Sa forcë vepron mbi pistonin më të madh?

Shtojca 1: Vektorët dhe operacionet me vektorë

Mbledhja e vektorëve

Rregulla e trekëndëshit

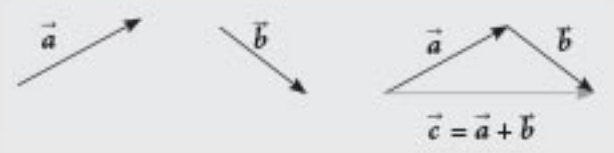


Figura 1.1

Rregulla e paralelogramit



Figura 1.2

Rregulla e shumëkëndëshit



Figura 1.3

Zbritja e vektorëve



Figura 1.4

Shumëzimi i vektorit me skalar



Figura 1.5

Pjesëtimi i vektorit me skalar

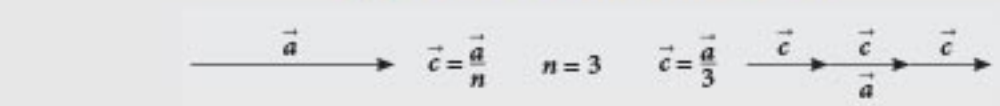


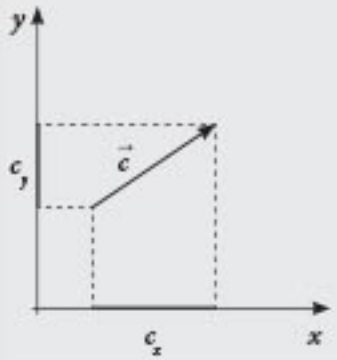
Figura 1.6

Pjesëtimi i vektorëve kolinearë



Figura 1.7

Projeksioni i vektorit në sistem të dhënë këndrejtë koordinativ



c_x – projeksioni i $\vec{c}$ në lidhje me boshtin x
c_y – projeksioni i $\vec{c}$ në lidhje me boshtin y

Figura 1.8

Funksionet trigonometrike që vlejnë për trekëndëshin kënddrejtë

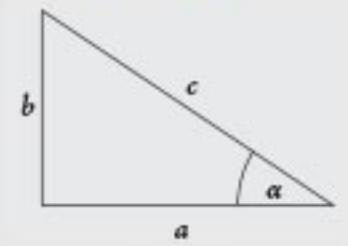


Figura 2.1

$$\sin\alpha = \frac{b}{c} \qquad \cos\alpha = \frac{a}{c} \qquad tg\alpha = \frac{b}{a} \qquad ctg\alpha = \frac{a}{b}$$

Prodhimi skalar

$$c = \vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos\sphericalangle\left(\vec{a}, \vec{b}\right)$$

Prodhimi vektorial

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} \qquad c = a \cdot b \cdot \sin\sphericalangle\left(\vec{a}, \vec{b}\right)$$

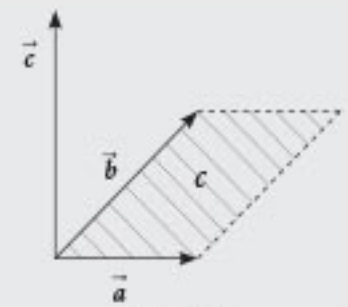


Figura 2.2

Shtojca 3: Disa karakteristika të Diellit, Tokës dhe Hënës

Madhësia	Simboli	Dielli	Toka	Hëna
Masa (kg)	M	$2 \cdot 10^{30}$	$6 \cdot 10^{24}$	$7{,}3 \cdot 10^{22}$
Rrezja (km)	R	696000	6371	1738
Vëllimi (km^3)	V	$1{,}4 \cdot 10^{18}$	$1 \cdot 10^{12}$	$2{,}2 \cdot 10^{10}$
Nxitimi mesatar i rënies së lirë (m/s^2)	g	273,8	9,81	1,62
Largësia nga Toka (km) – më e madhja – më e vogla – mesatarja	r	 $147{,}1 \cdot 10^6$ $152{,}1 \cdot 10^6$ $149{,}6 \cdot 10^6$	 - - -	 356410 406740 384440

Shtojca 4: Alfabeti i cili shfrytëzohet në Fizikë

Emri	Simboli		Emri	Simboli		Emri	Simboli		Emri	Simboli	
alfa	α	A	eta	η	H	ni	ν	N	tau	τ	T
beta	β	B	teta	θ,ϑ	Θ	ksi	ξ	Ξ	ipsilon	υ	Υ
gama	γ	Γ	jota	ς	I	omikron	o	O	fi	φ	Φ
delta	δ	Δ	kapa	$\varkappa$	K	pi	π	Π	hi	χ	X
epsilon	ε	E	llambda	λ	Λ	ro	ρ	P	psi	ψ	Ψ
zeta	ζ	Z	mi	μ	M	sigma	σ	Σ	omega	ω	Ω

Literatura e shfrytëzuar

Aki, A., Koşak, S., & Gür, S. (2004). *Mechanics*. Zimbak.

Brković, N. (2001). *Zbirka zadataka iz fizike, I dio*. LUK d.o.o., Zagreb

Duncan, T., & Kennett, H. (2014). *Cambridge IGCSE Physics (3rd ed.)*. Hodder Education

Guinness World Records. (n.d.). *Deepest descent in the sea by a manned vessel*. Retrieved June 10, 2025, nga https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/deepest-descent-in-the-sea-by-a-manned-vessel

Hamper, C. (2009). *Higher Level Physics: Developed specifically for the IB Diploma*. Pearson Education.

Labor, I. (2004). *Fizika 1: Udžbenik za prvi razred gimnazije*. ALFA d.d.

Leduc, S. A., & Miller, J. (2013). *Cracking the AP Physics B Exam 2013*. Random House, Inc.

NASA. (n.d.). NASA: National Aeronautics and Space Administration. Retrieved June 10, 2025, nga https://www.nasa.gov/

National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). Ocean Explorer. Retrieved June 10, 2025, nga https://oceanexplorer.noaa.gov/

PhET Interactive Simulations. (n.d.). PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations.

Reynolds, H. (n.d.). *Complete Physics for Cambridge Secondary 1*. Oxford University Press

Serway, R. A., & Faughn, J. S. (2006). *Physics*. Holt, Rinehart and Winston.

Tsokos, K. A. (2014). *Physics for the IB Diploma (6th ed.)*. Cambridge University Press.

University of Colorado Boulder. Retrieved June 10, 2025, nga https://phet.colorado.edu/

Urone, P. P.; Hinrichs, R.; Gozuacik, F; Pattison, D. & Tabor, C. (2020), *OpenStax: Physics for High School*. Texas Education Agency (TEA).

Walker, J. S, (2016). *Physics*. James S. Walker, Western Washington University. (5th ed.). Pearson Education.

Young, H. D., & Geller, R. M. (2007). *College Physics (8th ed.)*. Pearson Education.

Андоновски, А., Митреска, З., Гершановски, Д., Стоименов, С. и Зајков, О. (2015). *Физика за IV година: Природно-математичко одделение, комбинација А*. Просветно дело АД, Скопје.

Петковски, Љ., и Миџевски, В. (1991). *Физика за I година: Природно-математичка струка*. Просветно дело.

Станковиќ, З., и Станковиќ, М. (2019). *Физика I: Збирка прашања и задачи со тестови*. Арс Ламина.

Чалуковић, Н. (2021). *Физика за први разред гимназије*. Круг.

Чаушевски К (2000). *Физика за II година*. Просветно дело АД, Скопје.