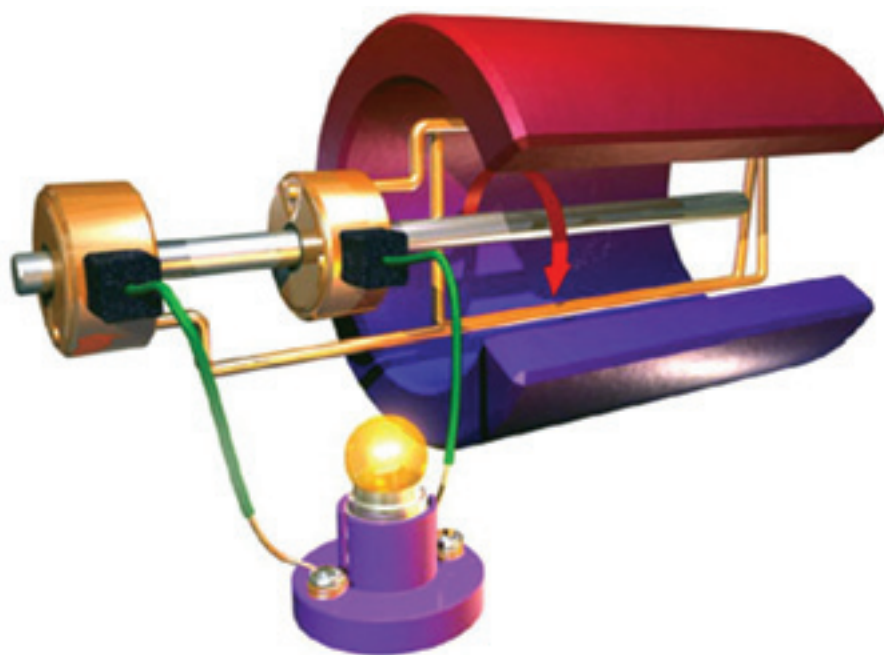


Симеон Гешоски • Фердинанд Нонкуловски

ФИЗИКА



ОСМИ РАЗРЕД

ОСМОГОДИШЊЕГ ОСНОВНОГ ОБРАЗОВАЊА

Издавач:

МИНИСТАРСТВО ОБРАЗОВАЊА И НАУКЕ
РЕПУБЛИКЕ МАКЕДОНИЈЕ
ул. Мито Хаџи - Василев Јасмин, бб
Скопје

Рецензенти:

Проф. Д-р Невенка Андоновска
Валентина Поповска, проф.
Ѓорѓи Илиевски, наставник

Превод:

Мирјана Вељковић

Припрема за штампу:

ПРОСВЕТНО ДЕЛО АД - Скопје

Штампа:

Графички центар дооел, Скопље

Решењем Министра за образование и науку Републике Македоније бр. 22-2350/1
од 23 априла 2010 године одобрава се употреба овог уџбеника.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

373.3.016:53 (075.2) = 163.3

ГЕШОСКИ, Симеон

Физика: осмо одделение : осумгодишно основно образование / Симеон Гешоски, Фердинанд
Нонкуловски - Скопје : Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2010.

- 159 стр. : илустр. ; 28 см

Величини, единици, поими : стр. 158

ISBN 978-608-4575-99-3

1. Нонкуловски, Фердинанд [автор]

COBISS.MK-ID 84086538

САДРЖИНА

ЕЛЕКТРИЧНЕ И МАГНЕТНЕ ПОЈАВЕ

5

ОСЦИЛАЦИЈЕ И ТАЛАСИ. ЗВУК

87

СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ

107

АТОМСКА И НУКЛЕАРНА ФИЗИКА

143

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

157

ВЕЛИЧИНЕ, ЈЕДИНИЦЕ, ПОЈМОВИ

158

УЧЕНИЦИ!

Испред вас је уџбеник из физике за осми разред основног осмогодишњег образовања, односно за девети разред деветогодишњег основног образовања, израђен према новом наставном програму.

У уџбенику су обрађени делови физике за које имате скромна предзнања.

То су делови из наелектрисања, магнетизма, осцилаторног и таласног кретања, звука, светлости, као и део атомске физике.

Овај уџбеник по својој концепцији припада оној врсти литературе која потиче, поставља питања и наводи на размишљања која су подкрепљена цртежима, сликовито постављеним проблемским задацима и стањима, а омогућава и непосредно праћење вашег напретка и развоја преко сопствених поступака и инструмената.

По својој концепцији, уџбеник је намењен за интерактивну наставу, са посебним акцентом на активности за тражење и откривање поступака и законитости, који се требају решавати мисаоно и са огледима.

Физичке садржине се не уводе као збир факата и дефиниција за које се не види одакле долазе. Напротив, ту се настоји да се уоче процеси преко којих се дошло до тих сазнања, при чему се настоји да ученици буду непосредно укључени. Због тога је овај уџбеник тако организован да нуди више занимљивих и примењивих проблемских стања. Од вас се очекује да се укључите у процес њиховог решавања, а тиме и да сами учествујете у стварању и усвајању физичких знања.

Дат је велики број огледа које ћете ви, у групи или индивидуално преко активне сарадње са наставником, као организатор и усмерач, требати извести.

Током истраживања ћете посматрати, мерити, предвиђати, размишљати и долазити до одговора. Добивена решења ћете поново проверавати путем огледа. Тако стекнута знања су много квалитетнија и трајнија, а ви ћете брже напредовати.

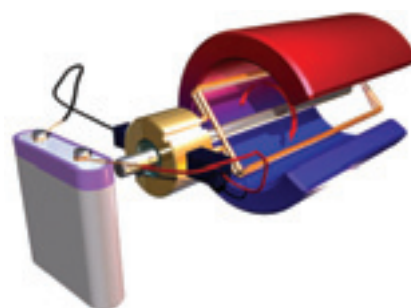
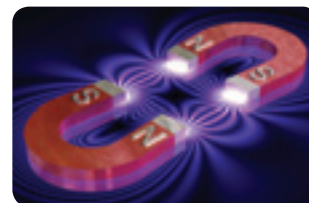
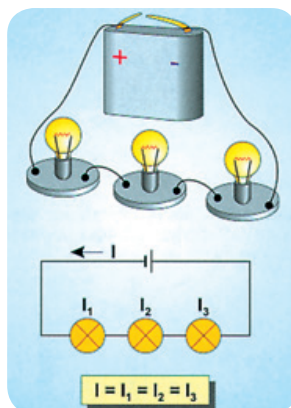
На крају сваке тематске целине дати су тестови са питањима и задацима на која може да се одговори, односно која могу да се реше, уз помоћ стекнутих знања.

Аутори уџбеника, преко оваквог концепта, желе да провоцирају вашу знатижељу и машту, при чему ћете развијати своје стваралачке способности, и њихову применљивост, покрај тога што ћете стицати нова знања из физике.

Може да се деси да у току учења, након тематског упознавања са одређеним садржинама, покажете интерес за даље истраживање и изаберете неки пројект на коме ћете радити индивидуално или групно. У том случају потражите савет и помоћ свог наставника.

ЕЛЕКТРИЧНЕ И МАГНЕТНЕ ПОЈАВЕ

1	Наелектрисања и њихово узајамно деловање	6	11	Рад и моћност електричне струје	39
2	Електрони, јони и електрична струја	11	12	Опасност и заштита од струјног удара	42
3	Електрична струја. Проводници, изолатори и полупроводници	15	13	Магнети и магнетно поље	48
4	Струјно коло и његови елементи	17	14	Магнетно деловање електричне струје	53
5	Ефекти електричне струје	20	15	Деловање магнетног поља на проводник кроз који тече електрична струја	62
6	Електрични напон	23	16	Електромагнетна индукција	66
7	Електрични отпор	27	17	Добијање наизменичне струје. Генератор	70
8	Омов закон	30	18	Трансформатори	75
9	Везивање потрошача у струјно коло	33	19	Полупроводници	79
10	Електрични капацитет. Кондензатори	36	20	Полупроводнички уређаји	82





Наелектрисања и њихово узајамно деловање

Шта ћете приметити ако предходно опрану и осушену косу чешљате пластичним чешљем? Она се подиже према чешљу. Ако чешаљ приближимо ситним парчићима папира, они се подижу, а затим се целосно одбијају (сл. 1.1 и сл. 1.2).



Испитајмо:

Протрљајте балон чистом крпом. Приближите га зиду, а други, исто тако протрљан балон, ставите изнад косе. Шта примећујете? (сл. 1.3 и сл. 1.4).

Трљањем балона створио се “статички” електрицитет, због чега се ствара електрична сила због које се балон “лепи” за зид или провлачи лагане предмете, на пример, власи косе.



Оглед 1:

Протрљајте чешаљ од пластике вуненом крпом и обесите га на коначу као на слици 1.5а). Приближите други чешаљ, такође протрљан вуненом крпом и пратите шта се дешава. Чешљеви се одбијају.



Оглед 2:

Поново наелектришите чешаљ вуненом крпом и обесите га на статив (сл. 1.5 б). Приближите му стаклену шипку протрљану свиленом крпом. Пратите шта се дешава. Шипка и чешаљ се привлаче. Из огледа 1 и 2 можемо да закључимо да трљањем материјали могу да поприме особине међусобног узајамног деловања привлачења или одбијања.

Особину привлачења или одбијања Гилберт је назвао **електрицитет**.

Носиоци и причинитељи електричних својстава су **наелектрисања**. С обзиром да је овај електрицитет у стању релативног мировања, он се назива **статички електрицитет**.



Сл. 1.1



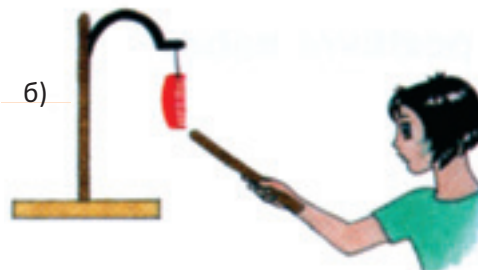
Сл. 1.2



Сл. 1.3



Сл. 1.4



Сл. 1.5



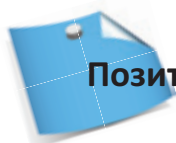
Оглед 3:

Отворите славину чесме са доводом воде из градског водовода сасвим мало да би добили танак млаз воде (сл. 1.6). Протрљајте поливинилску шипку вуненом крпом и приближите је млазу. Опажате да се између наелектрисаног чешља и танког млаза воде јавља узајамно деловање и зато се танки млаз воде отклања. У овом случају узајамно деловање је између статичког електрицитета чешља и електрицитета садржаном у кретању воде.

Шта мислите: Да ли тела могу да се наелектришу само трљањем? Не. Постоје и други начини, на пример, додиром и електричном инфлуенцом.

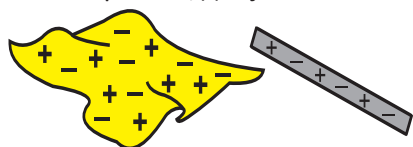


Сл. 1.6

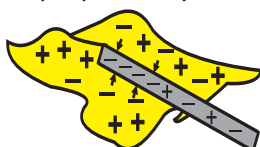


Позитивни и негативни електрицитет

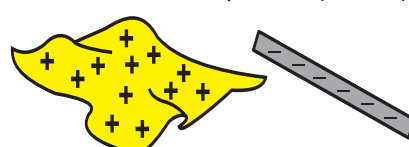
Договорно се подразумева да је протрљана стаклена шипка свиленом крпом позитивно наелектрисана, док је поливинилска шипка протрљана вуненом крпом негативно наелектрисана (сл. 1.7).



а) пре трљања



б) за време трљања



в) након трљања

Сл. 1.7

Не заборавимо: Код трљања важни су материјали од којих су направљена тела.

Шта се дешава кад поливинилску шипку протрљамо вуненом крпом?

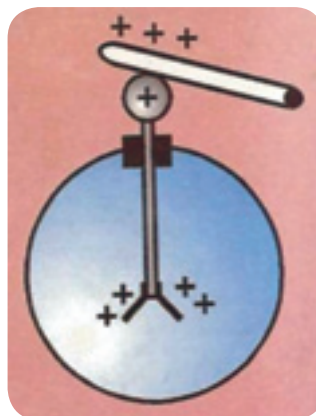
Ако поливинилску шипку протрљамо вуненом крпом, део електрона са крпе прелази на шипку и зато што она има вишак негативног електрицитета, кажемо да је негативно наелектрисана.

Вунена крпа, због тога што је изгубила део негативног електрицитета, је позитивно наелектрисана.

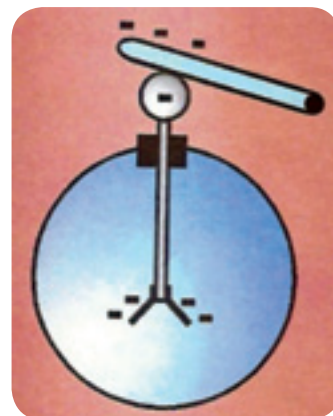


Електрисуње додиром

Уколико ненаелектрисаном електроскопу (сл. 1.8 и сл. 1.9) приближимо наелектрисану шипку (позитивно или негативно), опазићемо да ће се листићи електроскопа отклонити, што значи да смо их у оба случаја наелектрисали истим електрицитетом као што је електрицитет шипака.



Сл. 1.8



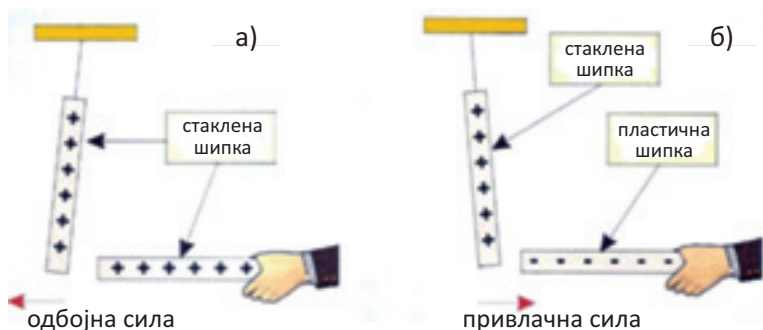
Сл. 1.9



Узајамно деловање наелектрисаних тела

Да би испитали какво је узајамно деловање наелектрисаних тела, разгледаћемо следећи оглед.

Узимамо две позитивно наелектрисане стаклене шипке (сл. 1.10 а) и прибиближавамо их једну другој. Опажамо да се између њих појављује сила одбијања.

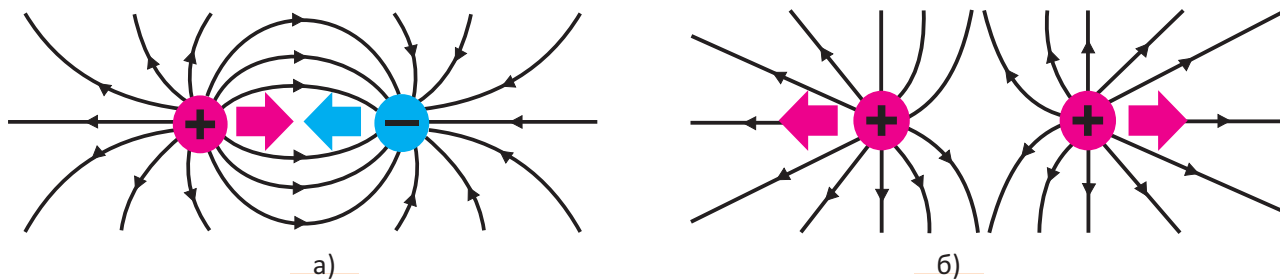


Сл. 1.10

Узимамо две шипке (сл. 1.10 б) од којих је једна стаклена и позитивно наелектрисана, док је друга пластична шипка негативно наелектрисана. Опажамо да се у овом случају између различито наелектрисаних тела јавља привлачна сила.

Из огледа закључујемо да се истоимено наелектрисана тела одбијају, док се разноимено наелектрисана тела привлаче.

Узајамно деловање наелектрисаних тела одвија се у одређеном простору. Тај простор се зове електрично поље. Електрично поље графички се представља линијама сила електричног поља као на сликама 1.11 а) и 1.11 б).



Сл. 1.11

Линије сила електричног поља приказују електрично поље и његове карактеристике: јачину, правац и смер. Договорно је узето да линије сила електричног поља излазе из позитивне количине наелектрисања, а улазе у негативну количину наелектрисања. На слици 1.11 приказано је како изгледа електрично поље између две разноимене количине наелектрисања (слика 1.11 а) и електрично поље између две истоимене количине наелектрисања (слика 1.11 б).

Ако се ради о наелектрисаним телима, линије сила електричног поља излазе из површине позитивног наелектрисаног тела, а завршавају на површини негативног наелектрисаног тела. Зато се каже да су линије силе електричног поља отворене. Ово стање је последица факта да се електрицитет код наелектрисаних тела распоређује само на њиховој површини.

Електрично поље практично можете да утврдите ако у стаклену посуду ставите ричинову уље и семе сусама или мака. У суд спустите две жице повезане са половима електростатског извора електрицитета.

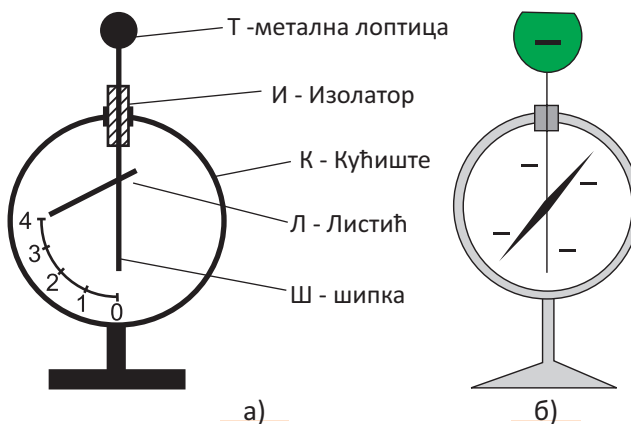


Електроскоп

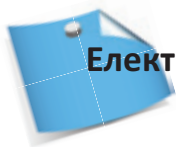
Са овим уређајем углавном можемо да испитамо која тела су наелектрисана, која тела проводе електрицитет, као и степен наелектрисаности тих тела.

Са слике 1.12 а) можете да видите његов састав. У пракси се сусрећу електроскопи са много различитих грађа. На место металне лопте често се ставља метална плоча (сл. 1.12 б).

Ако се лопта додирне наелектрисаном шипком, листић станиола се отклања. Да ли можеш да предпоставиш који је разлог за отклон листића? Истоимени електрицитет се одбија. Отклон листића је мера величине електрицитета који се налази на шипки.



Сл. 1.12



Електрична инфлуенца

Ако се у близину једног ненаелектрисаног електроскопа (сл. 1.13 а) донесе наелектрисана шипка, под деловањем њеног електричног поља биће привучена супротна наелектрисања (електрична пуњења), док ће истоимена бити одбијена. Тиме ће настати раздвајање електрицитета.

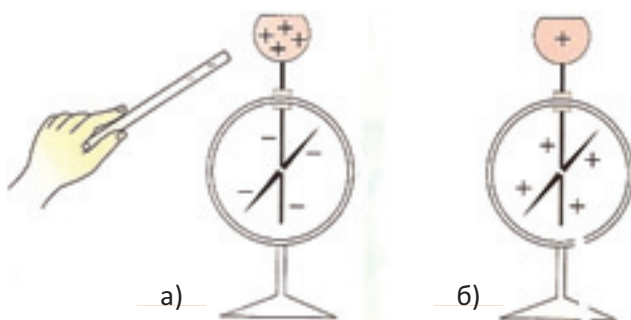
Појава раздвајања наелектрисања код неутралних тела под дејством електричног поља зове се електрична инфлуенца.

Ако желимо да електроскоп трајно наелектришемо треба прстом да додирнемо металну лопту и притом одстрањујемо један електрицитет (у случају негативан), а ако истовремено склонимо прст и шипку електроскоп ће остати трајно наелектрисан.

Појава електричне инфлуенце је веома честа у природи. Познато је да се велики број тела на Земљи електрише под дејством електричне инфлуенце поља из облака. Због ове појаве често долази до електричног пражњења између облака и земље, које се назива гром.

Осим тога, појава електричне инфлуенце се примењује код машина за добијање статичког електрицитета.

Тела се веома лако електришу помоћу ове машине (сл. 1.14). Њен се посао у принципу базира на електричној инфлуенци, а састоји се од: две диелектричне плоче на којима су радијално залепљене металне фолије.



Сл. 1.13



Инфлуентна машина

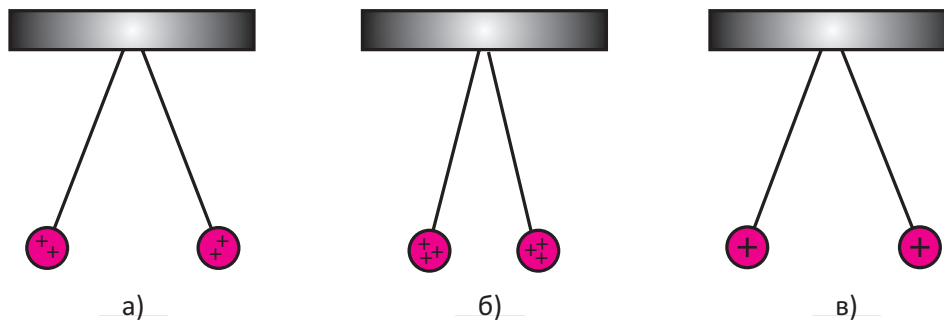
Сл. 1.14

Плоче се окрећу око заједничке оси у супротном смеру. Преко њих су налегнути колекторски чешљи, који “сакупљају”, један позитивну, а други негативну количину наелектрисања и на крајевима су причвршћени металним шипкама.



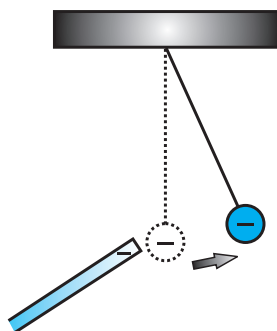
Провери колико си научио

1. Шта ће се десити ако стаклену шипку протрљану свиленом крпом приближимо ситним парчићима папира?
2. Како зовемо електрицитет који се не креће?
3. За које тело кажемо да је наелектрисано?
4. Како су наелектрисана тела којима су на неки начин доведени електрони?
5. Како ћете доказати да су тело које се трља и одговарајућа крпа којом се трља супротно наелектрисани?
6. Како можемо да докажемо да су два наелектрисана тела истоимено наелектрисана?
7. Ако је на датим сликама слика под а) тачна, какве су слике б) и в) у упоређењу са њом.



Сл. 1.15

8. Објасни зашто шипка прво привлачи лопту, а затим је одбија.



Сл. 1.16



Електрони, јони и електрична струја

У овом случају разгледаћемо преноситеље електричне струје код различитих супстанци.



Испитајмо:

Преносиоце електричне струје код метала;

Преносиоце електричне струје код електролита и преносиоце електрицитета код гасова.

Преносиоци електричне струје код метала

Метали имају кристалну грађу, код које су атоми распоређени у правилне просторне решетке (слика 2.1).

По један или више електрона могу да се ослободе из сваког атома и неограничено да “лутају” кроз решетку на све стране. Позитивни јони код метала нису покретни као што су електрони, али су међусобно повезани и “причвршћени” за свој положај у металу. Једино они могу да трепере око свог, да га тако назовемо, “равнотежног” положаја. С обзиром да позитивни јони не могу да се крећу кроз метал, они не могу да буду преносиоци електрицитета.

Кристалну решетку код метала једноставније можемо да упоредимо са механичким моделом (сл. 2.2) у коме би позитивни јони метала одговарали лоптицама међусобно повезаним еластичним опругама. Насупрот тога, електрони који су се ослободили од атома при стварању кристалне решетке више нису повезани за појединачни атом. Ти електрони, као неки “гас” хаотично се крећу у свим правцима у простору између позитивних јона у кристалној решетки. Кажемо да су они **слободни електрони** у металу.

Слободни електрони су покретни и могу да се крећу и по свим димензијама метала (сл. 2.3).

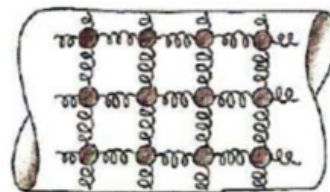
Ако се метално тело, на пример, жица, нађе у електричном пољу две разноимено наелектрисане количине наелектрисања, тада слободни електрони, под деловањем електричног поља, почињу да се крећу у правцу позитивно наелектрисаног тела.

Усмерено кретање наелектрисања (електрона) у електричном пољу зове се електрична струја.

Преносиоци електричне струје код метала су електрони. Они се означавају са “ e ” и сматра се да је ова количина наелектрисања најмања и зато се често назива **елементарно наелектрисање**.

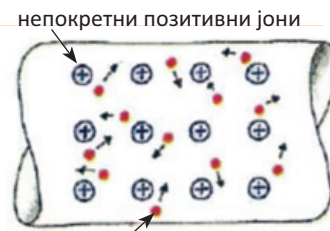


Сл. 2.1



Механички модел кристалне
решетке код метала

Сл. 2.2



слободни електрони

Сл. 2.3



Сл. 2.4

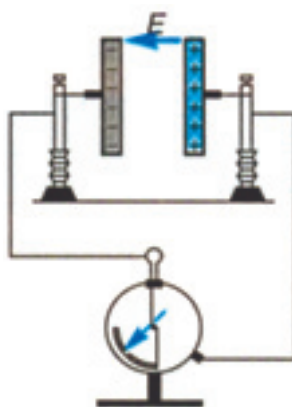


Испитајмо:

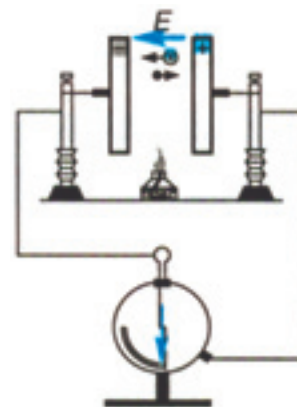
Хајде да направимо оглед као што је приказано на слици 2.8. Повезаћемо плоче које су наелектрисане једним ненаелектрисаним електрометром.

Стрелица на електрометру се откања, а то нам показује да су плоче наелектрисане.

Уколико између наелектрисаних плоча поставимо пламен (сл. 2.8), опазићемо да се стрелица електрометра вратила на нулу, значи електрометар се разелектрисао.



Сл. 2.7

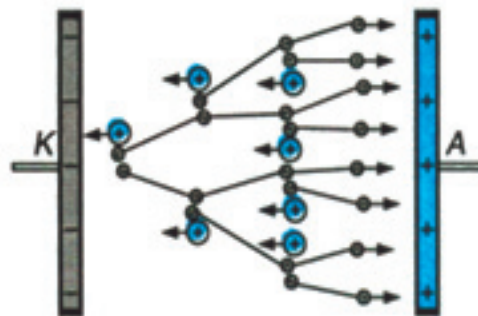


Сл. 2.8

Разлог који је довео до разелектрисања електрометра су створени преносиоци електрицитета између наелектрисаних плоча под дејством пламена. Значи, под дејством пламена хаотично кретање молекула гаса се повећава, а притом може да се ослободи неки електрон. Молекул који је изгубио електрон се понаша као позитиван јон. Значи, на тај начин су створени позитивни јони и електрони у гасу.

Појава стварања позитивних јона и слободних електрона у гасу назива се јонизација.

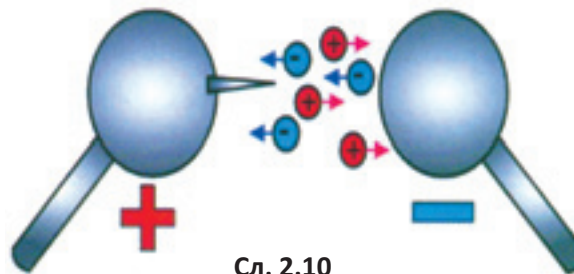
Јонизација ће бити много већа ако је уместо пламена проузрокују веома јачи јонизатори, као што су рендгенски зраци, космички зраци, радиоактивни зраци и слично. Притом, између наелектрисаних плоча (сл. 2.9) се ствара “лавина” позитивних јона и негативних електрона. Притом се електрони крећу према позитивној електроди, док се јони крећу према негативној електроди.



Сл. 2.9

Преносиоци електричне струје код гасова су јони и електрони.

У лабораторијским условима стварање преносиоца електрицитета може да се направи видљиво следећим огледом (сл. 2.10). На позитивној лопти инфлуентне машине, на парче пластелина (у облику лопте) се причвршћава шиљак од неколико сантиметара, тако да буде неколико сантиметара удаљен од негативне лопте.



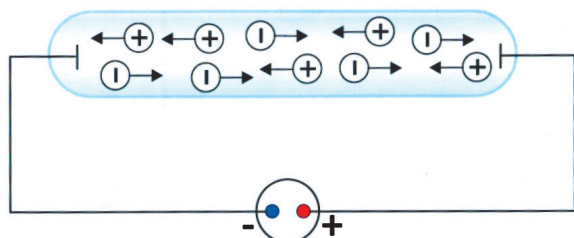
Сл. 2.10



Сл. 2.11

При одређеној вредности наелектрисаности лопте опазићемо да из шиљка излази светлост у правцу лопте. Кажемо да је дошло до прескакања електрицитета. У овом случају у простору између лопти створено је веома снажно електрично поље под чијим дејством се ствара лавина јона и електрона. Тако може да настане краткотрајна, али прилично јака електрична струја која на своме путу ослобађа велику количину топлоте.

Ако се овај процес одвија у природи између наелектрисаних облака и земље, тада се ова искра зове муња. Пражњење (искра) између облака и земље назива се гром.



Сл. 2.12

Појава стварања преносиоца електрицитета код гасова се много лакше постиже ако је гас затворен и разређен (сл. 2.12). У стаклену цев се ставља разређени гас, а електроде се прикључују за извор који ствара високи напон. Због снажног електричног поља између електрода наелектрисане честице (електрони и јони) добијају велику енергију, а тиме је и њихова брзина кретања велика. Притом долази до многобројних интеракција између наелектрисаних честица и неутралних молекула и на тај начин се ствара велики број преносиоца електрицитета.



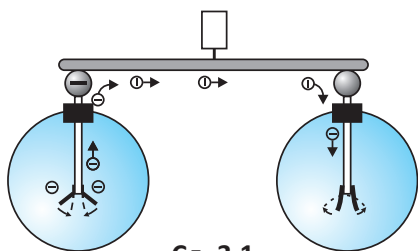
Размислите и одговорите

1. Под чијим деловањем се крећу наелектрисања код метала и гасова?
2. Који су преносиоци електричне струје код гасова?
3. Шта је елементарно наелектрисање?
4. Која је мерна јединица наелектрисања?
5. Наброј преносиоце електричне струје код метала, електролита и гасова.

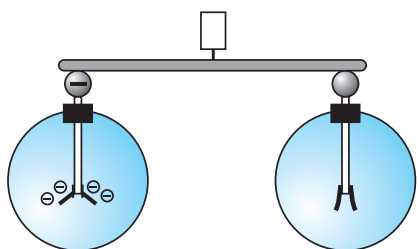


Електрична струја. Проводници, изолатори и полупроводници

На слици је приказано шта се дешава кад се повежу негативно наелектрисан електроскоп и ненаелектрисан електроскоп са металном жицом.



Сл. 3.1



Сл. 3.2

Шта опажаш?

- Како се крећу наелектрисане честице (од ког електроскопа према коме)?
- Шта ће се десити са листићима станиола у једном и другом електроскопу?
- Шта ће се десити ако се електроскопи повежу дрвеном шипком?

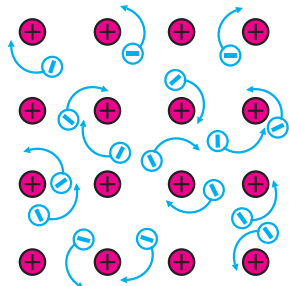
Наелектрисане честице почињу да се крећу од наелектрисаног према ненаелектрисаном електроскопу (сл. 3.1).

Листићи станиола код наелектрисаног електроскопа ће се сакупити до одређеног степена, а код ненаелектрисаног ће се раширити до истог степена.

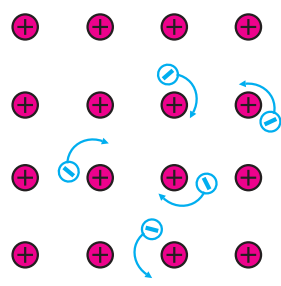
Приликом везивања са дрвеном шипком наелектрисани електроскоп ће остати наелектрисан, док ће други бити ненаелектрисан (сл. 3.2).

Усмерено кретање наелектрисања (најчешће електрона) са једног на друго место зовемо **електрична струја**.

Материјали који проводе наелектрисања називају се **проводници**, док се они који не проводе наелектрисања називају **изолатори**. Ипак, не може да се повуче оштра граница између једних и других зато што при одређеним условима неки изолатори могу да постану проводници.



Сл. 3.3



Сл. 3.4

На слици 3.3 шематски је приказано какав је број слободних електрона код проводника, а на слици 3.4 какав је код изолатора. Код проводника је велики, док је код изолатора веома мали.

Неки добри проводници су сребро, бакар, алуминијум, злато, угаљ и други.

Неки изолатори су стакло, гума, пластични материјали, полиетилен и други.

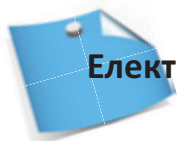
Полупроводници су материјали који се специфично понашају. То су супстанце које се налазе између метала као добрих проводника и изолатора. При ниским температурама полупроводници имају својство изолатора, а ако је температура висока, тада су они лоши проводници.

Код полупроводника број преносиоца електрицитета је веома мали. Веома је важно што код полупроводника по жељи може да се прилагоди хемијски састав кристалне решетке. Ову особину је открила група научника који су истраживали кристал силицијума. Знали су да је он лош проводник, али су открили да постаје бољи проводник ако му се ставе примесе



Сл. 3.5

елемента арсена. Та особина даје полупроводницима велику предност при њиховој примени. Неки полупроводници су силицијум, германијум, неки оксиди, сулфиди и слично (стр. 3.5).



Електрична струја

Ако струја стално тече у истом смеру зовемо је **једносмерна** струја, док ону која мења смер називамо **наизменична** струја.

Основна величина која одређује електричну струју је њена јачина. Означавамо је словом I .

Јачина струје је право пропорционална са количином наелектрисања које пролази кроз попречни пресек проводника (сл. 3.6), а обратно пропорционална са временом протицања

$$I = \frac{q}{t}, \text{ уколико } q = 1 \text{ C}, t = 1 \text{ s}, I = 1 \text{ A}; 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}.$$

Међународна јединица за мерење јачине је 1 ампер (A).

Јачина струје 1 ампера добија се ако количина наелектрисања од 1 кулона протече кроз попречни пресек проводника за време од 1 секунде. Из горње релације произилази:

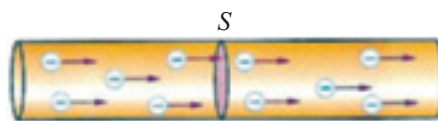
$$q = I \cdot t; \quad 1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}.$$

Веће и мање јединице од ампера су:

1 kA = 1000 A (1 килоампер); 1 MA = 1 000 000 A (1 мегаампер)

1 mA = 0,001 A (1 милиампер); 1 μ A = 0,000001 A (1 микроампер)

Јачина електричне струје се мери инструментом амперметар (сл. 3.7), док се шематски означава кругом са словом "A". Колико износи јачина струје коју показује стрелица на амперметру (сл. 3.7)? - Показује 0,2 ампера.



Сл. 3.6



Сл. 3.7

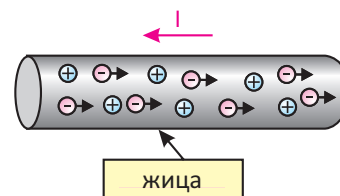


Размисли и реши

- Колико ампера показује стрелица на слици 3.8?
- За две минуте кроз попречни пресек проводника пролази количина електричне енергије од 240 C. Колика је јачина струје?
- Шта је тачно? Метали су проводници електрицитета зато што имају:
 - слободне јоне;
 - слободне електроне.
- Колика количина наелектрисања изражена у кулонима је прошла за три секунде кроз попречни пресек проводника кроз који тече струја јачине три ампера?
- На слици 3.9 приказано је кретање наелектрисања. Шта мислите? Шта је тачно?
 - Наелектрисања се крећу по површини проводника;
 - Наелектрисања се крећу по унутрашњости проводника;
 - Наелектрисања се крећу кроз целокупни волумен проводника.



Сл. 3.8



Сл. 3.9

4

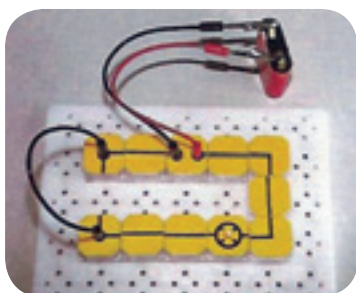
Струјно коло и његови елементи

Да ли сте некада видели електричну струју?

Када и где она тече? По чему је препознајемо?

Потражимо одговор на ова и слична питања.

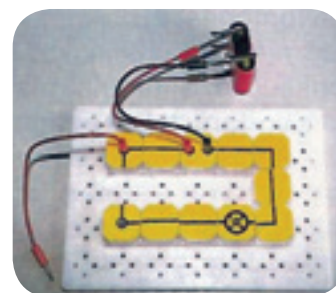
Узмите батерију, проводнике и сијалицу и повежите их тако да сијалица сија (слика 4.1).



а)



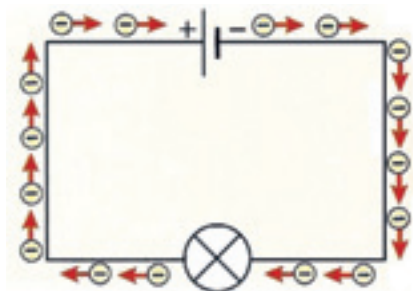
б)



в)

Сл. 4.1

Батерија, сијалица и две жице повезани су у струјно коло као на слици 4.1а) и зато сијалица сија. Ако одстранимо батерију (слика 4.1 б) и проводнике вежемо тако да добијемо коло, сијалица неће сијати. Поново у струјно коло (слика 4.1 в) стављамо батерију, али у колу правимо прекид тиме што вадимо један од проводника. Сијалица поново не сија.

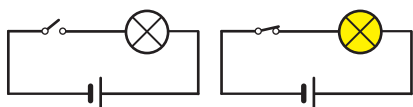


Сл. 4.2

Сијалица сија само кад кроз њу тече електрична струја, односно постоји кретање преносиоца електрицитетa са једног пола ка другом.

На слици 4.2 сликовито је приказано кретање преносиоца електричне струје кроз проводник (електрони).

Опажамо да се електрони крећу са једног пола извора, преко проводника и потрошача до другог пола, а продужавају да се крећу и у унутрашњости извора. Слика 4.3 представља шематски приказ огледа приказаног на слици 4.1.



Сл. 4.3

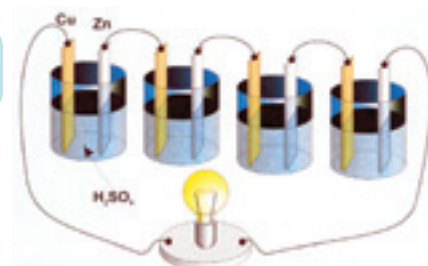
Што се тиче имена струјног кола (струјног круга), то је само сликовит начин изражавања. Прави круг (кружница) се ретко среће. Зато кажемо:

Струјно коло је целина која се састоји од: извора електричне струје и потрошача међусобно повезаних проводницима.

Елементи струјног кола

Главни елементи струјног кола су:

- извор електричне струје;
- потрошачи; и
- проводници (сл. 4.4).



Елементи струјног кола

Сл. 4.4

Због лакшег и безбеднијег рада у струјно коло се најчешће ставља и прекидач, осигурач и мерни инструменти. Извори електричне струје који се најчешће користе су батерије, акумулатори и генератори у електричним централама.

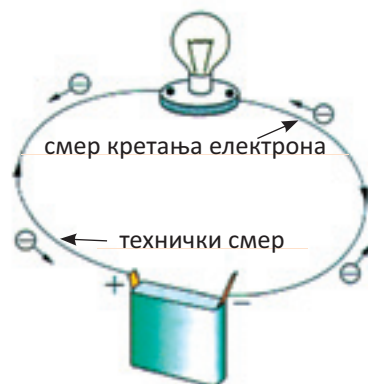
У изворима електричне струје механичка енергија, хемијска енергија или нека друга врста енергије је претворена у електричну енергију.

Потрошача има много, а у овом случају ћемо поменути сијалице, телевизор, грејалице, локомотиве и слично.

За проводнике се најчешће користе проводници од бакра или алуминијума, добро изоловани.

Смер електричне струје

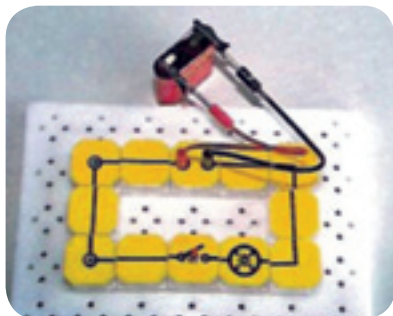
Смер електричне струје приказан је на слици 4.5. Са слике се види да је смер електричне струје од позитивног пола извора, кроз потрошача, према негативном полу извора. За овај смер се каже да представља технички смер. Овај израз долази из далеких времена када се сматрало да знак “+” значи више. На истој слици приказано је и кретање електрона и обично се каже да је овај смер прави смер.



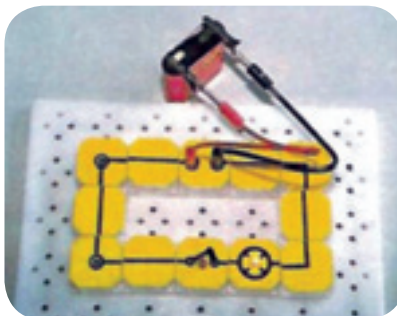
Сл. 4.5

Отворено и затворено струјно коло

- Са слика 4.6 и 4.7 јасно можемо да видимо да у једном случају сијалица сија, а у другом не. Зашто?



Сл. 4.6



Сл. 4.7

- Опажамо да је на слици 4.6 прекидач отворен, док је на слици 4.7 прекидач затворен. Значи, електрична струја тече само кад је струјно коло затворено.

УПАМТИТЕ: Никада не смете да постанете део затвореног струјног кола!

Симболи и знаци



проводник



повезане жице



прекидач



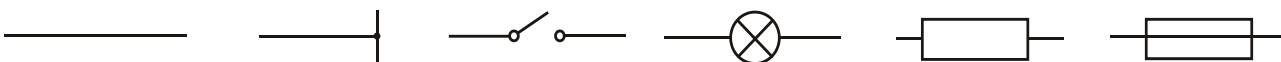
сијалица



отпорник



осигурач



Сл. 4.8

Да би се избегло цртање струјних кола са свим елементима (поступак који одузима много времена и простора), у пракси се најчешће користе симболи и знаци.

На слици 4.9 приказане су шематске ознаке неких инструмената и извора електричне струје који се веома често користе



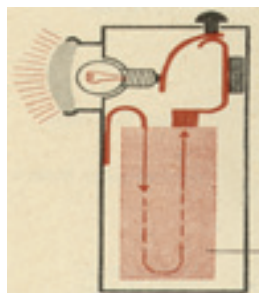
Сл. 4.9



Размислите и решите



Сл. 4.10



Сл. 4.11

1. Нацртај помоћу симбола (шематски) струјно коло приказано на слици 4.10.
2. Да ли ће сијалица засијати ако је повезана само једном жицом са батеријом?
3. Зашто служи други проводник?
4. Који може да буде разлог да светиљка која сија у затвореном струјном колу престане да сија?
5. На слици 4.11 приказана је џепна лампа на којој сијалица сија. Опиши речима кретање наелектрисања.
6. Објасни када сијалица може да престане да сија. Шта се десило са струјним колом?
7. Наведи неке изворе електричне струје.

Ефекти електричне струје

О протицању електричне струје у колу судимо по њеним дејствима: топлотном, светлосном, хемијском, магнетном и механичком.

Топлотно дејство

Електрична струја загрева проводнике којима протиче. Има многобројних примера о томе..

Како да објаснимо ову појаву? У одређеној стручној литератури топлотно дејство се објашњава као последица некаквих “судара” преносиоца електрицитета са честицама од којих је састављена материја, што је скоро неприхватљиво узимајући у обзир више фактора. Прихватљива је теза да, када се електрони крећу кроз метале, метали узајамно делују (узајамно деловање на растојању) са јонима материјала од ког је изграђен проводник и притом предају део своје енергије. На основу тога се повећава унутрашња енергија проводника због тога што се повећава његова температура, односно проводник се загрева.

Огледи показују да код непокретних металних проводника целокупан посао који врши електрична струја иде на повећавање унутрашње енергије потрошача. Повећавање унутрашње енергије код различитих потрошача је различито.



Испитајмо:

Да би испитали топлотно дејство електричне струје извешћемо следећи оглед: између две стативе се разапиње жица од волфрама, цекаса или константана (сл. 5.1 а). Стављамо лењир који додирује хоризонталну подлогу и њиме меримо растојање од подлоге до жице и евидентирамо га. То је растојање кад жица није укључена у струјно коло. Пре него се укључи батерија хватамо жицу руком и констатујемо да је хладна.

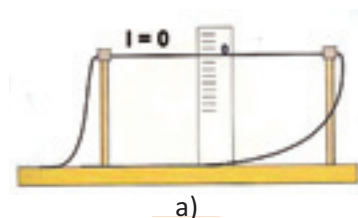
Жицу повезујемо у струјно коло (слика 5.1.б) и мало чекамо. Затим поново меримо растојање од подлоге до жице и видећемо да се оно смањило (читамо са лењира). Значи, од протицања електричне струје кроз њу жица се загрејала. Ако ухватимо жицу која је повезана у струјно коло уверићемо се да је она загрејана. Такође додирујемо батерију. Видећемо да је и она загрејана. То нам показује да је електрична струја загрејала жицу а не батерију. Овај факт нам показује да је електрична струја загрејала жицу, али и батерију. Овај факт нам потврђује да електрична струја тече и кроз батерију.



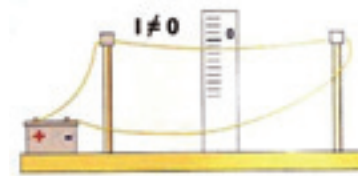
Сл. 5.2



Сл. 5.3



а)



б)

Сл. 5.1



Сл. 5.4

Топлотно дејство је искоришћено у много домаћих апарата (решо - слика 5.2; шпорет - слика 5.3; апарат за сечење пластике - слика 5.4).

Топлотно дејство електричне струје у много већим размерима је искоришћено у индустрији.

Светлосно дејство



Сл. 5.5

Светлосно дејство електричне струје најбоље је изражено код различитих врста сијалица, на пример, сијалице на слици 5.5.

У домаћинству се најчешће користи сијалица приказана на слици 5.6. Ова сијалица се састоји од стакленог балона из ког је извучен ваздух, а у њему се налази танка спирална жица од волфрама. Волфрам има тачку топљења од 3380 степени Целзијусових, а тиме је умањена опасност од прегоревања. Код ове врсте светилки снажно је присутно и топлотно дејство, а тиме је потрошена електрична енергија прилично велика.



Сл. 5.6



Сл. 5.7

За редуцирање потрошене електричне енергије све чешће се користе такозване **флуоресцентне сијалице** (сл. 5.7). Код њих се веома мали део електричне енергије претвара у топлотну. Већи део електричне енергије се троши за усијавање неких гасова или паре, на пример

неона. Сооднос потрошене електричне енергије обичне и флуоресцентне сијалице је скоро 5:1. На пример, светлост флуоресцентне сијалице од 15W одговара светлости коју даје обична сијалица од 75W.

Магнетно дејство

Магнетно дејство електричне струје присутно је скоро свуда где има протока електричне струје и оно је од огромног значаја у више сфера живота, науке, технике и слично.



Испитајмо

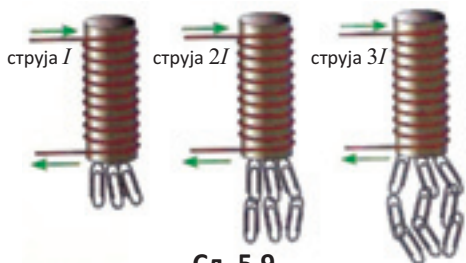
Узимамо калем жице (слика 5.8) кроз коју тече електрична струја у означеном смеру. Калему приближавамо перманентни (постојан) магнет. Опажамо да они узајамно делују на тај начин што се калем креће према магнету. Ако се промени смер електричне струје, што је такође приказано на слици, калем се одбија од магнета. Узајамно деловање између перманентног магнета и калема зависи у многоме од јачине електричне струје.

• Шта ће се десити ако електрична струја престане да тече кроз калем?



У овом случају неће бити узајамног деловања између калема и перманентног магнета.

Зависност магнетног дејства електричне струје од њене јачине приказана је на слици 5.9.



Сл. 5.9



Сл. 5.8

Са слике опажамо да се магнетно дејство електричне струје повећава са повећањем њене јачине. Видимо да се повећањем јачине електричне струје која протиче кроз проводник повећава број спајалица које су привучене. Ако у овом случају електрична струја престане да протиче, тада ће престати и магнетно дејство, а то ћемо видети тиме што ће спајалице пасти.

Хемијско дејство

Хемијско дејство електричне струје посебно је изражено кад она пролази кроз електролите. Такав је случај и кад пролази кроз човеково тело.



Испитајмо

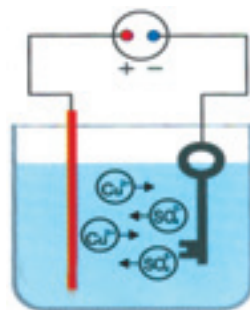
У раствор бакарног сулфата потопите једну електроду од чистог бакра, док друга електрода треба да буде добро очишћени кључ. Размислите. На који пол извора ћете прикључити бакарну плочу, а на који кључ?

Коју електроду ће представљати бакарна плоча, а коју кључ? Бакарна плоча ће бити анода, а кључ катода.

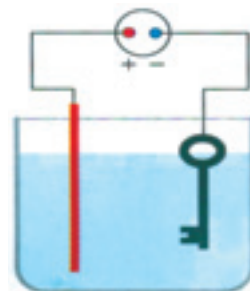
Напишите електролитну дисоцијацију бакарног сулфата и размислите кои јони ће доћи до катоде, а који до аноде?

На катоду долазе бакарни јони (Cu^{++}), а на аноду група SO_4^{--} .

$\text{Cu}^{++} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ група долази на аноду ($\text{SO}_4^{--} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_4$). Одвојени чисти бакар се таложи на кључ, док SO_4 група ступа у хемијску реакцију са бакром и добија се бакарни сулфат. Да вас подсетимо: ове хемијске реакције су повратне.



Сл. 5.10



Сл. 5.11

Шта опажамо након извесног времена?

Кључ ће бити поново покривен слојем бакра, а бакарна електрода ће бити тања.

Процес таложења неке супстанце на електроде током протицања електричне струје кроз електролит зове се галваностегија.

Механичко дејство

Механичко дејство електричне струје у суштини је претварање електричне енергије у механички рад. Један од многобројних примера где је заступљено ово дејство је и код електромотора. Електромотор је присутан код много машина и апарата.



Сл. 5.12

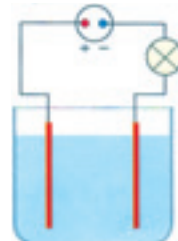


Размислите и решите

1. Које ефекте електричне струје познајете?
2. Набројте апарате који користе топлотно дејство електричне струје.
3. Шта је приказано на слици 5.13? За шта се најчешће користи и које дејство електричне струје је искоришћено?
4. Узмите батерију од 4,5 волти и танку кратку жицу. Полове батерије повежите жицом. Шта ће се десити са батеријом и жицом? (Додирните прстом и батерију и жицу.)
5. Како ћете доказати магнетно дејство електричне струје, ако располагете батеријом, проводницима и струготинама гвожђа.
6. Зашто халогене сијалице троше мање електричне струје од обичних?
7. Две дебље бакарне жице потопите у чашу воде, али пазите да жице не буду приближене. Направите струјно коло као на слици 5.14 са батеријом од 4,5 волти и једном сијалицом. Да ли ће сијалица засијати? Ставите у воду од 1 до 2 кашике соли за кување и поново погледајте сијалицу. Оставите процес да се одвија неколико часова. Шта ћете приметити у раствору и на електродама?



Сл. 5.13



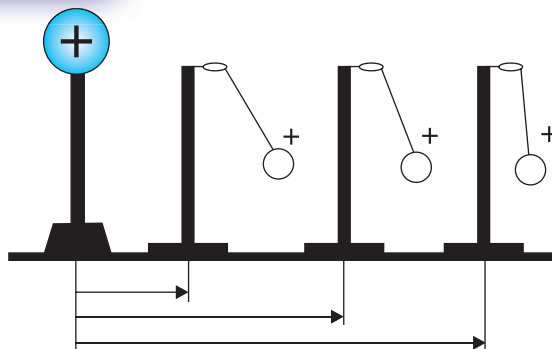
Сл. 5.14



Електрични напон

Шта можете да закључите са слике 6.1?

На слици 6.1 примећујете да се истоимено наелектрисана тела међусобно одбијају. Колико се тела удаљавају, толико снага њиховог узајамног деловања опада. То закључујемо из смањења отклона лоптице. У исто време можемо да закључимо и да електрична снага поља слаби уколико се удаљавамо од наелектрисаног тела.



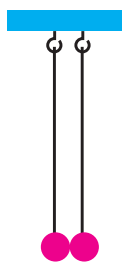
Сл. 6.1

Хајде да упоредимо електричну силу и енергију.

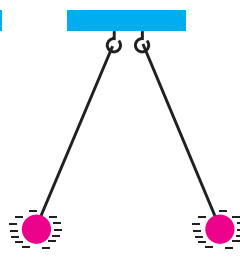
Са слике 6.2 видимо да када тела нису наелектрисана она су једно до другог зато што имају исту дужину, а лоптице су једнаке. На слици 6.3 се види да када су тела наелектрисана, она се одбијају и удаљавају једно од другог.

Са слике 6.4 можемо да закључимо да обе лоптице у односу на први положај и земљу имају већу потенцијалну енергију. Повећање потенцијалне енергије је резултат енергије електричног поља.

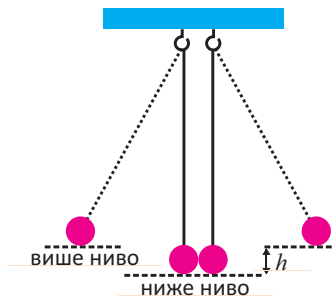
Будући да су лоптице заузеле нови положај под дејством електричних сила, повећана енергија тог система одговара раду који је извршила сила подижући лоптице са мање на већу висину.



Сл. 6.2



Сл. 6.3

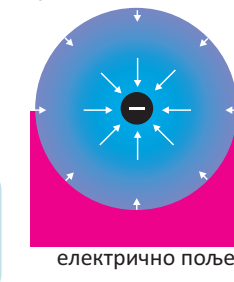


Сл. 6.4

Шта ће се десити ако у поље наелектрисаног тела унесемо јединачно истоимено наелектрисано тело?

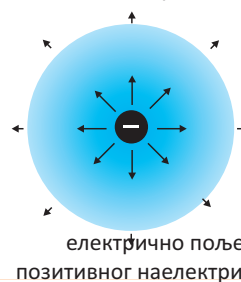
Јавиће се узајамно дејство између електричних поља и будући да се тела одбијају, потребно је да се изврши одређени рад да би се унео у електрично поље.

Извршени рад код уношења јединичног наелектрисања из бесконачности у неку тачку електричног поља назива се електрични потенцијал ϕ .



електрично поље
негативног наелектрисања

Сл. 6.5



електрично поље
позитивног наелектрисања

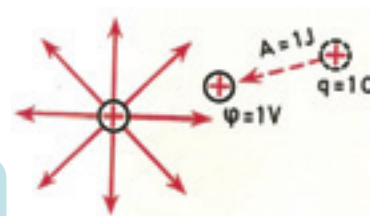
Сл. 6.6

Бесконачност овде не треба схватати у “астрономском” смислу, већ као простор ван утицаја електричног поља, односно простор у коме је деловање електричних сила равно нули, или је занемарљиво мало.

Да нагласимо да свако наелектрисано тело у електричном пољу има одређени потенцијал. Вредност потенцијала наелектрисаних тела се одређује према Земљи, чији потенцијал је условно узето да износи нула. Одатле у предходној дефиницији потенцијала уместо израза “електрицитет се премешта из бесконачности” може да се каже да “електрицитет се премешта са Земље”.

На слици 6.7 графички је приказано преношење количине наелектрисања са 1 C из бесконачности у дату тачку електричног поља.

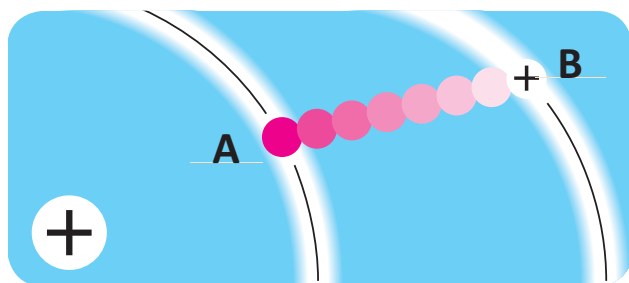
Мерна јединица електричног потенцијала 1V (волт), име је добила по италијанском физичару Алесандру Волту.



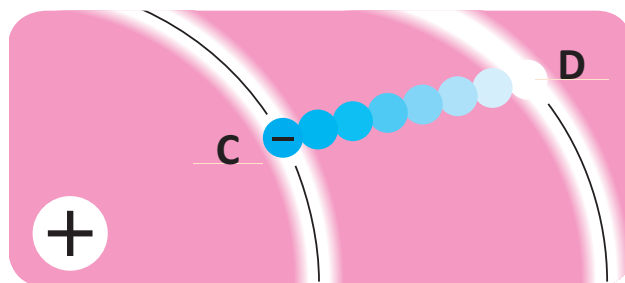
Сл. 6.7

Електрични потенцијал у некој тачци електричног поља износи 1V ако се за премештање количине наелектрисања од 1C из бесконачности у ту тачку електричног поља супротно дејству електричних снага, изврши рад од 1J (види слика 6.7).

На сликама 6.8 и 6.9 приказано је уношење јединичног наелектрисања (прво позитивног, а затим негативног јединичног наелектрисања) у поље позитивно наелектрисаног тела.



Сл. 6.8



Сл. 6.9

Опазили сте да је ситуација различита и да зависи од тога да ли се у поље уноси истоимено наелектрисано тело или разноимено наелектрисано тело. Кад уносимо истоимено наелектрисано тело енергетско ниво се повећава (слика 6.8), и обратно, кад уносимо разноимено наелектрисано тело (слика 6.9), енергетско ниво се смањује.

Израчунајмо:

$$\text{електрични потенцијал} = \frac{\text{посао}}{\text{електрицитет}} \quad \varphi = \frac{A}{q}, \quad \text{волт} = \frac{\text{џул}}{\text{кулон}}, \quad 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}.$$

A - извршени рад; q - количина наелектрисања; φ - електрични потенцијал.

За Земљу, по договору, је узето да потенцијал износи нула. Зато се извршени рад при преношењу јединичног наелектрисања са Земље у неку тачку електричног поља зове потенцијал на тој тачци поља у односу на Земљу.

Потенцијал је мера потенцијалне енергије јединичног наелектрисања у одређеној тачци поља. Уређај за мерење потенцијала поља зове се **електрометар**.



Разлика потенцијала - Напон

Ако преносимо количину наелектрисања q са једне тачке електричног поља (слика 6.8) из В у А, који имају различити потенцијал, вршимо рад. Извршени рад A ће бити једнак производу количине наелектрисања и потенцијалне разлике.

$$A = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_1).$$

Под електрични напон (U) подразумевамо разлику потенцијала између две тачке електричног поља, односно $U = \varphi_2 - \varphi_1$.

Тела која се електришу трљањем или додиром и притом губе део негативног наелектрисања постају позитивно наелектрисана. Кажемо да та тела имају позитиван потенцијал.

За тела која су наелектрисана тако да добијају негативно наелектрисање кажемо да имају негативан потенцијал.

Договорно је узето да ако се повежу два различито наелектрисана тела, наелектрисања се крећу са тела са позитивним потенцијалом према телу са негативним потенцијалом.

Израчунајмо:

Напон (U) је потенцијална разлика између две тачке електричног поља.

$$U = \varphi_2 - \varphi_1.$$

Будући да је условно узето да је потенцијал Земље једнак нули, у том ће случају напон наелектрисаног тела и у односу на Земљу бити једнак његовом електричном потенцијалу:

$$U = \varphi_2 - 0 = \varphi_2 \Rightarrow U = \varphi_2.$$

Веће јединице од волта су:

1 kV = 1000 V (киловолт);

1 MV = 1000 000 V (мегаволт);

1 GV = 1000 000 000 V (гигаволт)

Мање јединице од волта су:

1 mV (1V = 1000 mV) (миливолт);

1 μ V (1V = 1000 000 μ V) (микроволт)

Уређај за мерење напона се зове волтметар (приказан на сл. 6.10).



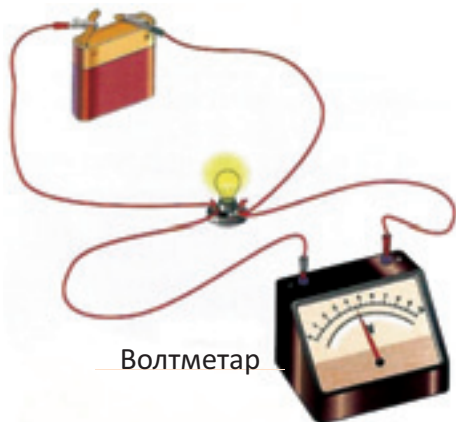
Сл. 6.10

Волтметар се у струјном колу увек везује паралелно са извором или потрошачом.

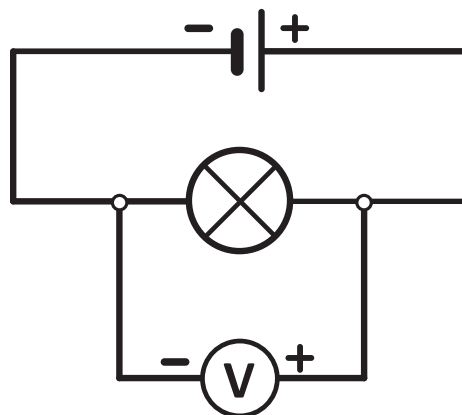
На слици 6.11 приказан је волтметар у електричном струјном колу повезан паралелно са потрошачем. Ово повезивање шематски је приказано на слици 6.12.

Како настаје напон у електричном извору?

У електричном извору настаје претварање различитих врста енергије (механичка, хемијска и слично) у електричну енергију. Притом се у унутрашњости извора раздељују наелектрисања на његовим половима и међу њима се јавља напон.



Сл. 6.11

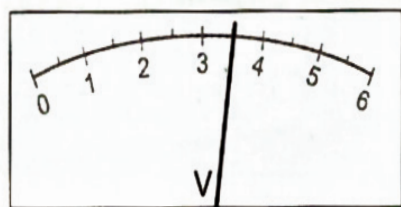


Сл. 6.12



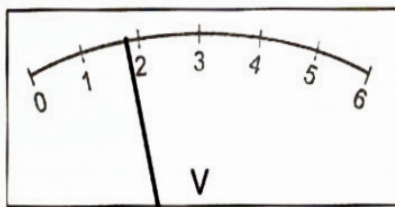
Размислите. Решите

1. Са преклопником на волтметру мењамо мерна подручја која су означена испод мерних скала (слика 6.13 а, б, в). Прочитај резултате мерења!



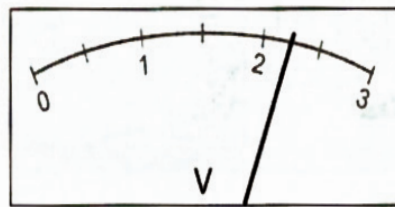
0 - 6V

а)



0 - 60V

б)



0 - 30V

в)

Сл. 6.13

2. Када се врши рад у електричном пољу?

3. Шта мери волтметар приказан на слици 6.14 и колико волти показује стрелица?

4. Чему је једнак електрични потенцијал у некој тачци електричног поља?

5. Шта је електрични напон и која је његова мерна јединица?

6. Ако волтметар показује напон од 100 миливолти, колико је то волти?

7. Шта се дешава са електричним потенцијалом ако се у електрично поље унесе тело са разноименом количином наелектрисања?



Сл. 6.14



Електрични отпор

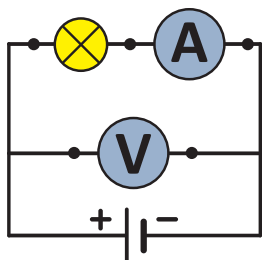
Шта се противи течењу електричне струје?

Изведимо оглед као на слици 7.1 а) и б). У првом огледу, кад је у електрично коло на батерију прикључена једна сијалица, док су у другом огледу на исту батерију серијски повезане у коло две сијалице, шта опажамо?

У колу где има једна сијалица (сл. 7.1 а) она сија интензивније од примера кад су укључене две серијски повезане сијалице (сл. 7.1 б).

Који је разлог кад је напон исти, а сијалице сијају различито?

Да би одговорили на ово питање разгледаћемо податке добивене мерењима која су направљена према шеми на слици 7.2.



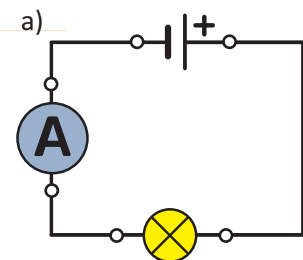
Сл. 7.2

	Аутомобилска сијалица	Батеријска сијалица	Графитна шипка
Напон (волти)	4,5	4,5	4,5
Јачина (ампери)	1	0,2	0,1

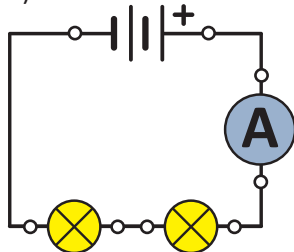
Табела Т-1

У табели су дати подаци о напону и јачини електричне струје када су у струјно коло појединачно повезане: аутомобилска сијалица, батеријска сијалица и графитна шипка.

Табела Т-1 указује да иако је напон на извору у струјном колу за сваки проводник једнак (4,5 V), јачине струја су различите. Јачина струје кроз графитну шипку (0,1 A) је 10 пута мања од јачине струје кроз аутомобилску сијалицу (1A). Изгледа да се различити проводници различито “противе” електричној струји. Зато кажемо да имају различити отпор.



б)



Сл. 7.3

Својство проводника да утичу на јачину електричне струје назива се електрични отпор и означава се са R .

Мерна јединица за електрични отпор је један ом (1 Ω). Електрични отпор од 1 Ω има проводник кроз који при напону од 1V на његовим крајевима протиче електрична струја јачине од 1 A ($\Omega = \frac{V}{A}$).

Веће јединице су:

$$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega; \quad 1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ 000 } \Omega.$$

Мерни инструмент за електрични отпор (приказан на слици 7.4) зове се **омметар**.

Како да се објасни отпор проводника?

Познато је да су код метала преносиоци количине наелектрисања слободни електрони



Сл. 7.4

(сл. 7.5) који се крећу под дејством напона са извора. Огледи показују да се електрони крећу претежно по површини проводника. У огромном делу стручне литературе сматра се да се електрони приликом свог кретања сукобљавају са атомима који осцилирају у малом простору. Зато се проводници загревају и јавља се електрични отпор. Савремена сазнања се разликују од досадашњих, односно сматра се да електрони имају веома мале димензије и не могу да се сукобе са атомима.

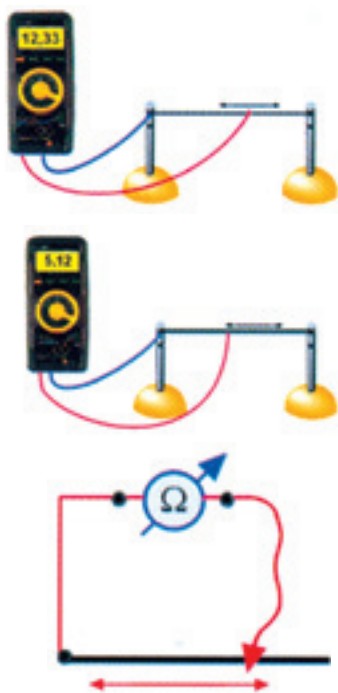


Сл. 7.5

Објашњење електричног отпора је много сложеније од оног што изгледа на први поглед. Размишљања су у правцу тога да је електрични отпор и загревање проводника, пре свега плод узајамног деловања поља (електричног, магненог, гравитацијског).

Испитајмо како зависи електрични отпор:

Од дужине проводника (l), површине попречног пресека проводника (S) и врсте материјала (супстанца) - ρ (Сл. 7.6).



Сл. 7.6



Изведимо огледе:

а) Зависност од дужине (l)

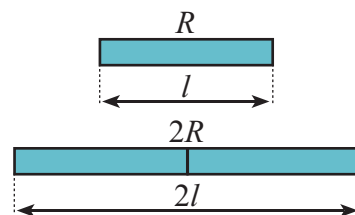
Узимамо мерни инструмент који зовемо омметар (по могућности дигиталан) и на стативе растежемо жицу од цекаса дужине 1 метра. "Крокодил банама" повежите почетак и крај жице. Читамо електрични отпор. Отпор меримо на различитим местима и бележимо резултате.

Бележимо: Како се мењањем дужине жице повећава отпор проводника.

Закључак: Електрични отпор зависи право пропорционално од дужине проводника (сл. 7.7).

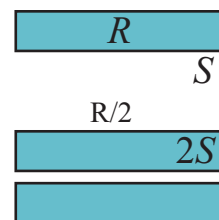
б) Зависност од површине попречног пресека проводника (S).

На стативе, као у предходном примеру, повезујемо још једну такву жицу. Читамо отпор и бележимо да се отпор смањује.



Сл. 7.7

Закључак: Електрични отпор зависи обратно пропорционално од површине попречног пресека проводника (S) (сл. 7.8).



Сл. 7.8

в) Зависност од материјала (ρ)

Узимамо неколико жица једнаких димензија од различитог материјала. Меримо отпоре на једнакој дужини жица. Иако су жице једнаке по дужини и по површини попречног пресека њихов отпор се разликује. Закључак: Електрични отпор зависи и од врсте материјала (супстанце). Пример: Проводник од цекаса има већи електрични отпор од проводника од бакра.

Из изведених огледа закључујемо да **електрични отпор R** зависи **правопропорционално од дужине проводника (l)**; **обратнопропорционално од површине попречног пресека (S)** и **специфичног отпора (ρ) материјала од ког је изграђен проводник.**

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Прилоком решавања нумеричких задатака често се користе изведене формуле из предходне формуле и то:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}; \quad S = \frac{\rho \cdot l}{R}; \quad l = \frac{R \cdot S}{\rho}; \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l}.$$

Специфичан отпор неке супстанце (ρ) представља електрични отпор те супстанце, чија дужина је 1m, а површина попречног пресека износи 1 m².

Јединица специфичног електричног отпора је $\Omega \cdot \text{m}$, али у пракси се више употребљава вансистемска јединица $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$. $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.

У табели Т-2 дате су вредности специфичног електричног отпора за неке супстанце.

Кад се дају вредности електричних отпора у табели они се односе претежно на собну температуру (20°C). У апаратима који се користе за грејање, грејачи морају да имају много већи отпор од осталих делова струјног кола. За прављење грејача најчешће се користе материјали: цекас, волфрам, никел и др.

Пример: Бакарни проводник има дужину 50 m, пресек је 2,5 mm²; специфични електрични отпор је 0,017. Колики је отпор?

$$l = 50 \text{ m}; \quad S = 2,5 \text{ mm}^2; \quad \rho = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}; \quad R = ?$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad \Rightarrow \quad R = 0,34 \Omega.$$

Супстанца	ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
сребро	0,016
бакар	0,017
злато	0,023
алуминијум	0,027
волфрам	0,055
цинк	0,06
никел	0,09
платина	0,1
гвожђе	0,11
челик	0,17
олово	0,21
никел (54Cu + 26Ni + 20Zn)	0,42
манганин (88Cu + 12Ni + 2Mn)	0,48
константан (54Cu + 12Ni + 2Mn)	0,49
жива	0,958
кромникал (200Cr + 80Ni)	1,1
кантал (Fe, Cr, Al, Co)	1,45

Табела Т-2

Потребно је да се нагласи да се електрични отпор прилично мења променом температуре. Пример: сијалица са ознаком 100 W, кад је хладна има отпор 45, а кад се ужари жица, има отпор 480 (11 пута већи).



Размислите и решите

- Претворите: а) 2580 Ω у k Ω ; б) 0,8 k Ω у Ω ; в) 0,4 М Ω у Ω ; г) 1,2 k Ω у М Ω
- Наведите неке материјале од којих се израђују проводници.
- Како се мења отпор ако се:
 - дужина смањи 4 пута; б) дужина повећа 3 пута;
 - површина попречног пресека повећа за 5 пута.
- Попуните табелу

R (Ω)	S (mm ²)	ρ (Ω)	(m)
?	1	1,1	2
3	?	0,017	30
4	2,5	?	100
23	0,5	0,023	?



Омов закон

Овај закон се односи на зависност јачине електричне струје од напона на извору струјног кола. Закон је открио немачки физичар Георг Симон Ом и у његову част назван је Омов закон.



Испитајмо

- Како јачина електричне струје у електричном кругу зависи од напона на извору?

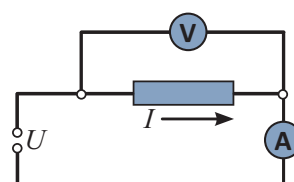
За тај циљ састављамо електрично струјно коло (сл. 8.1) са следећим елементима: извор електричне струје такав да можемо да мењамо напон са 0 - 12 V, потрошач и мерни инструменти (амперметар и волтметар).

Шематски приказ електричног кола представљен је на слици 8.2.

Мењамо напон извора и податаке о величини напона и јачини електричне струје (прочитане са одговарајућих инструмената) уносимо у табелу Т-1. У исто време приликом сваког читавања података правимо и количник напона и јачине и уносимо га у табелу. Табела Т-1 графички је представљена на сл. 8.3.



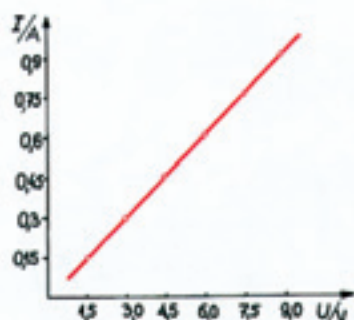
Сл. 8.1



Сл. 8.2

U (V)	I (A)	U/I (Ω)
1,5	0,15	10
3,0	0,3	10
4,5	0,45	10
6,0	0,6	10
7,5	0,75	10
9,0	0,9	10

Табела Т-1



Сл. 8.3

Гледајући табелу опажамо да сваком подређеном пару вредности напона и јачине струје количник напона и јачине остаје постојан (10). Значи да се отпор потрошача не мења променом напона. Јачина струје се мења променом напона на извору и то пропорционално. Колико пута се повећава напон, за толико пута ће се повећати јачина струје.

Количник напона и јачине електричне струје фактички представља износ електричног отпора и зато бележимо:

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R} \quad U - \text{напон}; I - \text{јачина електричне струје}; R - \text{отпор}.$$

Ово је Омов закон који важи за металне проводнике при константној температури. Омов закон исказујемо на следећи начин:

Јачина струје која тече кроз металне проводнике је већа колико је напон већи, а отпор мањи.

Ова формула може да се трансформише и:

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

Електрични отпор је постојана величина која карактерише датог потрошача.

График приказан на слици 8.3 на одређени начин даје волтамперску карактеристику проводника. За металне проводнике он је права линија. Из графика можемо да прочитамо и коликој јачини електричне струје одговара одговарајући напон иако нисмо извршили такво мерење.

Пад напона

Производ јачине електричне струје и електричног отпора (горња релација $U = I \cdot R$) називамо пад напона. Пад напона нам показује да напон између две тачке струјног кола зависи од отпора посматраног дела. Приликом одговарајуће јачине струје, пад напона је већи на делу кола који има већи отпор R .

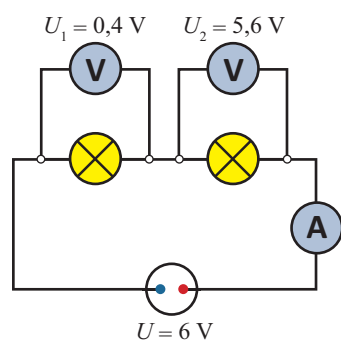
Пад напона може да нам да одговор на питања:

- 1) Како се распоређује напон од извора на крајевима потрошача укључених серијски у струјно коло?
- 2) Како можемо да израчунамо отпор потрошача у струјном колу, ако нам његова вредност није позната?



Испитајмо:

Разгледајмо струјно коло које је састављено од елемената приказаних на шеми на слици 8.4 у које су укључена два серијски повезана потрошача.



Сл. 8.4

Опажамо да волтметар на крајевима потрошача R_1 показује напон $U_1 = 0,4 \text{ V}$, док волтметар повезан са потрошачем R_2 показује напон $U_2 = 5,6 \text{ V}$. Напон на извору $U = 6 \text{ V}$, док је јачина електричне струје $I = 0,1 \text{ A}$.

Израчунајмо величине отпора потрошача R_1 и R_2 :

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{0,4 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 4 \Omega; \quad R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{5,6 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 56 \Omega.$$

Из овога произилази: $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$

Из извршених прорачуна можемо да закључимо да се напон на извору распоређује на потрошаче тако да ће се на потрошача са већим отпором распоредити већи напон, док ће се на потрошача са мањим отпором распоредити мањи напон. Расподела напона је пропорционална са електричним отпором.

Предходни поступак за расподелу електричног напона за серијски повезане потрошаче може да се искористи и за израчунавање величине отпора потрошача са непознатим отпором.

Пример: Сијалица која је направљена да сија на 24V има отпор од 120 Ω . Колики отпор треба да јој повежемо (серијски) да би могли да је прикључимо на напон од 40 V?

Дати подаци:

$$\begin{aligned} U_1 &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 120 \Omega \\ U_2 &= 40 \text{ V} \\ R_x &= ? \end{aligned}$$

Из релације $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_x}$ произилази: $R_x = \frac{U_2 \cdot R_1}{U_1}$ након уношења и рачунања добијамо: Да би сијалица могла да сија напонам од 40V треба серијски да је повежемо са отпорником чији електрични отпор је 80 Ω .

Израчунавање пада напона има значајну улогу код далековада приликом преношења електричне струје на велике даљине.



Да ли знамо да решимо?

1. Колика јачина струје тече кроз сијалицу (њену жицу) са отпором од $880\ \Omega$ прикључену на напон од 220 V ?

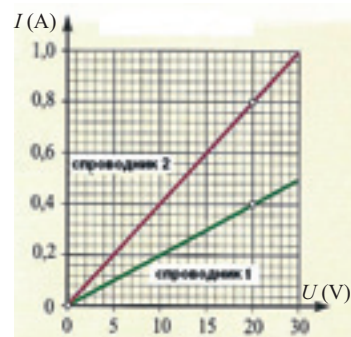
2. На графику (сл. 8.5) графички је представљена зависност јачине напона два проводника.

а) Да ли Омов закон важи за ове проводнике?

б) Израчунајте отпор сваког проводника?

в) Како од наклона графика можете да одредите који проводник има већи отпор, а да притом не вршите прорачуне?

3. На слици 8.6 приказане су две табеле извршених мерења напона и јачине потрошача од константана и гвожђа. Нацртајте график за оба материјала из података у табели и израчунајте колики су електрични отпори гвожђа и константана.



Сл. 8.5

жица од константан		жица од гвожђе	
$U\text{ [V]}$	$I\text{ [A]}$	$U\text{ [V]}$	$I\text{ [A]}$
0,5	0,2	0,5	1
1	0,4	1	2
1,5	0,6	1,5	3

Сл. 8.6

Повезивање потрошача у струјно коло

Серијско повезивање

Да ли сте опазили да су сијалице које се постављају на новогодишњу јелку (слика 9.1) повезане једна за другу. Ако се поквари једна сијалица, тада се гасе све, што није случај код сијалица у осветљеном ходнику.

Повезивање потрошача (сијалица) један за други, односно краја прве сијалице за почетак друге и тако редом, зове се серијско повезивање. Серијско повезивање сликовито је приказано на слици са децом (сл. 9.2). Опажамо да су деца ухваћена рукама на следећи начин: лева рука једног детета са десном руком другог детета и тако у круг.

Овакву врсту повезивања можете да направите и сами са електричним колом састављеним од следећих елемената: извора електричне струје (батерија 4,5V), неколико сијалица постављених на сијалична грла и проводника (слика 9.3 а). Ако у струјном колу повећате број сијалица, оне ће сијати слабије.

Ако из струјног круга извадите једну сијалицу све остале ће престати да горе. То је тако зато што се вађењем сијалице прекида струјно коло, а тиме престаје и проток електричне струје.

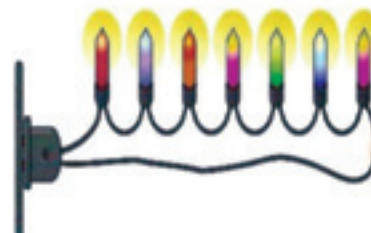
Из шематског приказа струјног кола (слика 9.3. б) може да се примети следеће: јачина електричне струје кроз све сијалице је једнака, односно $I = I_1 = I_2 = I_3$ је иста, док ће се напон са извора U распоредити на све сијалице (U_1, U_2, U_3) тако да укупни напон буде једнак њиховом збиру. Основно, $U = U_1 + U_2 + U_3$. Применом Омовог закона ($U = I \cdot R$) у горњој релацији добијамо: $I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$ / : I Након што поделимо са јачином струје (I), добијамо следећу формулу:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Укупни отпор код серијски повезаних потрошача једнак је збиру отпора појединачних потрошача.

Пример: Колики је укупан отпор кола ако су повезани серијски отпорници са отпорима: 4 Ω , 6 Ω и 12 Ω ?

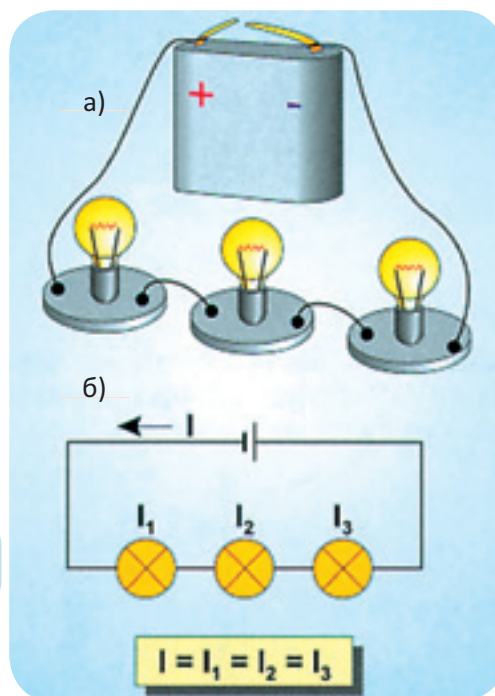
$$R = R_1 + R_2 + R_3; \quad R = 22 \Omega.$$



Сл. 9.1



Сл. 9.2



Сл. 9.3



Сл. 9.4



Паралелно повезивање

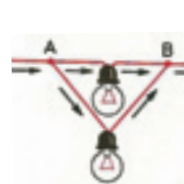
Да ли сте приметили да код сијалица у ходницима, уколико једна сијалица прегори или извадимо једну сијалицу, остале продужавају да горе. То значи да се струјно коло приликом паралелног повезивања не прекида вађењем једног од његових елемената. На слици 9.4, ако је лепо погледамо, приметимо да су сијалице повезане на следећи начин: један крај свих сијалица је повезан на једно место, а други крај на друго место.

Ако се почеци два или више потрошача повежу у једну тачку, а крајеви у другу, тада кажемо да су потрошачи повезани паралелно.

Паралелно повезивање шематски је приказано на слици 9.5. Сликвито паралелно повезивање је приказано на слици 9.6 на којој су деца ухваћена за руке на следећи начин: левом руком су ухваћена за једно место, а десном за друго.

Паралелно повезивање може да се испита и следећим огледом:

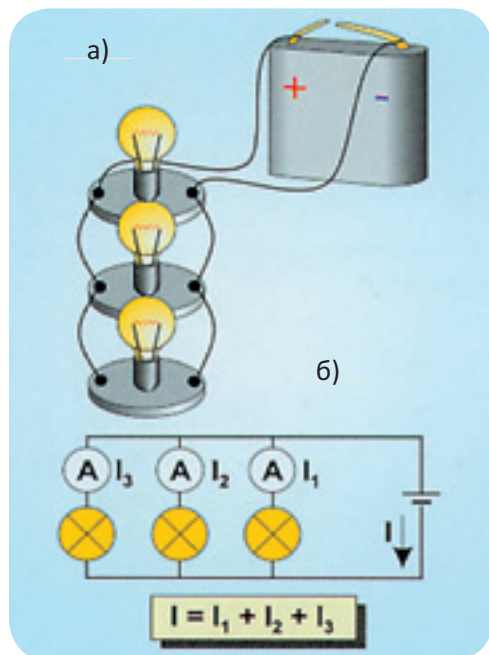
Конструишемо струјно коло са елементима и начином повезивања приказаним на слици 9.7. Узимамо извор електричне струје (батерија од 4,5V), сијалице, сијалична грла и проводнике. Сијалице повезујемо тако да све почетке повезујемо у једној тачци,



Сл. 9.5



Сл. 9.6



Сл. 9.7

а крајеве у другој. Ако се извади било која сијалица друге продужавају да горе.

Из шематског приказа на слици 9.7 можемо да видимо да је напон (U) на крајевима свих сијалица једнак напону на извору:

$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$

Јачина електричне струје се разграђује у свим потрошачима. Укупна јачина је једнака збиру јачине струја у гранама, односно:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Према Омовом закону јачина електричне струје једнака је количнику напона и отпора, односно:

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

Ако ову формулу за јачину електричне струје применимо у предходним формулама где $I = I_1 + I_2 + I_3$ добићемо релацију:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \quad / : U \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Реципрочна вредност укупног отпора код паралелно повезаних потрошача једнака је збиру реципрочних вредности отпора сваког појединачног потрошача.

Пример: Колики је укупни отпор у струјном колу ако су отпорници са отпорима: $4\ \Omega$, $6\ \Omega$ и $12\ \Omega$ повезани паралелно?

Подаци: $R_1 = 4\ \Omega$; $R_2 = 6\ \Omega$; $R_3 = 12\ \Omega$; $R = ?$ Решение: $R = 2\ \Omega$.

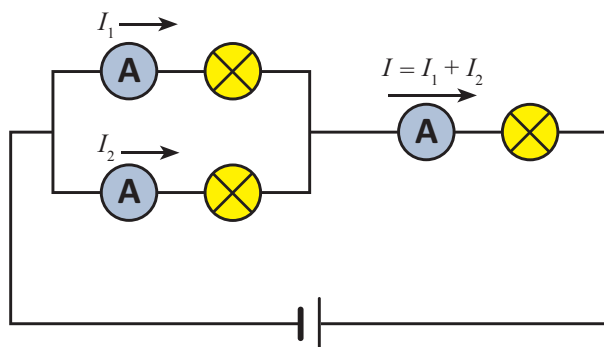
Упоредите укупни отпор са отпором издвојених отпорника. Шта опажете?

Он је мањи и од најмањег.



Комбиновано повезивање

Комбиновано повезивање потрошача струјног кола приказано је на слици 9.8. У овом случају има два потрошача везаних паралелно, а они су серијски повезани са трећим потрошачем. Кад се решава задатак ове врсте повезивања прво се израчунава укупни отпор паралелно повезаних потрошача, а затим заједнички отпор са серијски повезаним потрошачем.



Сл. 9.8



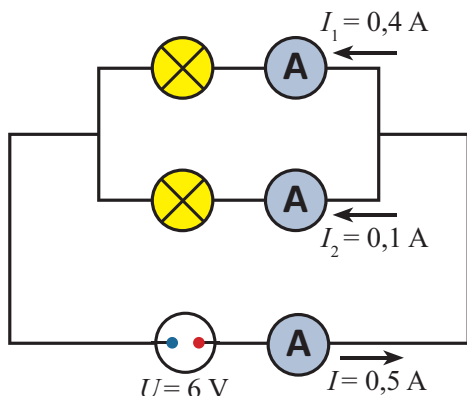
Размислите и одговорите

1. Нацртајте шематски струјно коло у коме су повезане 4 сијалице и то:

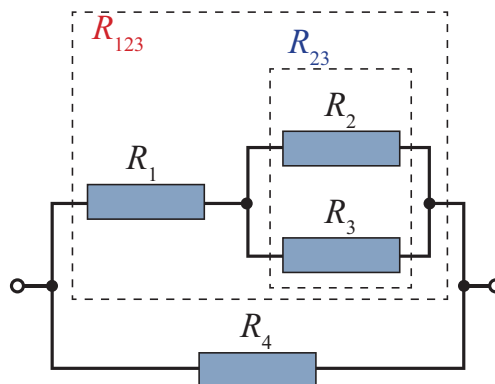
а) серијски;

б) паралелно, са прикљученим мерним инструментима: амперметар и волтметар.

2) Објасните како су повезане сијалице у струјним колима приказане на слици 9.9 и из података са слике израчунајте отпоре оба потрошача.



Сл. 9.9



Сл. 9.10

3. На слици 9.10 приказано је комбиновано повезивање потрошача са отпором: $R_1 = 12\ \Omega$, $R_2 = 15\ \Omega$, $R_3 = 10\ \Omega$, $R_4 = 6\ \Omega$. Израчунајте укупни отпор R ?

4. У стану са напоном од 220 волти истовремено је укључено 5 сијалица са појединачним отпором од $500\ \Omega$.

а) Колики је укупни отпор свих паралелно повезаних сијалица?

б) Колика је укупна јачина струје?

Електрични капацитет, кондензатори



Истражимо:

Узмите две металне плоче, поставите их на одређено растојање и повежите их електрометром.

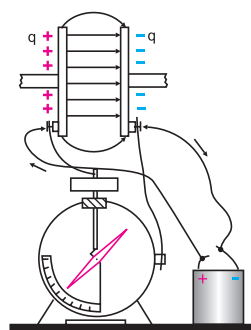
Да ли ће се стрелица електрометра отклонити?

Не, зато што на плочама нема електрицитета.

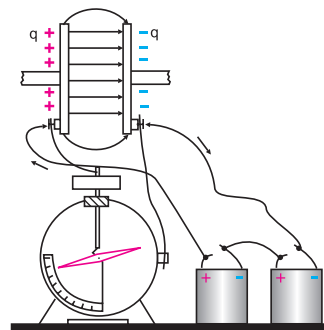
Хајде да металне плочице за кратко повежемо половима једне џепне батерије (сл. 10.1). Шта ће се десити са стрелицама електрометра? - Отклониће се.

Металне плоче повежите за кратко два пута вишљим напоном (сл. 10.2).

Шта ћемо приметити? - Стрелица ће два пута повећати отклон.



Сл. 10.1



Сл. 10.2

Направа која скупља позитивни електрицитет на једној плочи, а негативни на другој назива се кондензатор.

Из изведених огледа можемо да закључимо да напон између плоча зависи од донешене количине наелектрисања - q , (сл. 10.3) и то право пропорционално.

$$q = C \cdot U \quad C = \frac{q}{U}$$

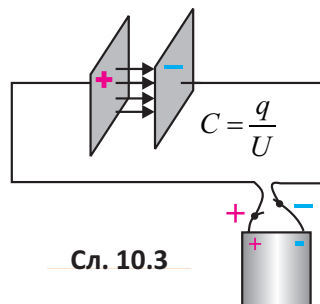
C је константа и представља **електрични капацитет** проводника.

$$C = \frac{q}{U}$$

Капацитет постоји и између различито наелектрисаних проводника. Пример: код електрометра се ствара поље између централне електроде и кућишта. Кажемо да електрометар има свој капацитет. Кондензатори се користе за “скупљање” количине наелектрисања. На слици 10.4 приказано је како се мења капацитет код плочастог кондензатора. Шта се дешава са капацитетом кад се растојање између плоча промени? Ако се растојање између плоча смањи, смањиће се и напон, а капацитет ће се повећати. Зашто? - Капацитет је обротно пропорционалан са напоном.

Шта мислите, како капацитет зависи од површине плоча (C)? Зависност је право пропорционална.

Капацитет кондензатора (C) зависи право пропорционално од површине на његовим плочама, а обротно пропорционално од растојања између плоча (сл. 10.5). Он зависи од врсте изолатора који се налази између плоча. Јединица за капацитет је фарад (F).



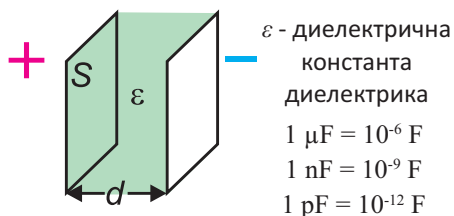
Сл. 10.3



Сл. 10.4

$$1 F = \frac{1 C}{1 V}.$$

Капацитет од 1 фарада има онај кондензатор чији ће се напон променити за 1 волт ако се на плоче донесе количина наелектрисања од 1 кулон. Јединица фарад је много велика, па се зато користе много мање јединице:



Сл. 10.5

микрофарад, $1\mu\text{F} = 0,000\,001\text{ F}$

нанофарад, $1\text{nF} = 0,000\,000\,001\text{ F}$

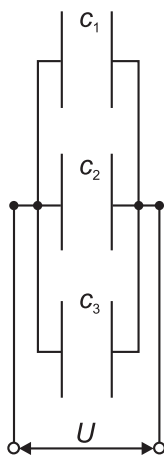
пикофарад, $1\text{pF} = 0,000\,000\,000\,001\text{ F}$

Кондензатор се шематски означава са две једнаке паралелне линије:



Познато је да капацитет од једног микрофарада има проводник у облику лопте са пречником од 9 километара. Капацитет земљине лопте износи 711 микрофарада.

У пракси се често јавља потреба за капацитетима, који ће према употребној вези бити већи или мањи од капацитета кондензатора са којима располажемо.



Сл. 10.6



Сл. 10.7

За добијање капацитета који су нам потребни за дате случајеве, најчешће се користи батерија кондензатора. Батерија представља кондензатор састављен од више појединачних кондензатора који су на одређени начин повезани између себе. Повезивање може да буде паралелно (сл. 10.6 и сл. 10.7) (све позитивне плоче и све негативне плоче се повезују као на шеми) и серијско (сл. 10.8) (позитивна плоча се повезује са негативном, и тако редом) и мешовито. Како ће бити повезивање кондензатора зависи од конкретне намене батерије.

Капацитет батерије код које су кондензатори повезани паралелно израчунава се формулом:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

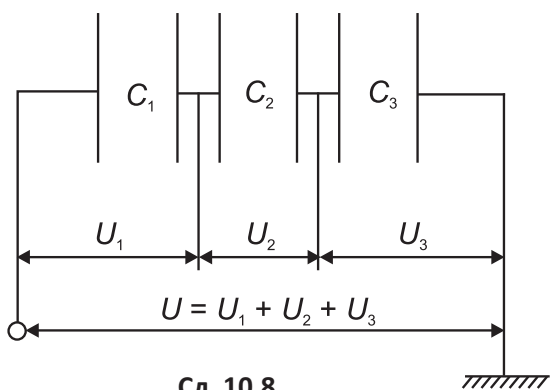
C - капацитет батерије

C_1, C_2, C_3 - капацитети повезаних кондензатора.

Из формуле се види да је капацитет батерије једнак збиру појединачних капацитета паралелно повезаних кондензатора.

Капацитет батерије у којој су кондензатори повезани серијски (сл. 10.8) израчунава се формулом:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$



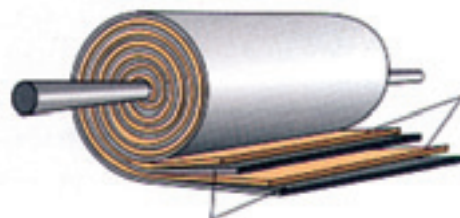
Сл. 10.8

Реципорочна вредност капацитета батерије једнака је збиру реципрочних вредности серијски повезаних кондензатора. То значи да је капацитет батерије мањи и од капацитета најмањег кондензатора. Овај начин повезивања користи се у случајевима кад желимо да смањимо укупни капацитет, а употребљава се онда кад се ради о високом напону који би могао да пробије сваки кондензатор одвојено. Напон се у овом случају распоређује на појединачне кондензаторе и тако се постиже да сваком кондензатору припадне само део напона чија величина није у стању да пробије кондензатор.

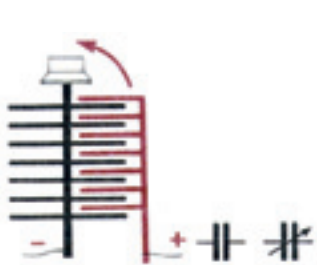


Врсте кондензатора

Данас се веома често користе лиснати или блок кондензатори (сл. 10.9). Код овог кондензатора, проводници су у основи две траке са металним фолијама, док је изолатор између њих папир натопљен у парафин. Све траке су стављене у металну кутију због механичке заштите. Ови кондензатори обично имају велики капацитет. Можеш ли да одговориш зашто? Имају велику површину и мало растојање.



Сл. 10.9



Сл. 10.10



Сл. 10.11



Сл. 10.12

У електротехници често се користе кондензатори променљивог капацитета.

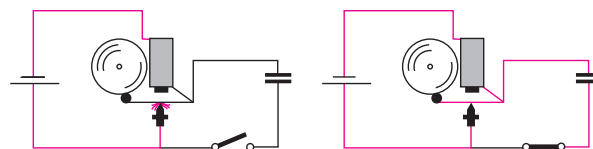
Променљив кондензатор шематски се означава са две једнаке паралелне линије и са стрелицом преко њих (сл. 10.10). Ознаке врста кондензатора дате су на слици 10.11. Врсте кондензатора које се најчешће употребљавају у техници приказане су на слици 10.12.



Размисли и реши!

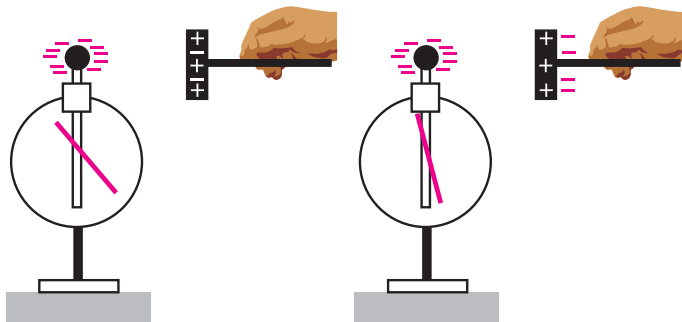
1) Кондензатор је примио количину наелектрисања од 0,0002 кулона и притом му се променио напон за 50 волти. Израчунај његов капацитет.

2) Код електричног звона приказаног на слици (сл. 10.13) види се да између шиљка и котве има искрења. Ако се кондензатор повеже искрења нема. (Вишак електрицитета је прешао на кондензатор.)

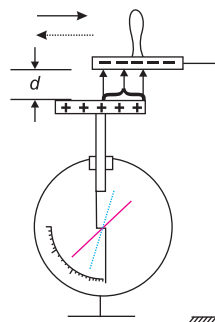


Сл. 10.13

3) Две металне лопте са различитим дијаметром наелектрисане су тако да имају једнак потенцијал у односу на Земљу. Да ли је количина наелектрисања на лоптама једнака? Шта ће се десити ако се лопте повежу са неким проводником?



Сл. 10.14



Сл. 10.15

4) Објасни зашто се капацитет код паралелно повезаних кондензатора повећава, а код серијски повезаних кондензатора смањује.

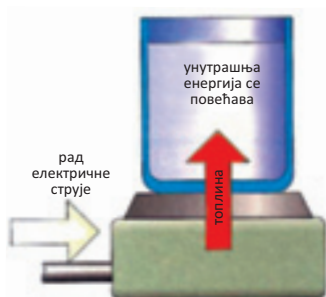
5) Шта се доказује огледима приказаним на сликама 10.14 и 10.15?

Работа и моћност на електрична струја

Рад и моћност електричне струје

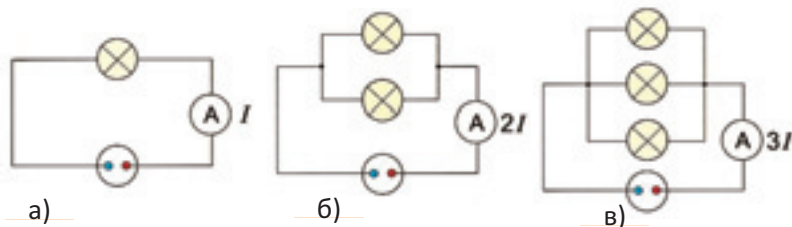
У електричном струјном колу електричне силе покрећу преносиоце електрицитета кроз проводнике и потрошаче, притом вршећи рад.

Знамо да ако се у електричном пољу (на наелектрисаном проводнику) покрене количина наелектрисања од 1C (1 As) из једне тачке у другу, са потенцијалном разликом напона од 1 волт, врши се рад од 1 џула.



Сл. 11.1

Код рада електричне струје ради се од претварању електричне енергије у другу врсту енергије. На пример, код електричне дизалице електрична енергија се претвара у механичку енергију (приликом чега се врши подизање терета на извесно растојање). Код апарата за загревање (сл. 11.1) електрична енергија се претвара у топлотну, односно унутрашњу енергију потрошача.



Сл. 11.2



Испитајмо:

Од чега зависи извршени рад електричне струје?

Са тим циљем састављамо струјно коло са следећим елементима: извор електричне струје, потрошач и амперметар (сл. 11.2.а). Код напона

на извору од 6 V, кроз потрошач тече јачина електричне струје (I) од 0,4A, то значи да у свакој секунди кроз потрошач протиче количина наелектрисања од 0,4C(As). Шта ће се десити ако у електрично коло повежемо два иста таква потрошача (сл. 11.2.б)? Са слике видимо да у овом случају измерена јачина електричне струје ($2 I$) под дејством напона на извору покреће количину наелектрисања од 0,8 C (As), што значи два пута већа количина наелектрисања од примера са једним потрошачем.

Ако у струјном колу има 3 потрошача (сл. 11.2), покренута количина наелектрисања ће бити 3 пута већа ($1,2 C$).

Из извршеног испитивања можемо да закључимо да је извешени рад на електричној струји правопропорционалан са покренутом количином q . Будући да је напон тај који покреће преносиоце наелектрисања, извршени рад електричне струје зависи правопропорционално од напона на извору.

Закључимо: Рад који извршава електрична струја у струјном колу зависи правопропорционално од количине наелектрисања q и напона U . $A = q \cdot U$.

Из формуле за израчунавање јачине електричне струје произилази: $I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t$, за извршени рад добијамо следећу формулу: $A = U \cdot I \cdot t$

Ако је у струјно коло укључено више потрошача, израз за рад електричне струје важи за сваки потрошач појединачно, а у том случају напон представља пад напона на крајевима потрошача.

Рад који ће извршити електрична струја приликом проласка кроз неки потрошач једнак је производу пада напона (U) на крајевима потрошача, јачине електричне струје (I) и времена (t) протичања електричне струје.

Пример: Напон на извору износи 6 V, у струјном колу протиче јачина електричне струје $I = 0,4A$. Колики рад ће извршити електрична струја за време од 15 s?

Дато: $U = 6 V$; $I = 0,4 A$; $t = 15 s$; $A = ?$

Решење: $A = U \cdot I \cdot t$; $A = 6 V \cdot 0,4 A \cdot 15 s$; $A = 36 VAs$; $A = 36 J$.

Мерне јединице за електрични рад

$$A = U \cdot I \cdot t \quad 1 J = 1 W \cdot 1 s.$$

Ват секунда је веома мала јединица, зато се користе веће јединице у којима се за време уместо 1s узима 1час (h).

$$1 h = 3600 s; 1 Wh = 3600 Ws = 3600 J$$

Приликом читавања потрошене електричне енергије најчешће се користи јединица **киловат-час**.

$$1 kWh = 1000 Wh = 3,6 \cdot 10^6 J.$$

Чешће се користи и јединица **мегават-час**: $1 MWh = 1000 kWh$

На слици 11.3 приказан је инструмент за мерење потрошене електричне енергије.



Џејмс Џул
(1818 - 1889)



Сл. 11.3



Моћност електричне струје

Моћност електричне струје се означава са (P) и представља извршени рад у јединици време.

$$P = \frac{A}{t}$$

Електрична моћност (P) једнака је производу напона и јачине електричне струје

$$P = U \cdot I \quad \text{Јединица моћности је ват (W)} \quad 1 W = 1 V \cdot 1 A \Rightarrow 1 W = 1 \frac{J}{s}$$

У пракси се користе веће јединице: киловат, $1 kW = 1000 W$; мегават, $1 MW = 1000000 W$

Мање јединице: миливат, $1 mW = 0,001 W$

Уколико желимо да израчунамо моћност неког дела струјног кола, са падом напона на том делу струјног круга поступамо:

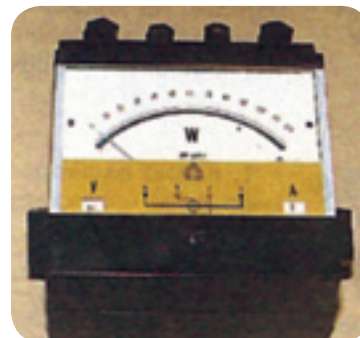
Ако у делу струјног круга за електрични отпор R применимо израз из Омовог закона из једначине за моћност, добијамо израз:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

За израчунавање рада енергије можемо да користимо израз:

$$A = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

Инструмент за мерење моћности назива се ватметар (сл. 11.4).



Сл. 11.4

Пример: Сијалица у аутомобилу моћности 55 W предвиђена је за напон од 12 V. Кад је укључена у струјно коло колика јачина електричне струје ће тећи кроз сијалицу?

Подаци: $P = 55\text{ W}$; $U = 12\text{ V}$; $I = ?$

Решење: $I = 4,58\text{ A}$



Џејмс Ват



Размисли и одговори

1. На слици 11.5 приказана је електрична пегла на којој су забележене вредности за напон и моћност. Колика јачина електричне струје пролази кроз електричну пеглу?



Сл. 11.5

2. Грејач бојлера има моћност од 3000 W. Ако је укључен у струјно коло 1,5 h, колика јачина електричне струје тече кроз грејач? Колико kWh електричне струје ће бити потрошено?

3. Електрична дизалица подиже масу од 1500 kg на висину од 25 m за време од 12 s. Израчунајте:

а) моћност дизалице;

б) напон на који је прикључена дизалица, ако је јачина струје 80 A?

4. Колико ће електричне енергије потрошити бојлер моћности 2,5 kW, ако је укључен 3 часа?

5. На слици 11.6 приказан је тостер у кој електрична струја извршава рад од 60 000 J за време од 60 s. Колика је моћност тостера?



Сл. 11.6

6. Кроз потрошач са електричним отпором $R = 15\ \Omega$, тече струја јачине 0,2A. Колика је моћност отпорника?

7. Када се кроз сијалицу фара на аутомобилу донесе напон од 12 V кроз њу тече електрична струја од 3A. Колика је моћност сијалице?

8. На слици 11.7 приказан је усисивач. Извршени рад електричне струје у њему је 16 000 J за време од 10 s. Израчунајте моћност усисивача. На крају изразите моћност у MW.



Сл. 11.7

9. Сијалица је прикључена у напон од 220 V, на амперметру је прочитана јачина 0,46A. Колика је моћност светиљке?



микроталасна пећ

Сл. 11.8

10. На слици 11.8 приказана је микроталасна пећ. Пећ има моћност од 880 W. Колика ће јачина електричне струје пролазити кроз микроталасну пећ ако је прикључена на напон градске мреже (220 V)?

11. Колика је моћност електричног радијатора који за 5 часа троши 7,5 киловат-часова електричне енергије?

Опасности и заштита од струјног удара

Опасности

За струјни удар можемо да кажемо да су то ефекти електричне струје кад човек постане део струјног кола и кроз њега прође електрична струја. Покрај оштећења делова човековог организма, ефекти могу да буду и смртне последице.

Никад не заборављајте: пазите да не постанете део затвореног струјног кола.

Тело човека је добар проводник електричне струје, зато што телесна течност у ћелијама и простор око њих представљају одређену врсту електролита који проводи електричну струју. Као проводник и за њега важи Омов закон: $I = U / R$ и од њега, познајући напон извора и отпор човековог тела, може да се израчуна јачина електричне струје која ће проћи кроз тело. Електрични отпор тела човека у различним деловима је различит. Унутрашњи органи имају много мањи електрични отпор од коже. На слици 12.1 представљена је величина електричних отпора различитих делова човековог тела.



Сл. 12.1

Треба да знате да влажна кожа има мањи отпор од суве. Код суве коже отпор човековог тела је изнад 10 000 ома, а кад је кожа влажна, испод 1000 ома.

Веома је опасно кад електрична струја пролази кроз срце и мозак (види сл. 12.2). На пример, ако човек који је влажан у купатилу, једном руком додирне оштећени проводник под напоном, а другом се држи за метални део туша, кроз његово тело ће проћи јачина електричне струје:

$$I = \frac{U}{R_{\text{тело}}} = \frac{220 \text{ V}}{1000 \Omega} = 220 \text{ mA}$$

На слици 12.4 приказано је у какву опасност може да упадне домаћица ако електрични шпорет на неки начин (због неког оштећења) дође под напон,



Сл. 12.3



Сл. 12.4

а домаћица се једном руком ухвати за чесму, а другом за шпорет.

Јачина електричне струје изнад 10 милиампера проузрокује јако грчење мишића при чему се губи контрола над њима.

Ако се ухватимо руком за оштећени проводник (који је део струјног кола) постоји опасност да не можемо да успемо да га се ослободимо (сл. 12.5).

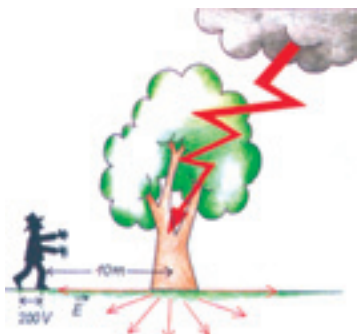


Сл. 12.2



Сл. 12.5

Код јачине од 100 - 200 милиампера грчење мишића је толико снажно, што срце (као мишић) може да престане да ради. Код ове јачине електричне струје јављају се и велике тешкоће при дисању.



Сл. 12.6

Човек може да се нађе у опасности и на отвореном простору, ако га задеси невреме. Притом долази до јаког електричног пражњења између облака и земље (гром). Електрична струја грома је веома велика и ако се деси да прође кроз човека или у његовој непосредној близини може да проузрокује смртне последице (сл. 12.6). За заштиту од ове појаве препоручује се: да се не стаје испод усамљеног дрвета, да се одстране сви метални предмети које човек носи или држи и да буде колико је могуће даље од њих, да седне, а не да лежи на земљи.

Поступци приликом помоћи настрадалом од струјног удара

На слици 12.7 приказано је дете које је настрадало под дејством струјног удара од електричне струје.

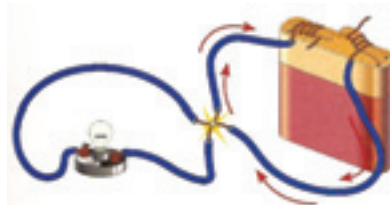


Сл. 12.7

Приликом указивања помоћи прво треба да се искључи струјно коло чији део је постао унесрећени. Притом спасилац треба да поступа веома пажљиво да не би настрадао и он. Прво, треба да се изолира од пода стављањем изолационе подлоге (гуме или пластике), ако у близини нема такве подлоге може да стане на капут или савијен прекривач. Повређени и проводници под напоном не смеју директно да се додирују. Зато је потребно да се они предметом-изолатором (дрво или пластика) одстране од несрећника.

Зашто су опасне кратке везе и преоптоварења струјног кола?

Ако се оба пола батерије (сл. 12.8) повежу са проводником са малим електричним отпором, у складу са Омовим законом ће протећи јака електрична струја. За кратко време ће се ослободити велика количина енергије и створиће се искра. Батерија може да се оштети, а може да проузрокује и пожар електричне инсталације. Такво повезивање се назива кратка веза.



Сл. 12.8

Опасност од електричног пожара може да настане ако се преоптовари инсталација (сл. 12.9). До тога може да дође ако се на један прикључак повеже више потрошача. Зато НЕМОЈТЕ НА ЈЕДНО МЕСТО ДА ПОВЕЗУЈЕТЕ ВИШЕ ПОТРОШАЧА.



Сл. 12.9

Заштита од струјног удара

Ефикасна заштита од струјног удара је уземљење.

За заштиту од струјног удара најосновније је никад да се не дотакне незаштићени проводник који је део електричног струјног кола. Међутим, додатна заштита код скоро свих апарата је уземљење спољних металних делова (сл. 12.10). Апарати у домаћинству - њихови спољни делови, добро су изоловани проводницима кроз које протиче електрична струја, али у случају оштећења тих проводника спољни метални делови могу да се повежу са извором електричне струје. Тада делује уземљење. Такво уземљење се зове заштитно уземљење. Уземљење свих апарата се врши на тај начин што се спољни делови повезују са закопаном металном плочом путем одговарајућих проводника. Веза са уземљењем



Сл. 12.10

се остварује на тај начин што се не употребљавају обични већ шуко-прикључци, прекидачи и утичнице. Утикач је у вези са кућиштем апарата преко контактне лимене плоче. Од завртња заштитног контакта у утикачу полази проводник уземљења, који се појављује као жила вишежилног савитљивог проводника. Вод за уземљење води до одговарајућег вода у утикачу (сл. 12.11).



Сл. 12.11

Осигурачи неопходни заштитници

Осигурачи штите апарате од опасности и штета које могу настати због кратке везе или преоптерећења струјног кола. Са тим директно доприносе смањењу могућности струјног удара.



Сл. 12.12



Аутоматски осигурач и заштитна склопка

У пракси се користе најразноврснији осигурачи (сл. 12.12) са различитом конструкцијом, али са истом функцијом.

Избор осигурача зависи од јачине струје која пролази кроз коло. На пример, за јачину струје до 27А стављају се аутоматски осигурачи од 20 А. За мале радионице и погоне, на струјна кола до максималне јачине од 90 А, стављају се заштитни осигурачи од 80 А.

Корисно дејство струјних удара

Електрични струјни удари приликом којих кроз организам пролази електрична струја мале јачине - до 0,5 mA, имају и корисно дејство на човеков организам. Зато се најчешће користе у медицинској терапији приликом лечења неких болести.

Начини уштеде електричне енергије

- добра топлотна изолација дома штеди енергију;
- бојлер - укључујте га да ради ноћу јер је струја ноћу јевтинија;
- кување - дно посуда за кување да буде једнако са величином рингле, да не би било губитка електричне енергије. Да би се смањиле губици шерпе треба да се покривају поклопцима;
- осветљење - користите више сијалица које користе гас (флуоресцентне). Искључујте сијалице ако напуштате место дуже од 10 минута;
- фрижидер - избегавајте често отварање и затварање фрижидера, оно треба бити што брже; редовно чистите мраз.
- телевизор и компјутер - не остављајте их да раде кад се не користе.



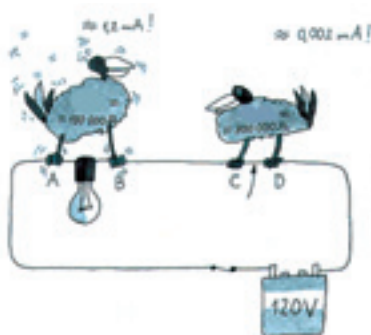
Размислите и одговорите

1. На слици 12.13 откријте какве су грешке направљене:
а) приликом коришћења електричних апарата
б) какве опасности се крију.



Сл. 12.13

2. Колика је јачина електричне струје која је смртоносна?
3. Шта проузрокује струја јачине 10 mA?
4. Која је јачина електричне струје која се користи у медицини?
5. На слици 12.14 приказане су две птице које стоје у струјном колу. Једна се тресе (значи пролази јача струја), а друга мирно стоји. Помоћу слике 12.15 објасни појаву.
6. На слици 12.16 птице слободно стоје на жицама. Објасни зашто!



Сл. 12.14

Прорачун даје
 $I \approx 2 \text{ A}$ $I_1 \approx 1,2 \text{ mA}$ $I_2 \approx 0,002 \text{ mA}$

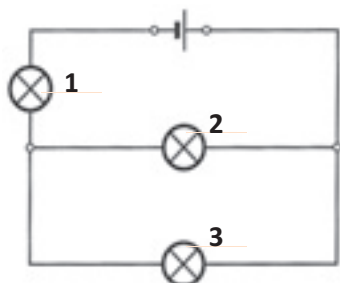
Сл. 12.15



Сл. 12.16



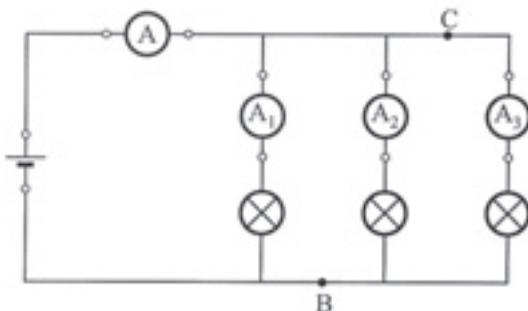
Проверите колико сте научили



Сл. 12.17

1. Преносиоци електрицитета код метала су _____; код електролита су _____ и код гасова су _____.

2. Три једнаке сијалице су повезане у струјно коло као на слици 12.17. Која сијалица ће најслабије горети?



Сл. 12.18

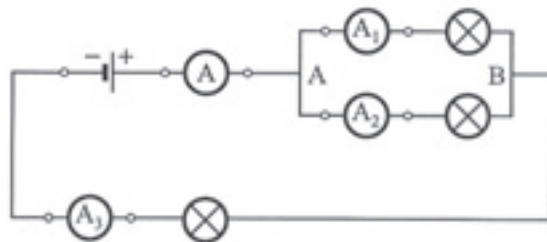
3. Три једнаке сијалице су повезане у електрично коло према шеми на слици 12.18. Амперметар А показује јачину струје од 0,9 А.

а) Колике јачине показују други амперметри?

б) Колика јачина тече кроз тачку В?

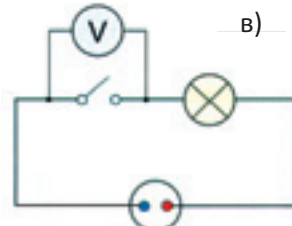
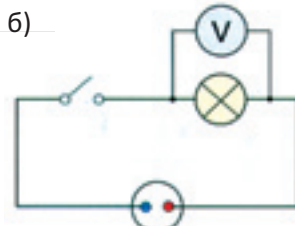
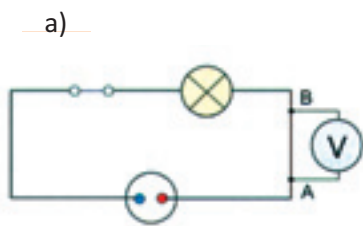
в) Колика јачина тече кроз тачку С?

4. Три једнаке сијалице су повезане у електрично коло према шеми на слици 12.19. Амперметар А показује јачину од 0,6 А. Колику јачину показују амперметри А2 и А3?



Сл. 12.19

5. Колики напон постоји између одређених тачака у струјном колу на слици 12.20 а), б) и в)?

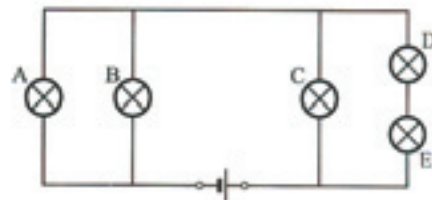


Сл. 12.20

6. Све сијалице у електричном колу на слици 12.21 су једнаке. Да ли сијалице В и С могу да горе једнако? Ако не, која ће сијати јаче?

7. Да ли може волтметар који има скалу до 20 волти да измери напон на крајевима отпорника који има отпор од 4,2 ома кад кроз њега тече струја јачине од 3А?

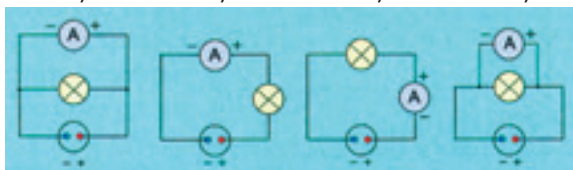
8. Колика ће јачина струје тећи кроз отпорник са отпором од 2 ома повезаним за извор електричне енергије од 6 волти?



Сл. 12.21

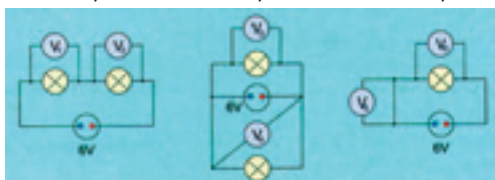
Тест (Наелектрисање)

1. Који амперметар је повезан правилно на слици 1: а) б) в) г)



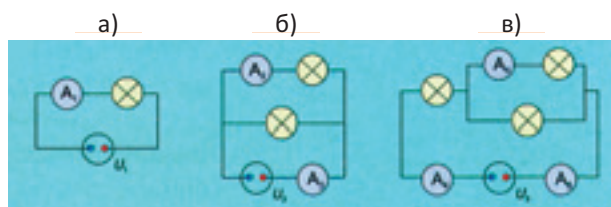
Сл. 1

2. Који волтметар мери напон на извору на слици 2? а) б) в)



Сл. 2

3. На слици 3 приказано је различито повезивање потрошача. Које повезивање је комбиновано?



Сл. 3

4. Метали су проводници електричне струје зато што имају слободне:

- а) јоне б) електроне в) протоне.

5. Колико кулона је наелектрисање које пролази за 2 минуте кроз површину попречног пресека проводника, кроз који тече струја јачине од 400 милиампера?

- а) 800 С б) 200 С в) 48 С г) 0,8 С

6. Преносиоци електрицитета код гасова су:

- а) електрони
б) јони
в) електрони и јони.

7. Код проводника у струјном колу за које важи Омов закон, приликом промене напона на његовим крајевима неће се променити:

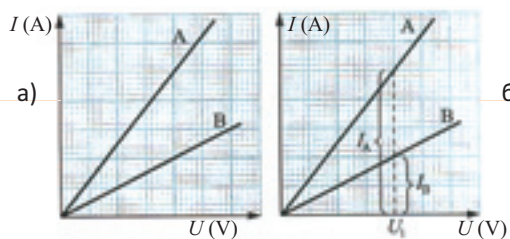
- а) јачина струје;
б) моћност проводника;
в) отпор проводника.

8. У датом струјном колу неопходан нам је отпорник, који може да пропусти јачину од 2 милиампера при напону од 30 волти. Какав отпорник ћете одабрати за ову намену?

- а) 15 kΩ б) 1500 Ω в) 60 Ω г) 15 Ω

9. На слици 4 а) графички је приказана зависност јачине напона два отпорника А и В. Која релација за однос отпора је тачна?

- а) $R_A = R_B$ б) $R_A > R_B$ в) $R_A < R_B$



Сл. 4

10. На слици 4.б) приказани су износи јачине приликом одређеног напона. Која релација за однос јачине је тачна?

- а) $I_A = I_B$ б) $I_A > I_B$ в) $I_A < I_B$

11. Који од наведених примера није извор електричне струје:

- а) генератор; б) акумулатор;
в) сунчева батерија; г) отпорник.

12. Како ће се променити моћност потрошача, ако га прикључимо на два пута већи напон? Отпор потрошача је постојан:

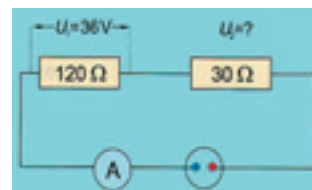
- а) неће се променити; б) повећаће се 2 пута;
в) повећаће се 4 пута; г) смањиће се 2 пута.

13. Која од набројаних мерних јединица је мерна јединица енергије:

- а) килоампер; б) киловат;
в) киловолт; г) киловат-час.

14. На слици 5 серијски су повезана два отпорника. На отпорнику са отпором 120 Ω напон је 36 V. Напон на извору је:

- а) 36 V
б) 45 V
в) 150 V



Сл. 5

Магнети и магнетно поље

Савремени живот не може да се замисли без примене магнета. Магнета има у компасима, звучницима, електромоторима, хладњацима, тракама за снимање и репродукцију звука, дискетама и у многим другим апаратима.

Реч магнет долази од имена града Магнезије у Малој Азији. На овом месту пронађена је гвоздена руда са магнетским својствима, данас позната као **магнетит** (Fe_2O_3).

Руда са таквим својствима је **природан магнет**.

У свакодневном животу обично се користе **вештачки магнети**. Они се израђују од челика са додатком кобалта и никела, који се додатним поступком магнетизују. Ови магнети имају различите форме: шипка, потковица, игла и слично (страна 13.2).

Дејство ових магнета се не мења током времена, зато се они зову **постојани магнети**.



Испитајмо својства магнета

а) Узмите предмете различитих супстанци (гвожђе, челик, алуминијум, бакар, олово, папир, пластика, дрво), и пробајте које од њих привлачи магнет.

б) Магнетну шипку поставите на две кружне оловке и приближите парче гвозђа. Опишите шта сте опазили?

в) Између магнета и ситних ексера поставите лист папира. Да ли магнет привлачи ексере?

Поновите оглед са пластичном фолијом, лесонитском плочицом и танким гвозденим лимом. Шта опажате?

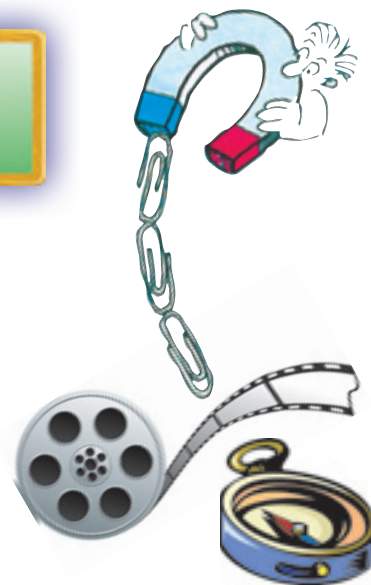
Које супстанце ометају (не пропуштају) деловање магнета?

Приликом извођења огледа опазили сте одређене појаве.

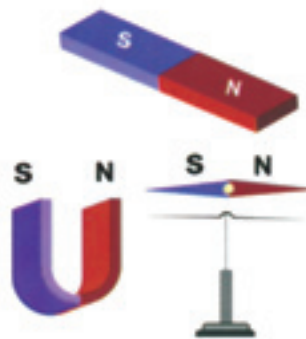


**Магнет привлачи гвоздене и челичне предмете.
Не привлачи предмете од других супстанци.**

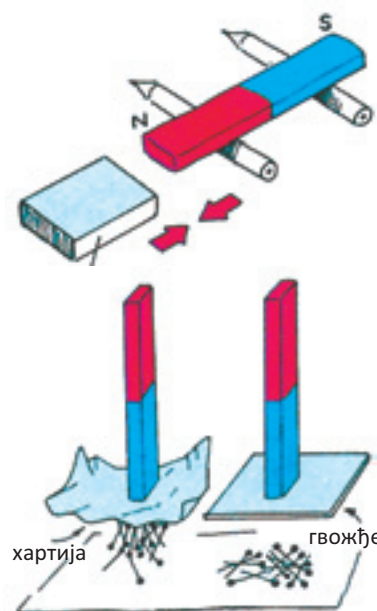
Не само што магнет привлачи гвозђе, већ и гвозђе привлачи магнет (сл. 13.3). Опазили сте да се магнет и гвозђе привлаче и кад се налазе на извесном одстојању.



Сл. 13.1



Сл. 13.2



Сл. 13.3

Значи, **магнетна сила** делује на одређену даљину. Осим тога она делује преко папира, дрвета и пластике.

Гвоздени лим спречава дејство магнетних сила. Због овог својства, лимом се штите неки медицински и технички апарати, а штитимо и себе од непожељног магнетног деловања.



Продужите са испитивањем

Сипајте гвоздене струготине преко магнетне шипке (сл. 13.4)

Оглед можете да изведете и са ситним ексерима (сл. 13.5). Опишите како су по дужини магнета распоређене гвоздене струготине или ексери?



Огледи показују да су се струготине најгушће сакупили на крајевима магнетне шипке, док средина магнета нема то својство. То показује да је привлачење магнета најјаче на крајевима, који су названи **магнетни полови**.

Сваки магнет има два пола: северни магнетни пол се обележава са N (енгл. North - север), док се јужни магнетни пол обележава са S (енгл. South - југ), и најчешће су различито обојени.

На слици 13.6 дат је магнет који привлачи челичне лоптице. Челичне лоптице које привлачи магнет ће се магнетизовати, затим и оне привлаче друге лоптице.

Обесите магнетну шипку. Кад се смири узмите другу. Северни пол магнетне шипке приближите северном полу закаченог магнета (сл. 13.7).

Исто урадите и са јужним магнетним половима.

Затим приближите северни пол са једног магнета јужном полу другог магнета и обратно (сл. 13.8).

Шта опажете?

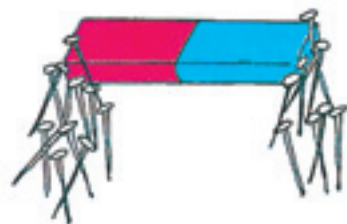


Истоимени магнетни полови се одбијају, а разноимени се привлаче.

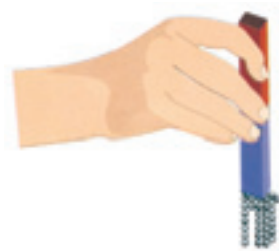
Исто може да се потврди помоћу магнетне игле и магнетне шипке.



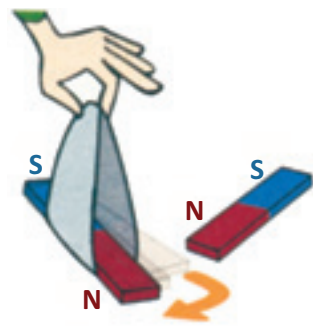
Сл. 13.4



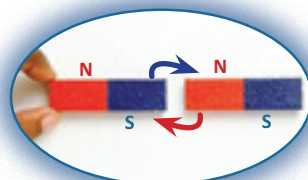
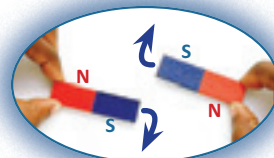
Сл. 13.5



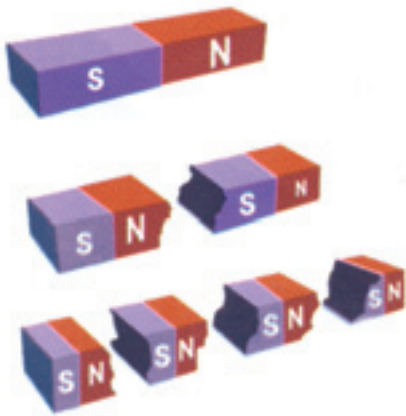
Сл. 13.6



Сл. 13.7

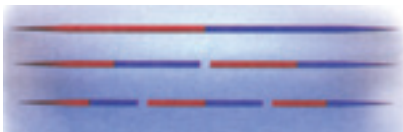


Сл. 13.8



Сл. 13.9

одвоје, односно **сваки магнет је дипол**. Ако се пресече перманенти магнет на два дела, на сваком делу се јављају два супротна пола (сл. 13.9).

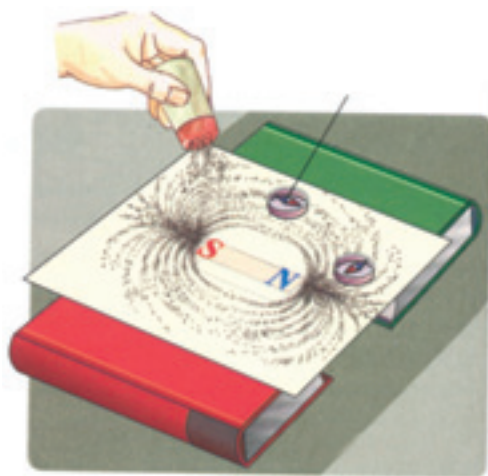


Сл. 13.10

Следећи оглед ће помоћи да се још боље схвати процес магнетизовања и да се поткрепи тврђење о усмереним микроскопским магнетићима - **магнетним диполима**. Узмите дугу намагнетизовану иглу и пресеците ја у средини. Оба парчета су постојани магнети. Ако продужимо са дељењем игле и даље ћемо добијати постојане магнете (сл. 13.10).

Опажамо да привлачење парчића гвожђа, односно узајамно деловање два магнета, се врши на одређену даљину.

Већи број материја не могу да се магнетизују. Међу њима су и метали: бакар, алуминијум, злато, сребро и месинг.



Сл. 13.11

Магнетно дејство се шири кроз ваздух, папир, стакло и друге супстанце, које магнет не привлачи.

Простор у ком делују магнетне силе назива се магнетно поље.

Сваки перманентни магнет око себе ствара магнетно поље.

Значи, магнетне силе су последица магнетног поља које у простору стварају магнети.

Како су распоређене магнетне силе показаћемо на следећи начин (сл. 13.11):

Изнад магнетске шипке поставите стаклену плочу или картон и поспите је гвозденим струготинама. Пажљиво прстом ударајте по стакленој плочи или картону.

● Шта опажете?

Како се распоређују струготине?



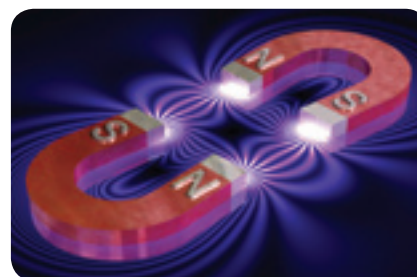
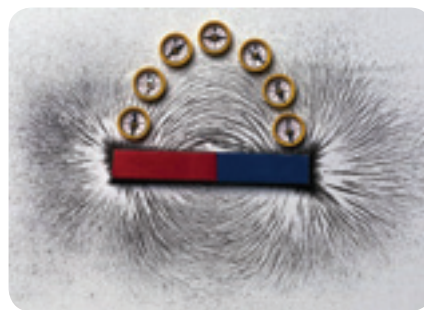
Струготине се распоређују у линије. То су линије деловања магнетних сила и зову се **линије сила магнетног поља**.

На месту где је густина линија магнетних сила већа, магнетно поље је снажније.

Условно је узето да излазе из северног магнетног пола, а улазе у јужни магнетни пол.

Истим поступком изведите оглед са магнетом у облику потковице и са два магнета када су приближени истим и супротним половима (стр. 13.12).

Објасните шта сте опазили и шта сте закључили за сваки случај посебно.



Сл. 13.12

Компас

Лака, намагнетизована челична игла која може слободно да се okreће око вертикалне оси је главни део **компаса - инструмент који служи за одређивање страна света** (сл. 13.13). Плаво обојени део магнетне игле је оријентисан према северу, док је црвено обојени део усмерен према југу. Приликом кретања компаса на длану се одређује правац север - југ.

Прва примена магнета била је код компаса. Широка примена компаса почела је током 12. века, посебно у морепловству.



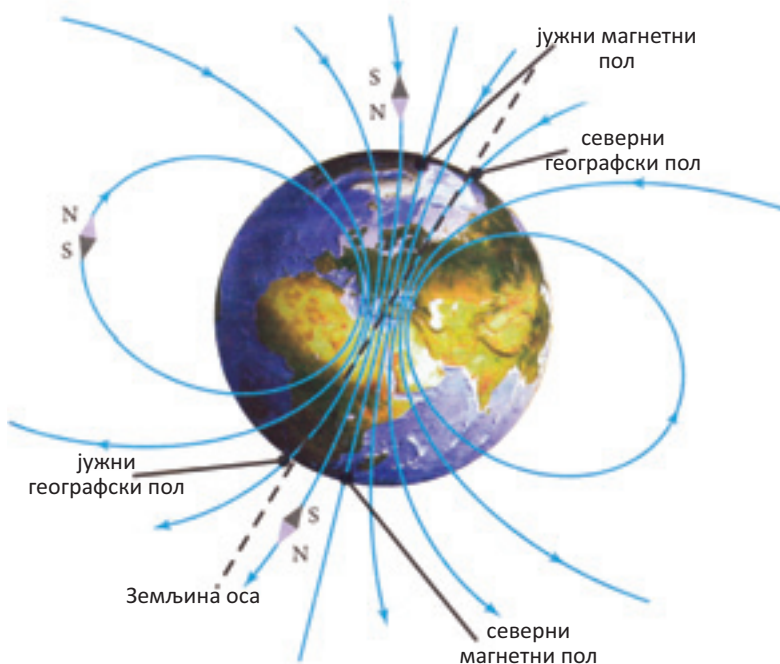
Сл. 13.13



Магнетно поље Земље

Магнетна игла на компасу, кад је у хоризонталном положају, на сваком месту на Земљи заузима исти правац (север - југ). То показује да око Земље постоји магнетно поље. Земља има својство огромног магнета, чије магнетно поље делује одређеном магнетном силом других магнетних тела, и свакако и магнетне игле (сл. 13.14).

Хоризонтална магнетна игла, која може да се okreће око вертикалне оси, под дејством Земље се поставља у одређени смер, тако да је северни пол усмерен према северу, а јужни пол према југу. Вертикална раван, постављена кроз тај смер, назива се **магнетни меридијан**.



Сл. 13.14



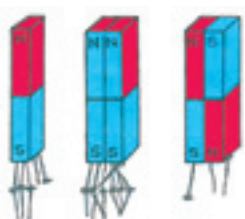
Сл. 13.15

Земљина магнетска ос која пролази кроз Земљино магнетно поље целосно се не подудара са оси ротације Земље (која пролази кроз географске полове), већ са њом затвара угао од 17° . Будући да се магнетни и географски полови не подударају, игла на компасу не показује правац географског меридијана.

Угао између географског меридијана и магнетне игле на компасу назива се угао деклинација (сл. 13.15). Током времена овај угао се сасвим мало мења, о чему мора да се води рачуна у ваздушном и поморском саобраћају



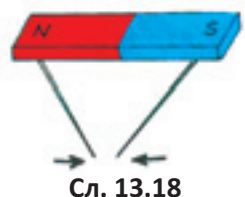
Размислите и одговорите



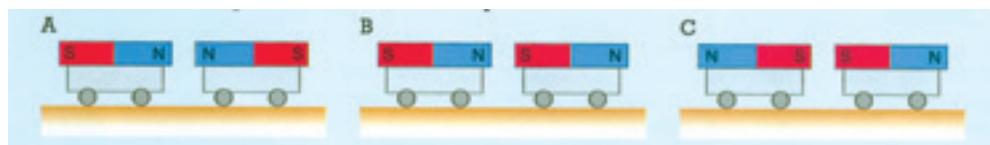
Сл. 13.16



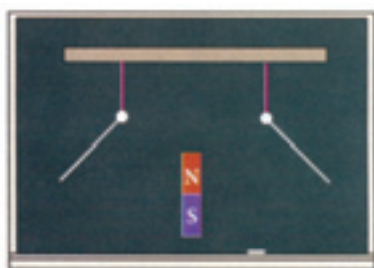
Сл. 13.17



Сл. 13.18



Сл. 13.19



Сл. 13.20



Сл. 13.22



Сл. 13.21

1. Како деловање магнетних сила једног магнетног пола може да буде јаче или слабије у зависности од другог магнета (сл. 13.16)?

2. На једном полу једног магнета налазе се спајалице, док се на другом полу налазе ексерс (сл. 13.17).

Шта мислите? Које ланчано наређане спајалице (или ексерс) ће се распасти, а које ће остати исто наређане кад их склонимо са магнета.

3. Објасните зашто се игле које висе на крајевима магнета привлаче својим слободним крајевима (сл. 13.18).

4. На малим колицима су залепљени магнети у облику шипке. Када се колица привлаче, а када се одбијају (сл. 13.19)?

5. Две гвоздене игле су закачене на конце једнаке дужине (сл. 13.20). Када се на доњу страну донесе шипкаст магнет игле се између себе одбијају. Објасни зашто?

Шта ће се десити ако се магнетне шипке удаље од игала?

6. Магнетна игла компаса се поставља у правцу север - југ. Објасни ову појаву (сл. 13.21).

7. Еластичној опрузи и спајалици (сл. 13.22) која је закачена на њу приближи различите магнете (по форми).

а) Кој магнет је јачи?

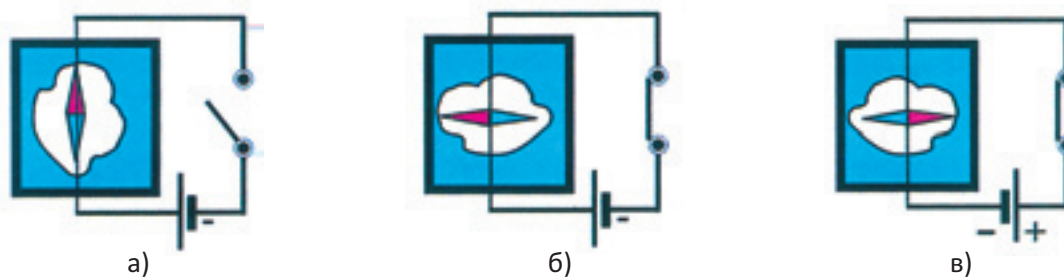
б) Да ли су оба пола на магнету исте јачине?

Магнетно деловање електричне струје

Узмите магнетну иглу и поставите је на парче стиропора који плива у чаши са водом (сл. 14.1).

Изнад магнетне игле затегните жицу и повежите је батеријом.

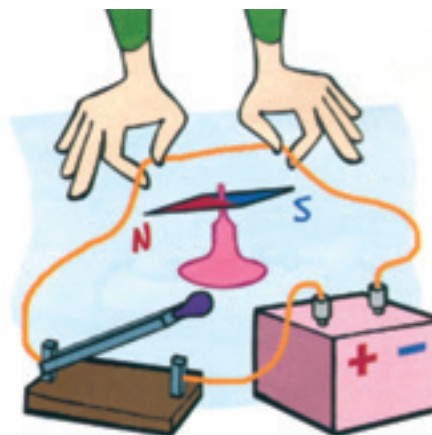
- Шта ће се десити са смером магнетне игле?
- а) Пре него се затвори струјно коло магнетна игла је била у правцу север - југ.
- б) Када је кроз проводник протекла електрична струја игла се окренула.
- в) Када се промене полови на батерији игла се окреће у супротном смеру.



Сл. 14.1

Да разгледамо и слику 14.2.

Праволинијски проводник је постављен паралелно изнад магнетне игле. Ако кроз коло потече електрична струја игла се помешта (отклања) од свог првобитног смера. Окретање игле зависи од електричне струје, ако струја има већу вредност окретање (отклон) на магнетној игли је веће и обратно. Овај оглед је први извео дански физичар Ханс Кристијан Ерстед 1821 године. Из огледа закључујемо да **око проводника кроз који тече електрична струја постоји магнетно поље. Под деловањем овог поља магнетна игла се окреће.** Ако се промени смер тока електричне струје (ако се полови на батеријама повежу обратно), у колу које посматрамо промениће се и смер магнетне игле.



Сл. 14.2

Ако магнетну иглу постепено удаљавамо од провподника кроз који тече електрична струја, њено окретање (отклањање) се постепено смањује и обратно, са приближавањем, окретање (отклањање) магнетне игле се повећава.

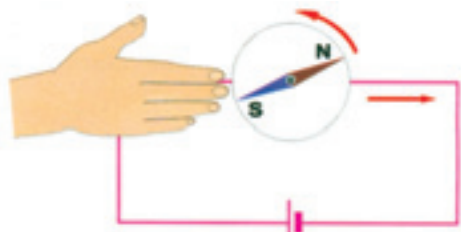
Магнетно поље проводника кроз који тече електрична струја се смањује повећањем удаљености проводника и обратно.

Магнетна својства тела су последица кретања наелектрисаних честица.



Ханс Кристијан Ерстед
(1777-1851)

Сл. 14.3



Сл. 14.4

За одређивање смера окретања магнетне игле важи правило десне руке.

Добро погледајте слику и искажите правило.

Ако се десна рука постави изнад проводника, при чему су прсти исправљени у смеру у коме тече електрична струја, а дланови окренути према проводнику, палац показује смер окретања северног пола на магнетној игли.

Досадашња проучавања електричних и магнетних појава показују да постоји нераздвојива веза и условљеност свих електричних појава. Око наелектрисаних честица које мирују постоји електрично поље, док те исте честице у кретању (електрична струја) стварају магнетно поље.

Приказаћемо магнетна поља на:

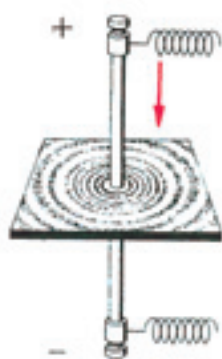
- праволинијском проводнику,
- кружном проводнику
- соленоиду (више навоја - калем).



Магнетно поље на правом проводнику

Магнетно поље на праволинијском проводнику електричне струје и линије сила магнетног поља могу да се прикажу на следећи начин:

Кроз хоризонтално постављен картон вертикално пролази изолиран проводник (сл. 14.5). Кроз проводник нека протече електрична струја од неколико ампера, а затим на картон посипите ситне струготине гвозђа и лако ударајте.



Сл. 14.5

- Шта примећујете?
- Гвоздене струготине се постављају у концентричне кружнице око проводника.
- Струја ствара слабо магнетно поље.
- Магнетно поље је најјаче у близини проводника.
- Повећањем јачине струје магнетно поље постаје јаче.

Линије сила магнетног поља код праволинијских проводника су концентричне кружнице са центром у проводнику, и налазе се на равнинама које су нормалне са проводником.



Продужавамо са огледом

Око проводника поставите магнетне игле и пропустите електричну струју (сл. 14.6).

- Како су постављене магнетне игле?
- Промените смер електричне струје.
- Да ли магнетне игле остају у истом смеру?



Сл. 14.6

Смер магнетног поља зависи од смера струје у проводнику.

Магнетне игле које су постављене око проводника показују смер линија сила магнетног поља.

По договору смер северних полова магнетних игала је узет за смер линија сила магнетног поља.



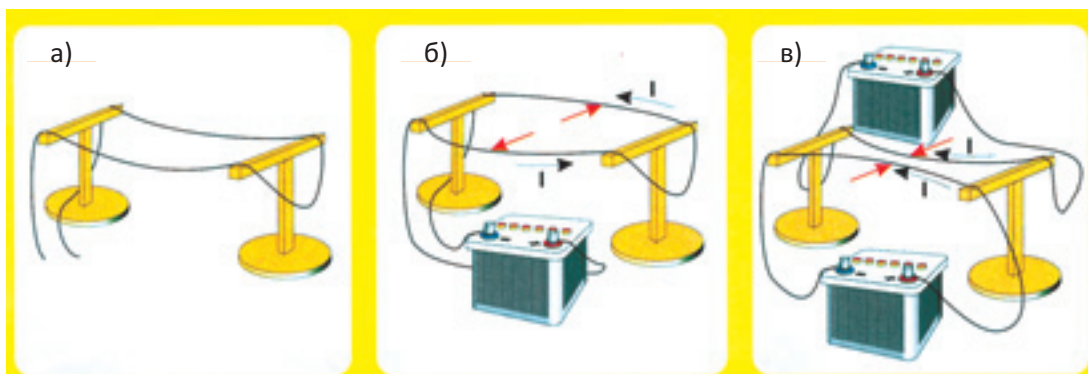
Сл. 14.7

Смер магнетног поља на правом проводнику се одређује правилом десне руке (сл. 14.7), које гласи:

Ако се праволинијски проводник ухвати десном руком тако да палац показује смер електричне струје, савијени прсти око проводника показују смер линија сила магнетног поља.

Какав је смер магнетне силе између два права паралелна проводника?

Да изведемо оглед са две паралелне жице кроз које тече струја и то у првом случају у супротном смеру (сл. 14.8 б), а у другом у истом смеру (14.8.в).



Сл. 14.8

Шта примећујете?

- Када се паралелне жице кроз које тече струја одбијају, а када се привлаче?
- Чему се дугује оно што примећујете при извођењу експеримената?
- Смерови магнетних сила између два паралелна проводника зависе од смера електричне струје у проводницима.

Два паралелна проводника кроз која тече струја:

а) у супротном смеру, међусебно се одбијају (сл. 14.8.б)

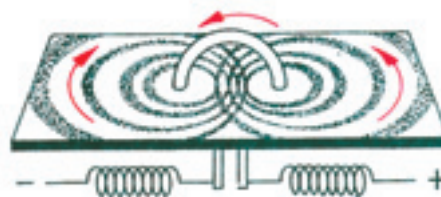
б) у истом смеру, између себе се привлаче (сл. 14.8.в).



Магнетно поље кружног проводника

Магнетно поље кружног проводника и линије сила магнетног поља ћемо такође објаснити преко огледа и представити сликовито (графички).

Кроз хоризонталан картон, на коме се налазе гвоздене струготине, пролази кружни изолирани проводник (сл. 14.9). Кад кроз проводник тече струја, струготине које се налазе у магнетном пољу које ствара електрична струја ће се намагнетисати и заузети одређени положај.



Сл. 14.9

Шта сте закључили из експеримента и графичког приказа?

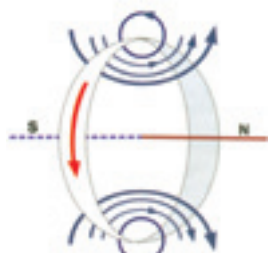
Из распореда намагнетисаних струgota може да се закључи да су линије сила магнетног поља затворене линије.

Струготине су најгушће распоређене у унутрашњости кружног проводника.

Смер магнетних игала може да се одреди помоћу лаких магнетних ленти које су постављене на различите тачке на картону (сл. 14.10). Смер линија сила магнетног поља је исти као и смер северног пола на магнетној игли.



Сл. 14.10



Сл. 14.11

На слици 14.11 смер електричне струје је означен на проводнику дебелом црвеном стрелицом, док су линије сила магнетног поља на проводнику означене танким плавим и усмереним линијама.

Видимо да линије сила магнетног поља на проводнику пролазе кроз замишљену површину обухваћену проводником. Оне “улазе” у проводник са једне стране,

а “излазе” са друге. Страна кружног проводника (десна на слици) из које излазе линије сила магнетног поља је северни магнетни пол, док је друга страна, из које улазе линије сила магнетног поља, јужни магнетни пол.

Смер линија сила магнетног поља, у кружном проводнику, може да се одреди правилном десне руке са савијеним прстима (сл. 14.12 а).

У овом случају (за разлику од праволинијског проводника), **савијени прсти показују смер струје, а исправљени палац показује смер линија сила магнетног поља код кружног проводника.**



Сл. 14.12

Шта примећујете?

Магнетно поље на кружном проводнику је слично магнетском пољу кратког перманентног правог магнета. Једна страна кружног проводника се понаша слично као северни пол на перманентном магнету, док се друга страна понаша као јужни пол (сл. 14.12 б).

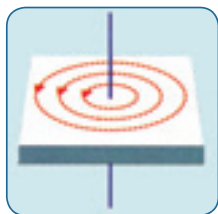


Размислите и одговорите

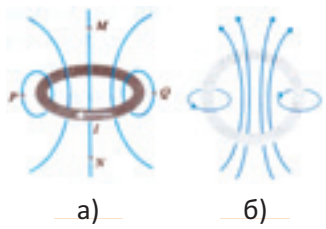
1. Помоћу смера магнетних игала (сл. 14.13), одреди смер електричне струје.

2. Шта је доказано Ерстедовим огледом?

3. Одреди правац електричне струје у проводнику (сл. 14.14) помоћу смера линија сила магнетног поља.



Сл. 14.14



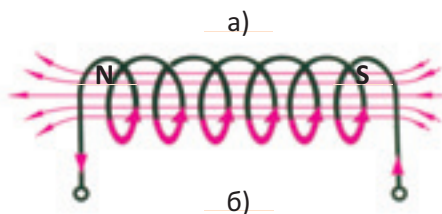
Сл. 14.15

4. Опруга кроз коју тече електрична струја ствара магнетно поље, исто као и код:

а) магнета у облику потковице; б) правог магнета; в) намагнетисане лоптице; г) опруга не ствара магнетно поље.

5. На слици 14.15 а) приказане су линије сила магнетног поља на кружном проводнику, кроз који тече струја I . Одреди правац линија сила магнетног поља у тачкама М, N, Р и Q.

6. Одреди правац електричне струје код кружног проводника (сл. 14.15 б).



Сл. 14.16



Сл. 14.17

Магнетно поље соленоида

Проводник савијен у више кружних навоја назива се соленоид (сл. 14.16 б). Код соленоида сваки кружни навој се понаша као кружни проводник кроз који протиче електрична струја. Магнетно поље соленоида једнако је збиру магнетних поља свих опруга. Колико је већи број опруга (колико су гушће опруге) толико је магнетно поље соленоида јаче.

Магнетно поље соленоида је слично магнетном пољу шипкастог магнета, што се види по распореду линија силе оба магнетна пола (сл. 14.16 а). Ако је соленоид много дужи од свог дијаметра, магнетно поље унутар соленоида је хомогеније (линије сила магнетног поља између себе су паралелне и хомогено распоређене, сл. 14.16 б).

Узмите соленоид, батерију и магнетну иглу. Магнетну иглу поставите у близину соленоида (сл. 14.17).

- Шта ће се десити са магнетном иглом кад се повеже коло?
- Какво је узајамно дејство између соленоида кроз који протиче струја и магнетне игле?
- Будући да се магнетна игла заврће, узајамно деловање је магнетно, а сила која делује је магнетна сила.

Да ли може да се мењају магнетни полови на соленоиду?

Поновите оглед, али притом полове батерије повежите обратно.

- Како се понаша магнетна игла?
- Променом полова на батерији, соленоид - магнет мења полове. Сада га привлачи други пол магнетне игле.
- Каква промена је настала код струје променом полова на батерији?
- Заменом полова на батерији променио се и смер струје, а тиме и смер магнетног поља.

Како може да се повећа јачина магнетног поља соленоида?

У унутрашњости соленоида, кроз који протиче струја, магнетно поље има константну вредност.

- Магнетно поље може да се појача ако се повећа број опруга на јединицу дужине или ако се повећа јачина електричне струје која пролази кроз соленоид.



Електромагнет

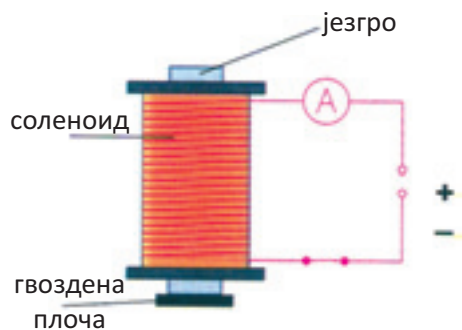
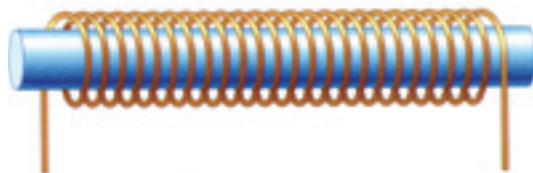
Постоји много ефикаснији начин повећавања јачине магнетног поља, када се у соленоид унесе парче меког гвожђа - језгро, које се магнетише.

Соленоид са гвозденим језгром зове се електромагнет.

Саставите струјно коло као на слици 14.18. Кад је коло затворено гвоздена плоча је чврсто прилепљена за доње чело језгра од меког гвожђа.



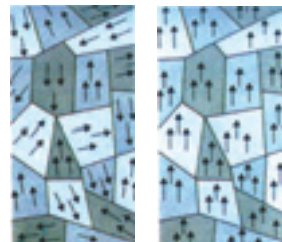
Када се у соленоид кроз који протиче струја постави језгро од феромагнетног материјала, јачина магнетног поља соленоида ће се осетно повећати.



Сл. 14.18

- Шта ће се десити када прекинемо струјно коло?
- Плоча која је прилепљена за језгро пашће зато што прекидањем електрицитета струје у калему (солениду) електромагнет губи своја магнетска својства.
- Шта се дешава у електромагнету?

У гвозденом језгру постоје мали магнетићи чија магнетна поља су различито усмерена и између себе се поништавају (сл. 14.19 а). Кад кроз жицу протече струја, у њеном магнетном пољу магнетићи имају исти смер (сл. 14.19 б). Тако удружени они праве снажно магнетно поље. Кад се струја искључи магнетићи се поново окрећу сваки на своју страну, а магнетно поље се губи.



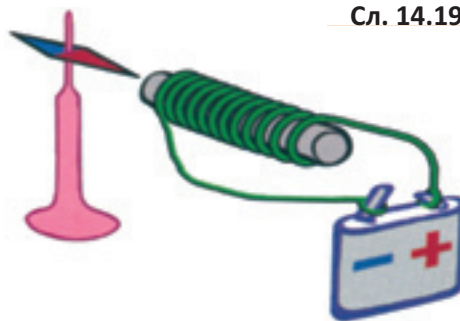
а) б)

Сл. 14.19

Изведите оглед као што је дато на слици 14.20 и објасните шта сте опазили.

Ако се у соленоид унесе неки гвоздени или челични предмет, прикључивањем електричне струје он може да се магнетише. На овакав начин се магнетишу гвоздени и челични предмети.

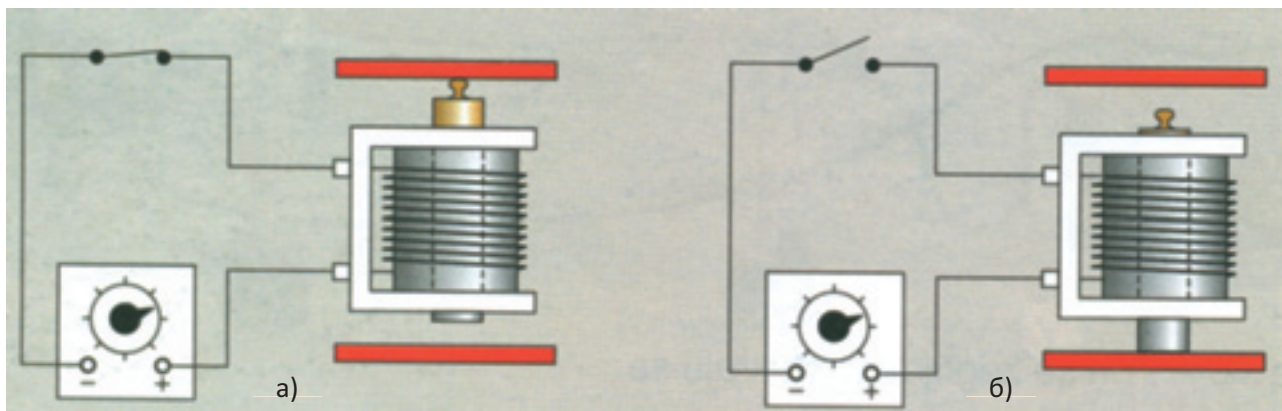
Струју препознајемо по магнетном дејству.



Сл. 14.20

Магнетно дејство електричне струје налази примену код електричних звона у домаћинствима.

Приликом укључивања електричне струје (притискањем на прекидач) опруга привлачи језгро од гвожђа (сл. 14.21 а). Гвоздено језгро удара у металну плочу и притом звони. Ако се електрична струја искључи опруга испушта гвоздено језгро (сл. 14.21 б), језгро пада и удара на другу металну плочу.



Сл. 14.21

Магнетна индукција. Електрично поље наелектрисаног тела, у стању мировања, се карактерише величином - **јачина електричног поља**. Аналогно томе, магнетно поље се карактерише величином – **магнетна индукција** (\vec{B}).

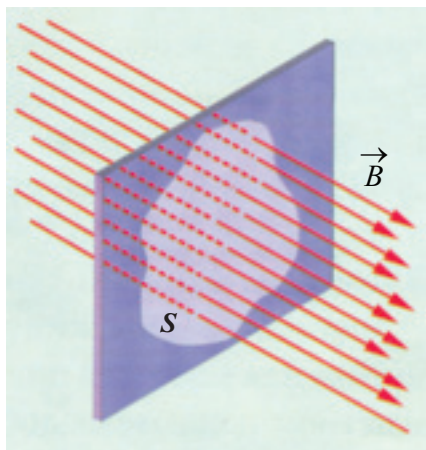
Магнетната индукција је векторска величина, одређена интензитетом, правцем и смером, која се употребљава за описивање магнетног поља.

Интензитет магнетне индукције је већи у областима магнетног поља где су линије сила поља гушће и обратно, мањи је на местима у пољу где је густина линија мања.

Смер магнетне индукције у свакој тачци се подударе са смером магнетног поља, односно, смером линија сила магнетног поља.

Јединица за магнетну индукцију је **тесла (Т)**.

Магнетно поље има магнетну индукцију од 1 Т ако то поље делује силом 1 N на жици дугој 1 m кроз коју протиче струја јачине 1 А, приликом чега је жица постављена нормално према магнетном пољу



Сл. 14.22

$$\left(T = \frac{N}{A \cdot m} \right).$$

Магнетно поље је у свакој тачци целосно описано магнетном индукцијом у тој тачци, док је магнетно поље у целом простору описано збиром вектора са сваке тачке тог простора.

Магнетни флукс. Магнетно поље, као што смо констатовали, се приказује линијама сила. На основу распореда и густине линија сила може да се говори јачини, односно интензитету у смеру магнетне индукције (\vec{B}).

Број линија сила магнетног поља које пролазе кроз неку површину S назива се магнетни флукс (Φ).

Магнетни флукс хомогеног магнетног поља кроз површину која је нормална правцу линија сила једнак је производу интензитета магнетне индукције у том пољу (B) и површине (S), слика 14.22 , односно

$$\Phi = B \cdot S$$

Јединица за магнетни флукс је **вебер** (W_b).

Из дефиниције за магнетни флукс произилази да је:

$$W_b = T \cdot m^2$$

Хомогено магнетно поље са магнетном индукцијом од 1 Т има магнетни флукс од 1 W_b кроз нормалну површину од 1 m^2 .

Из једначине $\Phi = B \cdot S$, интензитет магнетног поља је $B = \frac{\Phi}{S}$.

На основу предходних једначина можемо да додамо још једну дефиницију за јединицу тесла (T)

$$T = \frac{W_b}{m^2}.$$

Магнетна индукција од 1 Т има хомогено магнетно поље са магнетним флуксом од 1 W_b кроз површину од 1 m^2 , нормална правцу магнетне индукције.



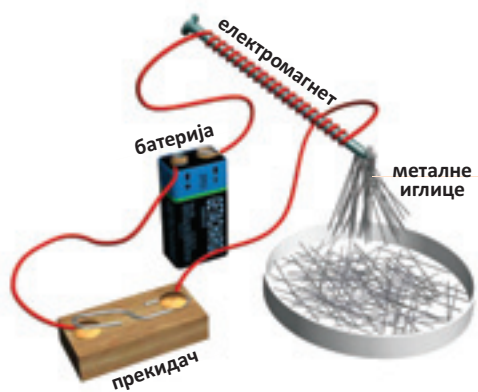
Сл. 14.23



Да ли сте знали...

Електромагнети се користе код различитих апарата, код касетофона, видеорекодера, звучника и др.

Електромагнети налазе примену код великих дизалица за подизање старих аутомобила и другог отпада од гвожђа и челика (сл. 14.23).



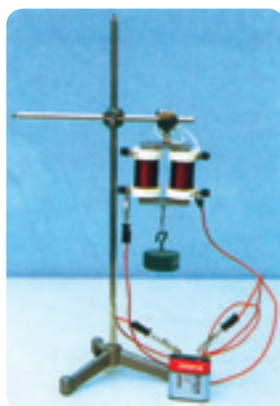
Сл. 14.24



Направите сами електромагнет

На парчету меког гвожђа направите стотинак навоја од танке бакарне жице. Крајеве жице повежите са половима џепне батерије (сл. 14.24).

- Објасните шта ће се десити ако у близини има ситних иглица.
- Ако се прекине коло, шта ће се десити са електромагнетом?



Сл. 14.25



Изведите експеримент

- Ако се калеми прикључе на електричну струју, шта ће се десити са калемима и језгром?
- Постају магнети, привлаче гвоздене предмете и држе терет (као на слици 14.25).
- Шта ће се десити када се искључи струја?
- Гвоздени предмет ће пасти зато што искључењем струје електромагнет губи магнетна својства.



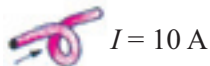
Размислите и одговорите



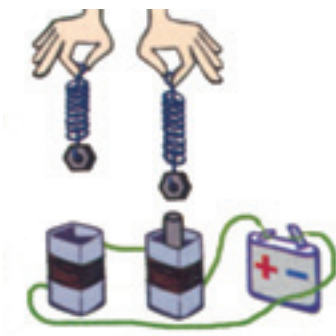
Сл. 14.26



Сл. 14.27



Сл. 14.28



Сл. 14.29

1. Шта ће се десити ако у струјном колу са батеријом и сијалицом заменимо полове прикључака на батерији (сл. 14.26)?

2. Шта ће се десити ако у струјном колу са батеријом и електромагнетом и магнетном иглом у близини електромагнета, заменимо полове на батерији (сл. 14.27)?

3. Упоредите магнетна поља кружног проводника и калема кад кроз њих протиче електрична струја.

Кроз кружни проводник протиче струја јачине 10 А, а кроз калем протиче струја јачине 2 А (сл. 14.28).

Каква су магнетна поља:

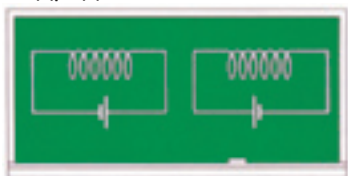
- а) у кружном проводнику је слабије, а у калему снажније.
 - б) у калему је слабије, а у кружном проводнику јаче.
 - в) код оба проводника је исто.
- (заокружити тачан одговор).

4. Зашто код оба калема која су повезана у серију, један делује јачом, а други слабијом магнетном силом (сл. 14.29)?

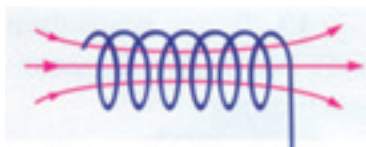
5. На сл. 14.30 приказана су два соленоида (калема) кроз које протиче струја. Да ли између калема постоји међусобно дејство?

6. На слици 14.31 приказан је смер линија силе магнетног поља на соленоиду. Њиховом помоћи одреди смер електричне струје кроз навоје соленоида.

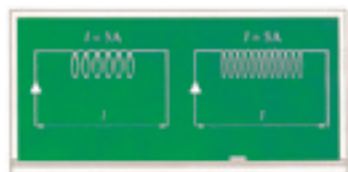
7. Магнетни флукс хомогеног магнетног поља кроз површину $2,4 \text{ m}^2$, има вредност од $1,44 \text{ Wb}$. Одреди интензитет магнетне индукције, ако је њен правац нормалан тој површини.



Сл. 14.30



Сл. 14.31



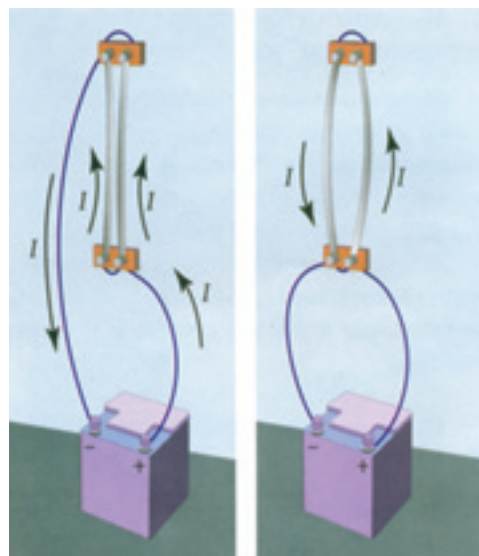
Сл. 14.32

8. Кроз два соленоида протиче електрична струја исте вредности, на пример 5 А (сл. 14.32). Код ког соленоида је интензитет магнетне индукције већи?

9. Како узајамно делују два паралелна праволинијска проводника кроз које протиче струја (сл. 14.33):

- а) у истом смеру
- б) у супротном смеру?

Из чега произилази оно што опажаш приликом извођења експеримента?



Сл. 14.33

Деловање магнетног поља на проводник кроз који протиче електрична струја

Досад смо се упознали са случајевима када магнет магнетском силом делује на други магнет. Сада ћемо разгледати још једно дејство магнетне силе, односно начин на кој магнет магнетном силом делује на електричну струју, односно жицу кроз коју протиче електрична струја.

Ако прави проводник, кроз који тече струја, поставимо до магнета, опазићемо да на проводник делује сила. Ако се промени смер струје проводник ће се померити у супротан смер.

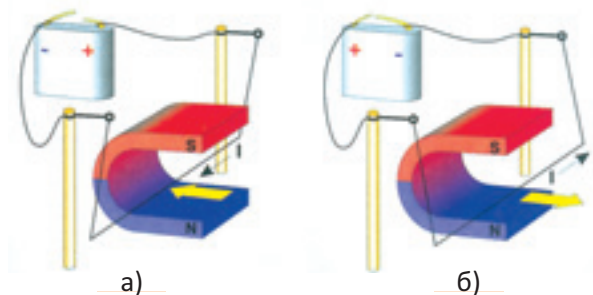
Магнетну силу којом магнетно поље делује на проводник проучавао је Ампер и зато се она зове Амперова сила.

Експеримент

Од бакарне жице направите “љуљашку” и закачите је на две одвојене столице тако да хоризонтални део љуљашке поставите између полова магнета у облику потковице, односно нормално линијама силе магнетног поља.

Објасните шта се дешава када:

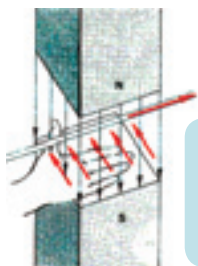
- затворите коло (сл. 15.1 а);
- промените смер електричне струје (сл. 15.1 б);
- замените полове на магнету (ЗНАК), односно окренете магнет.



Сл. 15.1

Из огледа опажете да:

- кад се затвори коло бакарна жица се покреће.
- кад се мења смер електричне струје или полова магнета мења се и смер кретања бакарне “љуљашке”.



Смер кретања проводника кроз који тече електрична струја, а који се налази између полова на магнету, може да се одреди правилом леве руке (сл. 15.2).

Ако се длан леве руке окрене према северном магнетном полу (при чему линије сила магнетног поља улазе у њу), а исправљени прсти показују смер електричне струје у проводнику, проводник се креће у правцу одвојеног палца.

Сл. 15.2

Није тешко да се разуме зашто се проводник креће. Овде постоје два магнетна поља: магнетно поље постојаног магнета и магнетно поље проводника кроз који тече електрична струја.

Магнетно поље постојаног магнета истискује магнетно поље електричне струје. С обзиром да само проводник струје може да се креће, јасно је да ће он бити “истиснут”, што значи да на проводник електричне струје делује магнетна сила која проузрокује механичко кретање. Магнетна енергија се претвара у механичку. Правац и смер су одређени, а њен интензитет зависи од:

- индукција магнетног поља (B), постојаног магнета;
- јачина електричне струје (I) која протиче кроз проводник; и
- дужина (l), део проводника који се налази у магнетном пољу постојаног магнета.

Свака од набројаних величина директно утиче на интензитет силе F која помера проводник електричне струје. Ово може да се изрази и у математичкој форми: $F = B \cdot I \cdot l$.

Амперова сила се јавља као резултат узајамног деловања магнетног поља перманентног магнета и магнетног поља струје кроз проводник.



Проводник у облику рама у магнетном пољу

Под струјни рам подразумевамо проводник савијен у облик четвртасог рама, постављеног између полова магнета и који може слободно да се креће (окреће) око једне оси.

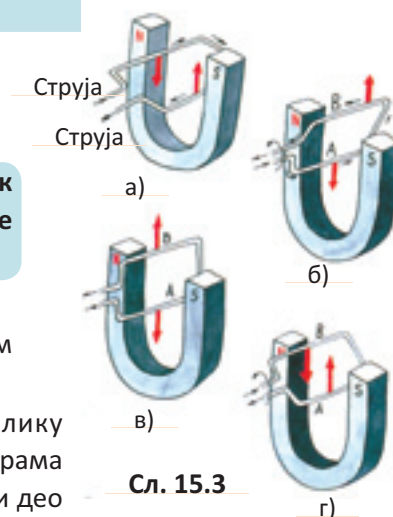
Разгледаћемо неколико положаја у којима се налази четвртасти рам (сл. 15.3).

а) Између полова на вертикално постављеном магнету у облику потковице поставимо струјни рам у хоризонтални положај. Прави део рама који се налази у близини N-пола ћемо назвати А-грана, док ћемо прави део рама који је близу S-пола назвати В-грана. А-грана, ако се разгледа посебно, је права струјна жица. Тада на А-грану делује магнетна сила у смеру на доле. Под дејством те силе А-грана се креће на доле.

б) На В-грану делује магнетна сила са смером нагоре. Због деловања те силе, В-грана се креће нагоре. Значи, на А-грану и на В-грану делују магнетне силе које имају једнак износ, али супротан смер. Међутим, укупна сила рама није нула, обе силе се не поништавају, зато што не делују по дужини у истом правцу. Оне представљају пар сила које проузрокују окретање рама око оси.

в) Рам се окреће око оси док не дође у вертикалан положај, са А-граном доле, и В-граном горе. Тада је раван рама нормалан линијама сила магнетског поља. Магнетне силе на А-грани и В-грани тада делују по дужини у истом правцу (као што је приказано на слици 15.3 в). Због тога се те две силе међусобно поништавају, и тада је укупна магнетна сила рама нула.

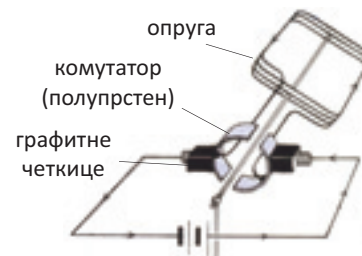
г) Замислите да се кад је рам у положају в) за моменат искључи струја и одмах затим да се прикључи у супротном смеру. Струја тада улази кроз В-грану, а излази кроз А-грану. Ствара се пар сила које проузрокују даље окретање рама (сл. 15.3 г).



Сл. 15.3

Закључимо: Ако струјни рам поставимо у магнетно поље тако да раван рама буде паралелан са линијама сила магнетног поља (као у случају "а"), на рам делује сила која га окреће око оси. Као што смо споменули да би се продужило окретање рама довољно је да се промени смер електричне струје. То се постиже једноставном направом која се зове **комутатор** (сл. 15.4).

Комутатор се састоји од **два полупрстена**, међусобно изолованих. Сваки полупрстен је повезан са по једним крајем рама. На комутатор налажу **две четкице** које су повезане са извором струје. Кад се рам окреће, свака четкица додирује прво једну, а затим другу половину прстена. На тај начин за свако окретање рама комутатор два пута мења смер електричне струје у раму.



Сл. 15.4

Електромотор

Сви смо чули за електромотор. Користи се за кретање возила, код великог броја електричних апарата за домаћинство, код неких дечјих играчака, видеорекордера, електричних часовника, у грађевинарству и друго.

Електромотор је електрични апарат (направа) у којем се енергија електричне струје претвара у кинетичку енергију (ротација), која се користи за погон (покретање) различитих електричних машина, апарата и др.

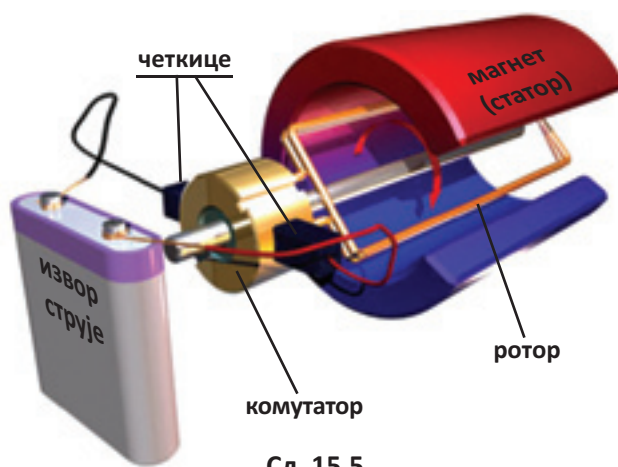
Електромотор има три основна дела: **статор, ротор и комутатор.**

Статорот (непокретни део) је магнет.

Роторот (покретни део) је опруга или рам који се окреће између полова магнета.

Комутаторот (пресечни прстен) је причвршћен на рам и окреће се заједно са њим. На комутатор налажу **две четкице** које су повезане са извором струје.

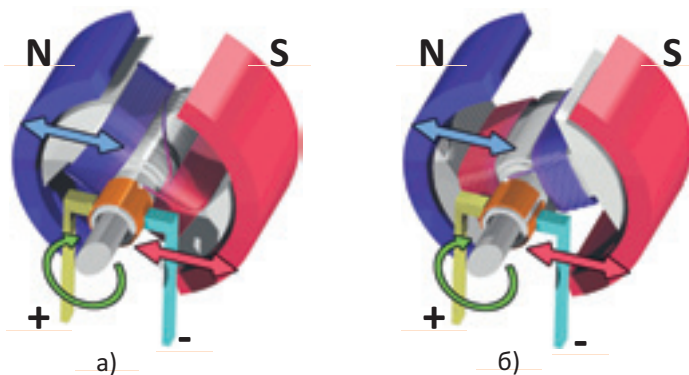
Саставни делови и принцип рада електромотора приказани су на сл. 15.5.



Сл. 15.5

Између полова постојаног магнета (у облику потковице) налази се проводник правоугаоног облика, који је повезан за извор електричне струје. Крајеви на опрузи су причвршћени на комутатор (два метална полупрстена).

Кад струја протиче кроз опругу, једна страна се креће према горе, а друга према доле, зато што на обе стране рама које се налазе између магнетних полова, на једну делује магнетна сила према горе, а на другу према доле (зато што су смерови струје у жицама супротни). На тај начин опруга (или рам) се окреће, али кад је опруга вертикална силе не могу да је окрену више зато што тада делују у истом правцу, али у супротном смеру. У моменту кад опруга



Сл. 15.6

прође вертикалу по инерцији, комутатор мења смер струје. Сада и силе које делују на исте стране мењају смер. На тај начин опруга се окреће за још један полукруг итд.

Окретање опруге се преноси на ос (осовину) машине (апарата). На тај начин енергија електричне струје се претвара у кинетичку енергију (ротација). Ово је принцип по ком ради електромотор. Ево још једне дефиниције електромотора.

Електромотор је електрични апарат, са веома једноставном конструкцијом, који електричну енергију претвара у механички рад.



ротор и статор код
електромотора

Сл. 15.7

Мотори који се користе обично имају неколико опруга, постављених под различитим угловима. На тај начин они имају смијенији рад и већи ефект на окретање. Неки мотори користе електромагнете уместо трајне магнете. То значи да они могу да раде на наизменичну струју. Променом смера струје на опрузи (ротору), истовремено се мења и смер магнетног поља електромагнета. На тај начин смер окретања ротора остаје исти.

Електромотори имају велику предност пре свих погонских машина. Постоји велики степен искоришћености, имају миран и тих рад, лаки су, једноставни за руковање и одржавање.

Електрични мотори имају еколошку предност над моторима са унутрашњим сагоревањем (бензински и дизел мотори), не загађују околину.

Иако су електромотори део научно-техничке револуције 19. века, они се и данас производе у милионима примерака различите величине и јачине. Користе се код усисивача, фрижидера, уређаја за климатизацију, машина за прање, у грађевинарству итд. Жичаре, возови и трамваји такође не могу да се замисле без електромотора.



Да ли сте знали...

Први електромотор је направљен 1874. године. Само након шест година конструисана је и прва електрична локомотива.



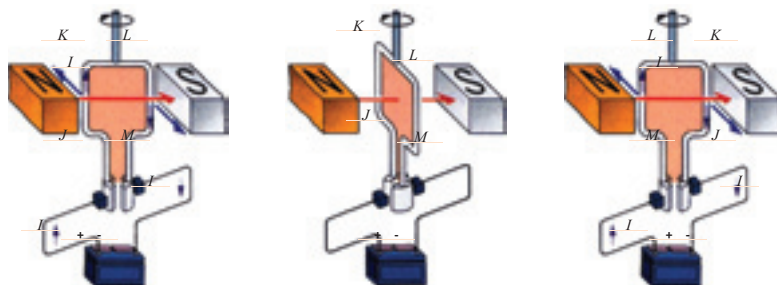
Сл. 15.8



Размислите и одговорите

1. Шта је струјна жица, а шта струјни рам?
2. Струјни рам у хомогеном магнетном пољу се окреће према положају у коме је раван рама:
 - а) паралелна са магнетним пољем; б) нормална са магнетним пољем; в) зависи од смера струје у оквиру.
3. Који су саставни делови комутатора?
4. За свако окретање рама, колико пута комутатор мења смер електричне струје?
5. Набројте неколико апарата који раде помоћу електромотора.
6. Који су основни делови електромотора?
7. Приликом употребе електромотор претвара електричну струју у _____.

8. На слици је дато окретање код електромотора. Погледајте и одговорите како је технички решено стално окретање ротора.



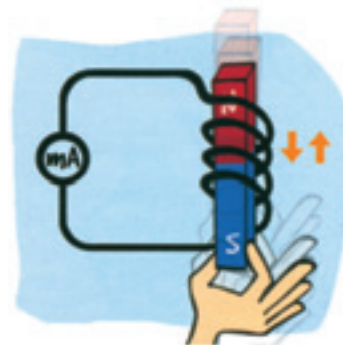
Сл. 15.9

Електромагнетна индукција

Са претходним огледима показали смо да магнетно поље не може да се одвоји од електричне струје.

Будући да је електрична струја усмерено кретање наелектрисаних честица, магнетно поље се ствара искључиво приликом кретања наелектрисаних честица.

Експерименти данског физичара Ерстеда су показали да се око сваког проводника кроз који тече електрична струја ствара магнетно поље. Након овог открића више физичара је поставило питање: ако електрична струја ствара магнетно поље, да ли помоћу магнетног поља може да се добије електрична струја?

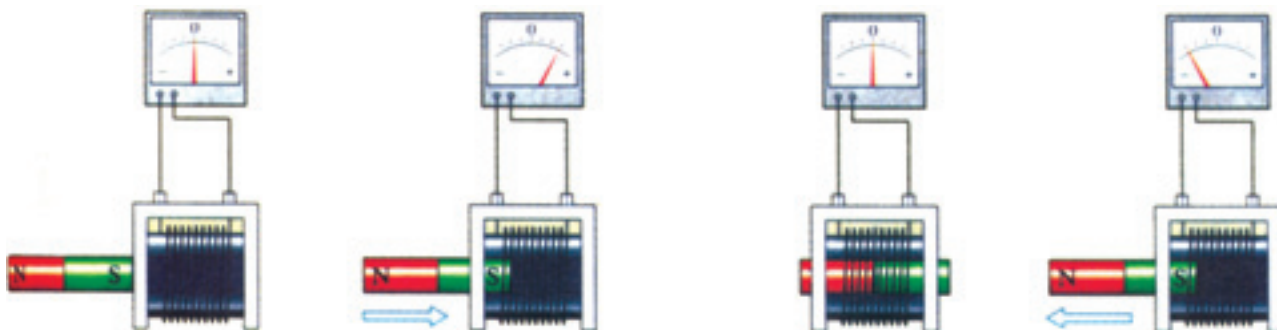


Сл. 16.1

Први научник који је открио ову могућност био је енглески физичар и хемичар Фарадеј. Овај научник је постављао, изводио и анализирао различите експерименте да би 1831 године открио да само помоћу променљивог магнетног поља може да се добије електрична струја.

Појава приликом које се добија електрична струја у проводнику помоћу променљивог магнетног поља назива се електромагнетна индукција. Електрична струја која се ствара на овакав начин зове се индуцирана електрична струја.

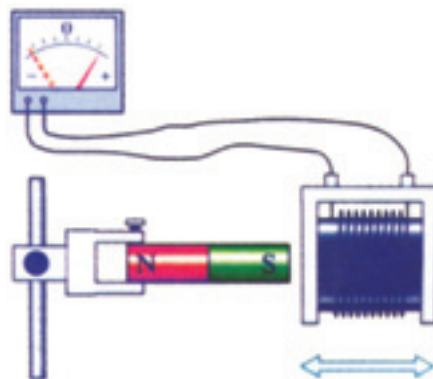
Упознаћемо неке од Фарадејових експеримената, али сада помоћу савременијег прибора и инструмената.



1. Крајеве калема везујемо за галванометар (веома осетљив амперметар). На овај начин имамо затворено коло од проводника без електричног извора (сл. 16.2).

На слици имамо ситуације:

- када магнет у облику шипке мирује испред опруге;
- када се магнет у облику шипке уноси у опругу;
- када мирује у опрузи;
- када се извлачи из опруге;
- када се калем креће, док магнет у облику шипке мирује.



Сл. 16.2

Гледајући експерименте и слике одговорите на следећа питања:

- Кад инструмент показује струју?
- Коју појаву опажате кад се магнет креће у калему?
- Шта ће се десити ако замените (окренете) полове магнета?
- Да ли тече струја када магнет мирује унутар калема?
- Да ли тече струја када магнет мирује, а калем се креће?
- Шта опажате када се магнет који је постављен у калем и калем заједно крећу?
- Да ли струја увек има исти смер?
- Кад се магнет уноси у калем (соленоид) стрелица на амперметру се отклања у једном смеру, када се магнет извлачи из калема стрелица се отклања у супротном смеру.

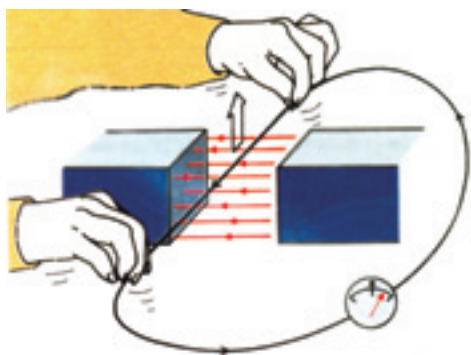
Опазили сте да кроз амперметар протиче струја кад се калем налази у променљивом магнетном пољу, без разлике да ли се креће магнет или калем.

Смер индуциране струје зависи од смера магнетног поља и смера кретања магнета.

Електрони у опрузи су се покренули под деловањем магнетног поља. Другим речима, индуциран (генерисан) је напон у опрузи. То проузрокује да кроз коло тече струја.

За виши напон (и јачу струју) потребно је:

- брже кретање магнета,
- да се користи јачи магнет,
- калем са више навоја.



Сл. 16.3

Кад магнет стане нема ни напона ни струје. Ову појаву ћемо приказати са правим проводником (сл. 16.3). Крећемо проводник нормално са линијама сила магнетног поља. Резултат тога је индуцирани напон у проводнику. Значи, струја тече у колу.

За виши напон (и јачу струју) потребно је:

- брже кретање магнета,
- да се користи јачи магнет.

Увек када проводник сече линије сила магнетног поља индуцира (генерише) се напон. Није важно шта се креће, магнет или проводник. Пресудно је релативно кретање између њих.

Колико се брже секу линије сила магнетног поља, толико је већи напон који се индуцира.

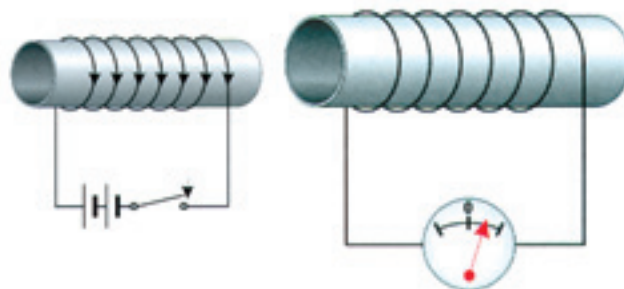
Ако се линије поља не секу, нема напона.



Продужавамо са експериментима

2. Уместо перманентног магнета (као што је било у предходном случају) узимамо калем који је повезан са извором струје и који може да се приближава или удаљује од другог калема који је везан на галванометар (сл. 16.4).

Обично се калем са струјом назива примарни калем или скраћено **примар (I)**, док се други калем који је повезан за галванометар зове **секундар (II)**. Кад у примару нема струје (прекидач је отворен) или кад кроз примар протече струја (прекидач је затворен), међутим мирује у односу на секундар, у секундару нема електричне струје. Ако се примар увлачи (уноси) у секундар, галванометар показује један смер струје, а кад се извлачи из њега, показује други смер. Значи, у **секундару се ствара струја и траје све док се примар или секундар крећу један према другом**.



Сл. 16.4



Изведите експеримент са електромагнетом и калемом.

Поступите исто као и у претходном случају.

Експеримент изведите пажљиво, а затим објасните шта сте приметили.

У свим наведеним случајевима електрична струја у затвореном проводнику се добија помоћу променљивог магнетног поља, или тачније, променом флукса магнетног поља и зове се **индуцирана струја**.

Данас са сигурношћу можемо да тврдимо да је електромагнетна индукција једно од најважнијих открића у првој половини 19 века. Након овог открића дошло је до брзог развоја електротехнике, зато што је пронађен начин за претварање механичке енергије у електричну енергију.



Сл. 16.5

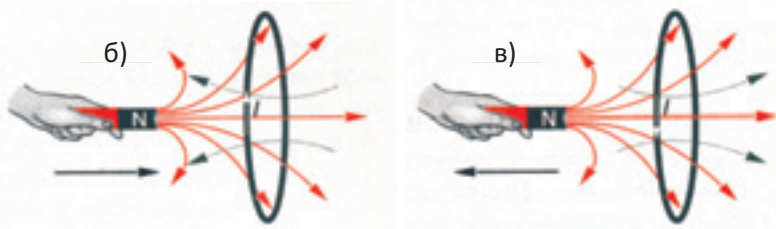


Ленцово правило

Индукцирана струја, у зависности од услова њеног настајања, има различит смер. Смер индуциране струје се одређује Ленцовим правилом, које гласи:

Индукцирана струја увек има смер код ког се њено магнетно поље супротставља промени магнетног флукса која је проузрокује.

Ленцово правило може да се прикаже помоћу два лагана алуминијумска прстена, од којих је један расцепљен, постављени на шиљак (сл. 16.6). Кад се магнет приближава затвореном прстену у њему се ствара индуцирана струја,



Сл. 16.6

која противделује на магнетно поље магнета и прстен “бежи” (отклања се) од магнета. То је зато што на ближем крају прстена, у односу на магнет, индуцирана струја ствара истоимени пол са магнетом.

Ако се магнет који мирује у прстену извлачи, индуцирана струја у прстену ствара магнетно поље које се спротивставља промени магнетног поља магнета и прстен се приближава магнету, настојећи да спречи смањење магнетног флукса. То је зато што на ближем крају прстена, у односу на магнет, индуцирана струја ствара супротан пол од пола магнета.

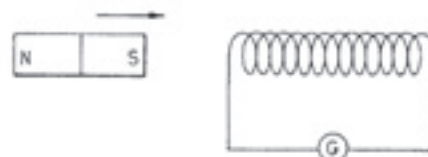
Кад се магнет усмери према прстену са процепом, систем остаје непокретан. На крајевима прекинутог прстена индуцира се електрична сила, али не потиче од индуциране струје. Зато нема узајамно дејство.



Размислите и одговорите

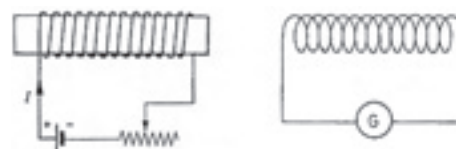
1. Шта је електромагнетна индукција?

2. Према соленоиду се приближава јужни пол магнета. Обележи смер индуциране струје (сл. 16.7).



Сл. 16.7

3. Електромагнет и соленоид су постављени тако да се соленоид налази у магнетном пољу електромагнета. Да ли у соленоиду може да се индуцира струја, а притом да се не помери нити електромагнет, нити соленоид (сл. 16.8)? Образложи своје мишљење.



Сл. 16.8

4. Како може да се добије електрична струја у проводнику?

5. Од чега зависи јачина индуциране електричне струје?

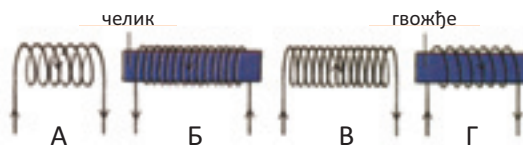
6. Галванометар нам показује појаву индуциране струје у соленоиду. Од чега зависи да ли ће се стрелица отклонити на леву или на десну страну (сл. 16.9)?



Сл. 16.9

7. Кроз све четири опруге тече струја исте јачине. Која од њих:

- а) Ствара најслабије магнетно поље;
- б) Има северни пол на левој страни;
- в) Ствара магнетно поље и након искључивања струје?



Сл. 16.10

Добијање наизменичне струје. Генератор

Досад смо главно разгледали једносмерну струју, односно струју која стално има исту јачину и смер. На пример, кад на акумулатор прикључимо потрошач, кроз потрошач ће тећи струја која стално има исти смер, од позитивног према негативном полу извора струје.

Међутим, електрична струја коју користимо из градске мреже, у нашим становима, школама, фабрикама итд. није једносмерна. Кроз сијалице, као и кроз све апарате које прикључујемо директно на градску електричну мрежу протиче електрична струја чија јачина и смер се непрекидно мењају. Промена јачине и смера струје одвија се на правилан начин, понављајући се периодично.

Електрична струја чија јачина и смер се током времена наизменично (периодично) мењају назива се наизменична електрична струја.

Предности наизменичне струје у односу на једносмерну је доказао генијални научник и проналазач Никола Тесла.

Добијање наизменичне струје засновано је на појави електромагнетне индукције. Да би се објаснило добијање наизменичне струје и закон по коме се мењају њен напон и јачина, довољно је да разгледамо окретање једног проводника, савијеног у облику рама, у хомогеном магнетном пољу, односно у магнетном пољу чије линије сила су паралелне (сл. 17.1).

У хомогеном магнетном пољу N-S, кад се гледа са десне стране, бакарна жица ABCD која је причвршћена за ос О, окреће се у смеру стрелице на сату. Крајеви овог проводника су повезани за металне прстене 1 и 2, који су такође повезани на ос, међутим су изолирани од оси и међу собом. На оба прстена се клиза по једна четкица, K1 и K2, које су повезане за крајеве жице спољног кола.

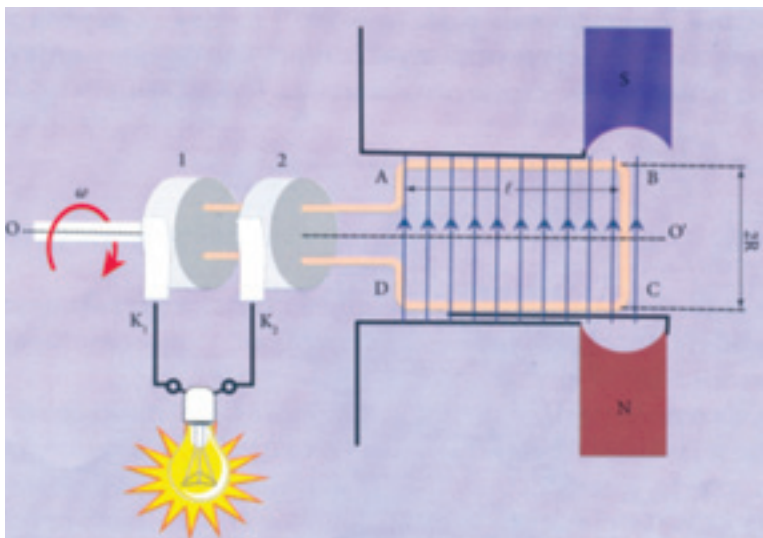
Прстени који примају електричну струју зову се колектори.

На слици се види да приликом окретања рама ABCD његови делови AB и CD секу линије сила магнетног поља, док их делови AD и BC не секу. Према

томе, струја ће се произвести само у гранама AB и CD и зато се каже да су то активни делови проводника.

AD и BC служе за провођење струје кроз цели проводник, и зато се каже да су они неактивни делови.

Промена индуцираног електричног напона (електромагнетна сила) и индуциране електричне струје, кад се рам окреће од 0° до 360° , може да се прикаже шематски (сл. 17.2).

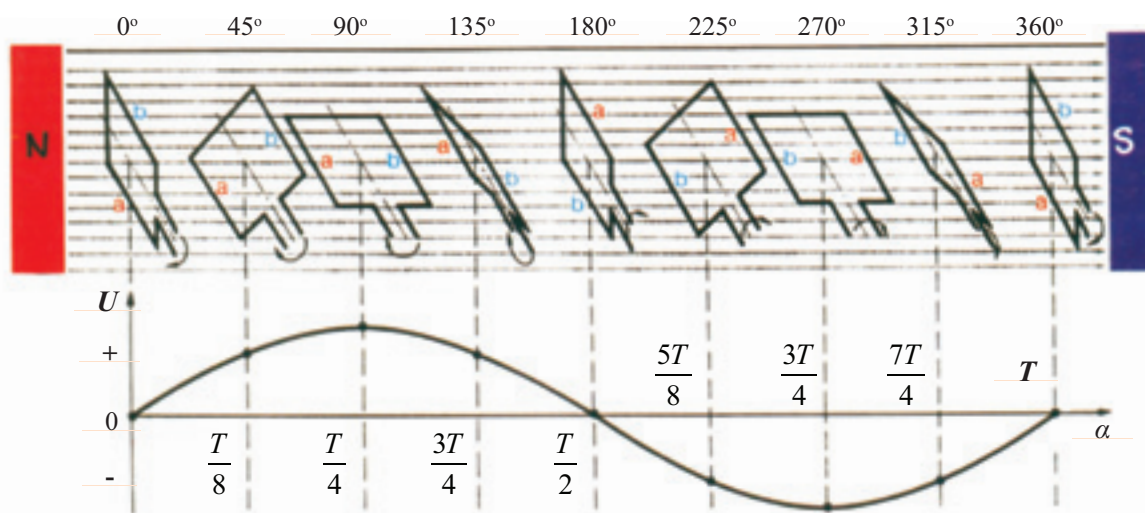


Сл. 17.1

Моментални положај рама одређен је углом α између правца магнетног поља и нормале на површину рама. Угао α је једнак углу који затварају површина рама и хоризонтала.

На шеми су приказани моментални положаји рама приликом његовог окретања за углове α , почињући од 0° до 360° , за сваких 45° . Испод слике, на којој су дати моментални положаји рама, нацртан је координатни систем, на чију апцису (хоризонтална ос) су нанесене вредности за угао α , док су на ординату (вертикална ос) нанесене одговарајуће вредности индуциране ЕМС (U), добивене приликом окретања рама између полова магнета.

У току окретања рама за углове од 0° до 90° , индуцирана ЕМС, односно електрични напон, а са тим и јачина индуциране електричне струје у затвореном струјном колу у које је прикључен рам, расте



Сл. 17.2

од нуле до максималне вредности. Максимална вредност индуциране ЕМС се постиже за угао $\alpha = 90^\circ$. Приликом окретања рама од 90° до 180° , индуцирана електрична струја задржава свој смер, али њен напон и јачина постепено опадају до нуле. Када се продужи окретањем рама у истом смеру од 180° до 270° , напон и јачина индуциране електричне струје поново расту до максималне вредности, али у супротном, негативном, смеру будући да су проводници АВ и CD заменили своја места. Због тога у раму и у затвореном колу индуцирана електрична струја мења свој смер. За $\alpha = 270^\circ$ ЕМС и јачина индуциране електричне струје имају максималну вредност, као и за $\alpha = 90^\circ$, само што је смер супротан. На крају, код окретања рама од 270° до 360° ЕМС и јачина индуциране електричне струје опадају у истом смеру до нуле, а тада се рам враћа у првобитни положај.

На слици 17.2 се види да приликом једног целог окретања рама напон и јачина индуциране електричне струје по два пута достижу нулу и максималну вредност и да електрична струја два пута мења свој смер.

Угао α се зове **фаза**. Време за један цео заокрет ($\alpha = 360^\circ$) зове се **период наизменичне струје (Т)**, док се број окретања проводника у једној секунди зове **фреквенција (f)**.

Фреквенција и период наизменичне струје повезани су са релацијом $f = \frac{1}{T}$.

Јединица мера за фреквенцију је један **херц (Hz)**. **Један херц значи једна периода у секунди**. Хиљаду пута већа јединица се зове **килохерц (kHz)**.

$$1 \text{ kHz} = 1000 \text{ Hz.}$$

Наизменична струја има значајну предност у односу на једносмерну струју. Пре свега, добија се једноставније од једносмерне струје. Пренос електричне енергије на веће даљине је економичнији (мањи губитци енергије) код наизменичне струје. Напон наизменичне струје, за разлику од напона једносмерне, може лако да се повећа или смањи (према потреби), практично без губљења енергије.

У Европи се обично користи наизменична струја са фреквенцијом од 50 Hz, док се у Америци користи фреквенција од 60 Hz.

Напон и јачина струје могу да се мењају са истом фреквенцијом. Тада кажемо да су напон и струја у фази. Ако немају исту фазу, каже се да између њих постоји фазна разлика.

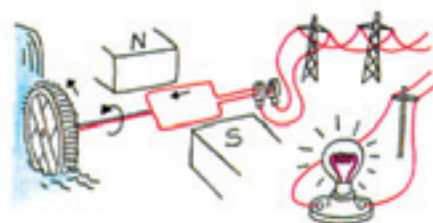
На осцилоскопу може да се чита напон у сваком моменту, на пример, његова максимална вредност.



Сл. 17.3



Производња наизменичне струје за широку употребу се базира на принципу магнетне индукције. Уређаји којим се то остварује зову се **генератори наизменичне струје**. У генераторима, одређена врста енергије, обично механичка енергија, се претвара у електричну енергију.



Сл. 17.4

Електрични генератор је направа (машина) која механичку енергију претвара у електричну енергију. Принцип рада генератора је једноставан: окретањем проводника (правоугаони рам) у магнетном пољу, у раму се индуцира наизменична електрична струја.

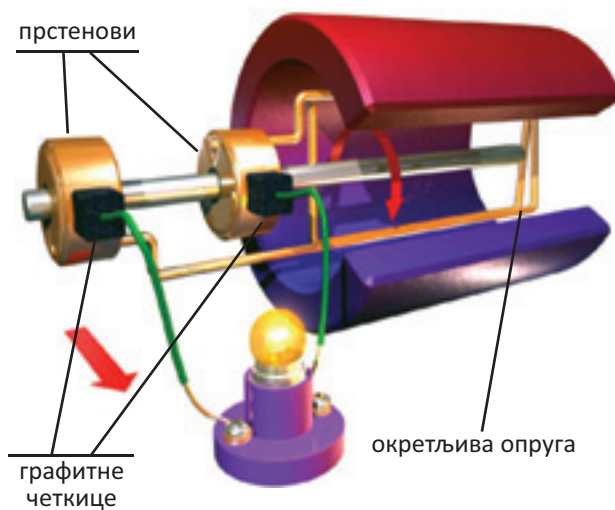
Постоје електрични генератори код којих ротира магнетно поље, рам мирује и у њему се индуцира наизменична електрична струја.

У пракси се уместо једне опруге користи калем са много опруга, зато што је индуцирани напон пропорционалан са бројем опруга (навоја).

На овом принципу генератори данас производе велике количине електричне енергије.

Основни делови генератора су (сл. 17.5):

1. Магнет који ствара магнетно поље;
2. Окретљив рам или калем у ком се индуцира напон, односно струја;
3. Прстенови;
4. Четкице за контакт између покретних и непокретних делова проводника.



Сл. 17.5

Окретљиви рам, који је причвршћен за осовину, се покреће између полова магнета. Крајеви рама су донешени до оси и ту су повезани на два метална прстена, који су изолирани један од другог, али и од оси. Уз прстене се клизају две графичке четкице, током чега се прави стална електрична веза између ротора генератора и спољног струјног кола.

Када се опруга окреће, свака грана иде надоле уз магнетно поље, а затим нагоре. Тиме индуцирана струја тече прво у једном, а затим у обратном смеру. Таква струја је наизменична струја.

Већина генератора даје наизменичну струју.

Генератори наизменичне струје називају се алтернатори.

Динамо на бициклу је алтернатор. Струја може да се добије на једноставан начин помоћу динама на бициклу (сл. 17.6). У његовом кућишту се налази опруга од бакарне жице. У опрузи се налази цилиндрични магнет, који може да се окреће. Сијалица бицикла је повезана са крајевима опруге.



Сл. 17.6



школски модел
електричног генератора

Сл. 17.7

Кад магнет почне да се окреће, сијалица сија. Значи, помоћу кретања магнета у опрузи може да се произведе електрична струја. Уколико се вози брже, индуцира се већи напон. Много алтернатора користе електромагнетне, уместо перманентне магнете. Они дају јаче магнетно поље.

Сетите се да и код аутомобила електричну енергију добијамо алтернатором.

Наизменични напон на аутомобилском алтернатору помоћу полупроводничке диоде се исправља у једносмеран и тако се наизменична струја претвара у једносмерну. Струја са алтернатора снабдева сва струјна кола у аутомобилу и пуни акумулатор.

Генератори у електранама производе наизменичну струју, која има фреквенцију од 50 Hz. То значи да у свакој секунди струја протече 50 пута у једном и 50 пута у другом смеру. Значи, 100 пута у секунди мења смер.

За кретање генератора потребне су велике количине енергије. Користе се различити извори: вода, ветар, све до нуклеарне енергије.

Генератори су електричне машине које електромагнетном индукцијом производе електричну енергију.



Сл. 17.8

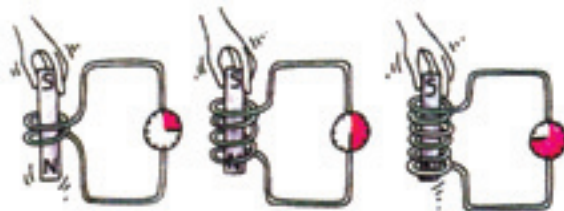


Размислите, одговорите и решите

1. Која струја се зове наизменична?
2. Које су предности наизменичне у односу на једносмерну струју?
3. Шта је фаза, период и фреквенција наизменичне струје?
4. Израчунај период наизменичне струје у мрежи чија фреквенција је 50 Hz.
5. Шта је електрични генератор?
6. Која појава је примењена код генератора?
7. Који су основни делови генератора?
8. Која је разлика између електромотора и генератора?
9. Генератори у електранама производе наизменичну струју која има фреквенцију од 50 Hz.

Колико пута у секунди струја мења смер?

10. Погледајте слику 17.9 и одговорите каква је зависност јачине струје од броја навоја.



Сл. 17.9

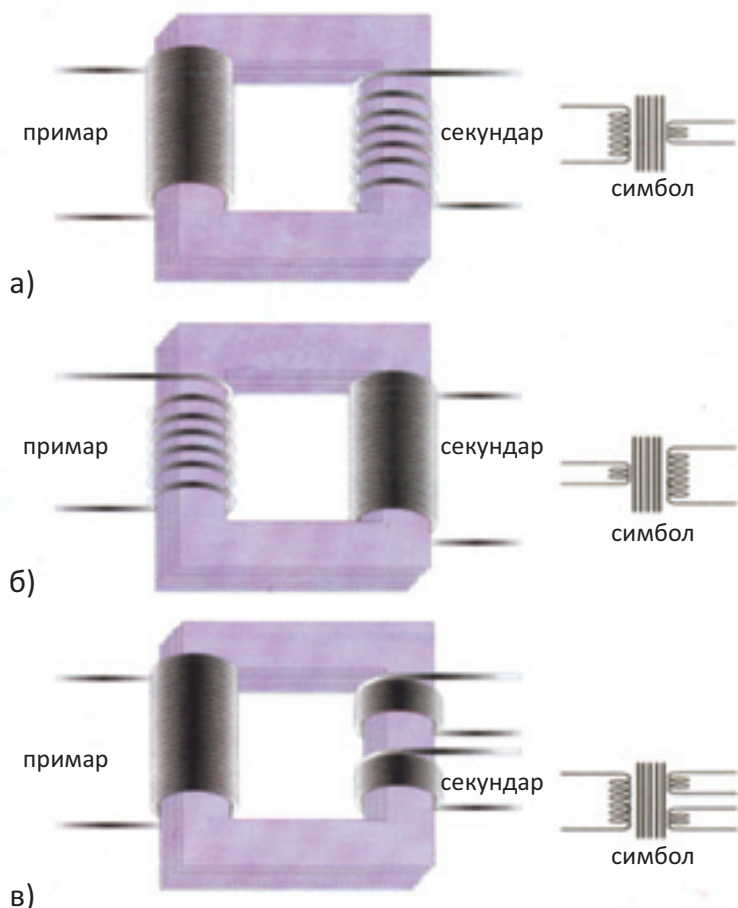
Електричне лампе, хладњаци, електричне пећи, машине за прање веша, машине за прање судова и много других апарата нормално функционишу ако су укључени у градску мрежу чији напон је 220 V.

Међутим, постоји велики број техничких апарата, као и апарата у свакодневном животу, који користе мањи напон од напона електричне мреже. На пример, већина радиопријемника, компјутера, електронских рачунара, телефонских апарата и других, користе напон од 6 V или 12 V. Из овог произилази потреба за конструкцију уређаја чијом помоћи ће наизменични напон по потреби моћи да се мења (да се повећава или смањује).

Направа која служи за лако и економично мењање напона и јачине наизменичне струје, са непромењеном фреквенцијом, назива се трансформатор.

Трансформисање електричне струје је засновано на појави електромагнетне индукције.

Трансформатори су једноставни електрични апарати који су састављени од **примарног или улазног калема**, кроз који протиче електрична струја, приликом чега се ствара наизменично променљиво магнетно поље, и **секундарног (један или више) или излазног калема**, у којем се због променљивог магнетног поља индуцира електрична струја.



Калеми су постављени на језгро од гвожђа у форми правоугаоног рама. Језгро је састављено од много танких лимова, односно динамо лимова.

На слици 18.1 приказане су три основне варијанте трансформатора и њихови симболи:

а) високи напон из примарног калема прелази у ниски напон у секундарном калему;

б) ниски напон из примарног калема се претвара у високи напон у секундарном калему;

в) трансформатор са два секундарна калема.

Сл. 18.1



Изведите следеће експерименте

На језгро демонстрационог трансформатора поставите примарни калем и прикључите га на извор наизменичне струје са напоном U од 220 V.

На другом делу језгра постављајте секундарне калеме са различитим бројем навоја и са различитом дебелином проводника:

а) Калем са батеријском сијалицом на крају навоја.

б) Калем са малим бројем навоја од дебеле жице и са електродама на крајевима.

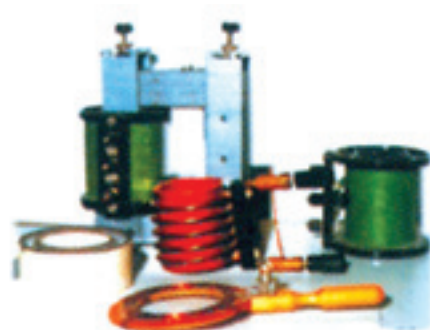
в) Узмите 3 метара бакарне жице чије ћете крајеве повезати на волтметар; направите 5 навоја и прочитајте напон, додајте све више навоја и за сваки број навоја прочитајте и запишите напон.

г) Калем са великим бројем навоја. Након постављања калема, језгро затворите котвом.

Одговорите

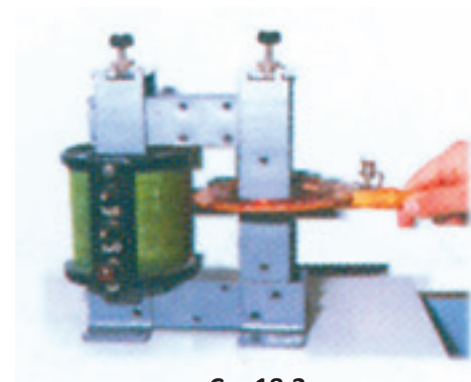
- Зашто сијалица сија иако крајеви нису прикључени на неки извор? За какав напон је предвиђена сијалица?
- Зашто сијалица не прегори иако је трансформатор прикључен на напон од 220 V?
- Шта опажете код електрода на калему? Колики напон је показао волтметар за калем са великим бројем навоја?

Кад струја тече у примарни калем језгро се наизменично магнетизује, демагнетизује, мења магнетне полове, мења се и јачина магнетног поља. У секундарном калему који се налази у оваквом променљивом магнетном пољу, са истим ритмом, побуђује се (проузрокује се) нови напон. Тај индуцирани напон зависи од односа броја навоја на примарном и секундарном калему и висине напона на који је прикључен примарни калем. На овај начин, по потреби, мења се висина напона наизменичне струје. Ако је број навоја на секундарном калему много већи од броја навоја на примарном калему, на секундарном калему се добија виши напон.

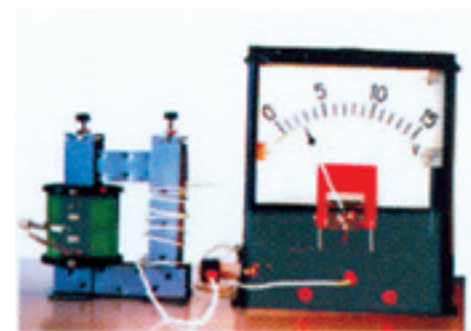


демонстрациони трансформатор са прибором

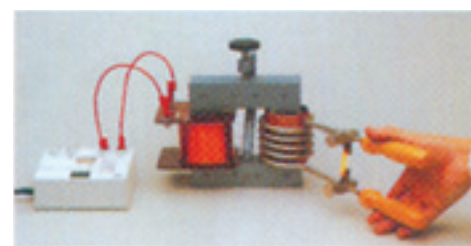
Сл. 18.2



Сл. 18.3



Сл. 18.4



Сл. 18.5

Однос између напона примарног (U_p) и секундарног калема (U_s), једнак је односу између броја навоја у примарном (n_p) и броја навоја у секундарном (n_s) калему, односно:

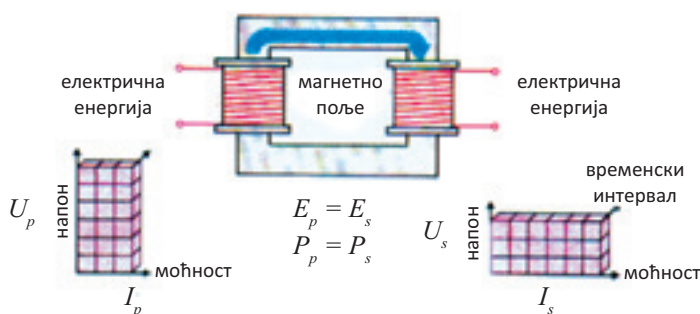
$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s} = k.$$

Количник броја навоја на примарном и секундарном калему назива се **коэффициент трансформације** (k).

Пример: Трансформатор је прикључен на напон од 220 V. Примарни калем има 1200 навоја. Волтметар на који је повезан секундарни калем показује 11 V. Колико навоја има секундарни калем?

$$U_p = 220 \text{ V}; U_s = 11 \text{ V}; n_p = 1200 \text{ n}; n_s = ? \quad \frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}; \quad n_s = \frac{U_s \cdot n_p}{U_p} = \frac{11 \text{ V} \cdot 1200 \text{ n}}{220 \text{ V}}; \quad n_s = 60 \text{ n}.$$

Секундарни калем има 60 навоја.



Разгледајте цртеж

На основу Закона за чување енергије (не узимајући у обзир ослобађање топлоте) произилази да је моћност примарног једнака моћности секундарног калема

$$P_p = P_s \Rightarrow U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s \Rightarrow \frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p}.$$

Из предходних израза произилази: $\frac{I_s}{I_p} = \frac{n_p}{n_s}$ или $\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_s}{n_p} \Rightarrow \frac{I_p}{I_s} = \frac{U_s}{U_p} = \frac{n_s}{n_p} = k.$

Јачина електричне струје у примарном и секундарном калему се понаша **обратнопропорционално** са бројом њихових навоја.

Однос енергије коју трансформатор предаје потрошачу и енергије коју добија од извора зове се **коэффициент корисног дејства трансформатора** (η).

Губици енергије код трансформатора су мали, око 2% до 3%, и зато ове губитке најчешће занемарујемо..



Да ли сте знали...

Код електричних звона у домаћинствима (сл. 18.7) трансформатор се користи да трансформише наизменичну струју са напонем од 220 V у напон од 4 V који је довољан за рад звона..



Сл. 18.7

Пример: Примарни калем је прикључен на напон од 220 V, а за секундарни калем је прочитан напон од 4V. Амперметар примарног калема показује 4 A. Колика је јачина струје у секундарном калему?

$$U_p = 220 \text{ V} \quad U_s = 5 \text{ V} \quad U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s \quad I_s = \frac{U_p \cdot I_p}{U_s} = \frac{220 \text{ V} \cdot 4 \text{ A}}{5 \text{ V}} \quad I_s = 176 \text{ A}.$$

$$I_p = 4 \text{ A}$$

$$I_s = ?$$

Јачина струје у секундарном калему је $I_s = 176 \text{ A}$. Проверите да ли је моћност у оба калема једнака.

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

$$220 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = 5 \text{ V} \cdot 176 \text{ A}$$

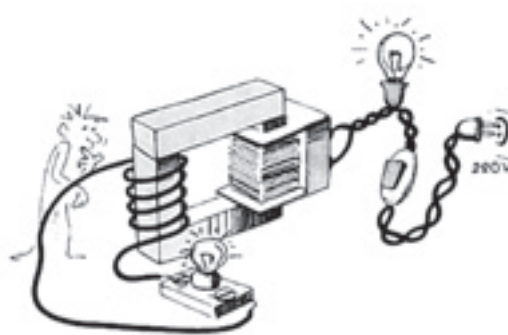
$$880 \text{ W} = 880 \text{ W}$$



Проверете сами

Поставите и изведите експеримент као што је дато на слици. На једној страни гвозденог језгра поставите калем са 500 навоја. На његовим крајевима поставите сијалице са 220V. На другој страни калема направите пет навоја од жице, а на њене крајеве повежите сијалицу за 3,5 V. Језгро затворите котвом. Калем са 500 навоја прикључите на градску мрежу.

Како ћете објаснити зашто мала сијалица сија, иако њени крајеви нису повезани (прикључени) на неки извор?



Сл. 18.8



Размислите и одговорите

1. Који су основни саставни делови трансформатора?
2. Чему је једнак однос између моћности у примарном и секундарном калему?
3. Како гласи једначина која повезује електричне напоне и број навоја на примарном и секундарном калему?
4. Шта може да се мења са трансформатором?
5. Какви су односи код трансформатора између:
 - а) напона и броја навоја у примару и секундару;
 - б) напона и јачине струје код примара и секундара;
 - в) јачине струја и броја навоја код примара и секундара?



Решите задатке

1. Трансформатор је прикључен на напон од 220 V. Колики ће бити напон секундарног калема ако је број навоја на секундарном калему у односу на број навоја на примарном калему:
 - а) пет пута већи;
 - б) двадесет пута мањи;
 - в) хиљаду пута већи?
2. Са трансформатором желимо да смањимо напон од 220 V на 12 V. Колико навоја треба да има секундарни калем на трансформатору ако примарни калем има 880 навоја?
3. Колика је јачина струје на секундарном калему ако је на примарном 4 A, напон на примарном калему је 220 V, а напон на секундарном калему је 8 V?
4. Трансформатор је прикључен на 380 V. Примарни калем има 1900 навоја. Колики је напон на секундарном калему кад има 120 навоја?
5. Сијалице, преко трансформатора, су прикључене на извор са наизменичним напоном. Напон на извору је 12 V.



Сл. 18.9

На колике напоне су прикључене сијалице?

Већ знате да су преносиоци електрицитета код метала електрони, код раствора јони, а код гасова електрони и јони. Да ли имате нека сазнања у вези са такозваним полупроводницима, који се као материјали употребљавају код транзистора, рачунара, телевизора и на другим местима?



Испитајмо

Полупроводници су материјали који се специфично понашају у струјном колу. То су супстанце које се у односу на проводљивост налазе међу металима као добрим проводницима и изолаторима. Примера таквих материјала има много, а у овом случају ћемо поменути: силицијум, германијум, неке оксиде, сулфиде и друге. Ова врста материјала по својој заступљености у природи сачињава скоро две трећине. Данас се као полупроводник највише користи силицијум (сл. 19.1).

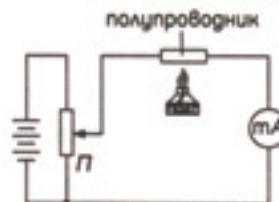


Сл. 19.1



Оглед

Направимо оглед као на слици 19.2. Док се полупроводник не загреје, он се понаша као изолатор и инструмент показује да је струјно коло отворено. Након што се полупроводник загреје инструмент показује да је протекла електрична струја, односно да је полупроводник постао проводник.



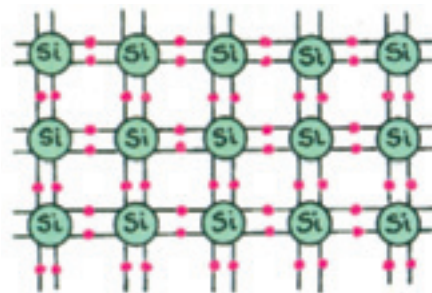
Сл. 19.2



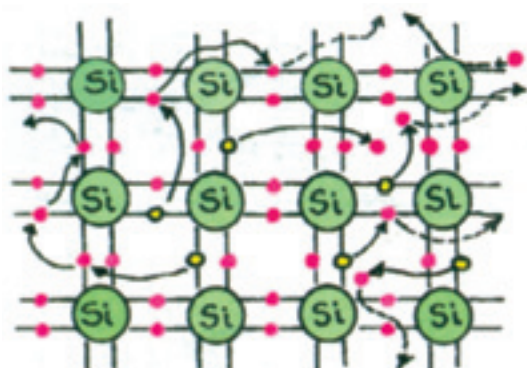
Полупроводници са сопственом проводљивошћу

Да разгледамо структуру елемента силицијума. Она је приказана на слици 19.3.

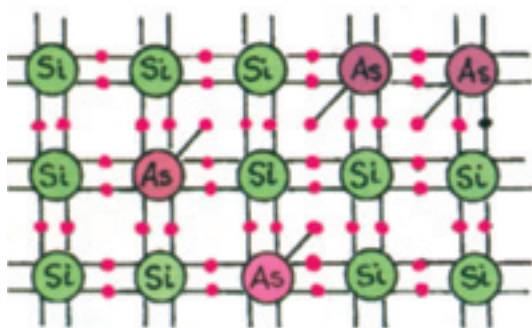
Ако је температура у полупроводнику ниска, скоро и да нема слободних електрона и он се понаша као изолатор (сл. 19.3 а). Ако се кристалу повећа температура неки од електрона напуштају атоме којима припадају (као на слици 19.3 б). Притом се добијају електрони који слободно могу да се крећу кроз кристал. Место које је електрон напустио остаје празно, кажемо да је настала “шупљина” или рупа. Ако укључимо кристал полупроводника са слободним електронима и шупљинама у струјно коло електрони ће се усмерити према позитивном полу, а шупљине према негативном полу извора. Кажемо да је полупроводник постао “проводник”, а та проводљивост се назива сопствена проводљивост, где је број слободних електрона исти са бројем шупљина.



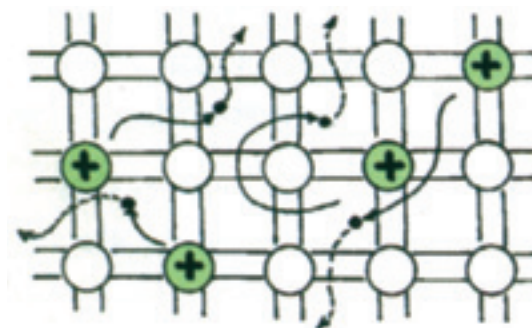
а)
Сл. 19.3



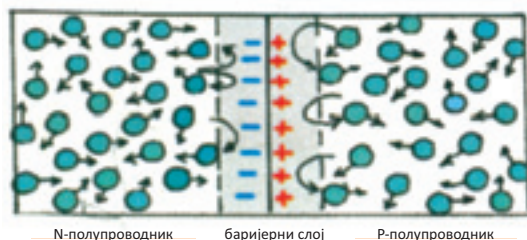
б)



в)



г)



N-полупроводник

барьерный слой

P-полупроводник

д)

Сл. 19.3

Проводљивост полупроводника може да се повећа и под дејством светлости. Та проводљивост се назива **фотопроводљивост**. То је резултат повећања носилаца, односно електрона и шупљина због апсорбираних честица светлости, названих фотони.

Постоји велики број полупроводника који су осетљиви на деловање светлости. Један од њих је кадмијум сулфат (CdS).

Код полупроводника има две врсте преносиоца електрицитета и то: негативни електрони и позитивне шупљине.



Полупроводници са примесном проводљивошћу

- Како да постигнемо већу проводљивост код полупроводника?
- Шта су N и P полупроводници?

У Сједињеним Америчким Државама група научника је 1940 године истраживала кристал силицијума. Знали су да је он лош проводник. Али, у једном истраживању су открили да он постаје бољи проводник ако му се ставе примесе елемента арсен. (Исто ће се десити ако се уместо арсена ставе примесе фосфора).

Шта се притом дешава?

Додавањем арсена или фосфора, који су вишевалентнији од силицијума, повећава се број слободних електрона, тако да кажемо да је са тим додатком силицијум постао N - тип полупроводник (сл. 19.3 в). Проводљивост полупроводника кад се у њега ставе примесе - атоми другог проводника назива се **примесна полупроводљивост**.

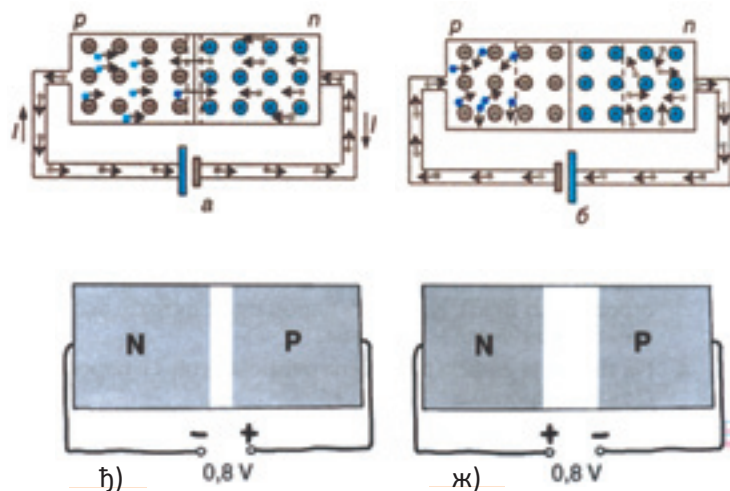
Испитајмо шта ће се десити кад се кристалу силицијума дода индијум (елемент са мањом валентношћу од силицијума). У овом случају се смањује број слободних електрона код силицијума, а повећава се број шупљина. Оваква врста полупроводника назива се P - тип (сл. 19.3 г). На местима на којим у кристалу силицијума недостају електрони, кажемо да се налазе шупљине које се у електричном пољу понашају као позитивно наелектрисање.

Шта је баријерни слој?

Ако приближимо један N и један P полупроводник силицијум, додирно место постаје сиромашно са негативним и позитивним електрицитетом, зато што се електрони и шупљине уједињују. Ова појава се назива **рекомбинација**. Додирни слој који је осиромашен са преносиоцима електрицитета обично зовемо **баријерни слој** (сл. 19.3 д).

Проводљивост баријерног слоја можемо повећати или умањити повезивањем са спољњим извором електричне струје (сл. 19.3 ђ, ж).

Када је P-полупроводник повезан позитивним полем на извор, а N-полупроводник негативним полем, због одбијајућих електричних сила електрони се крећу према P-полупроводнику, док се шупљине крећу према N-полупроводнику, тако да се баријерни слој смањује. Тако повезани полупроводници “пропуштају струју”. Такав кристал, у зависности од тога како су повезани N-полупроводник и P-полупроводник на половима извора, може да се понаша као проводник у пропустљивом смеру (сл. 19.3 ђ), или као отпорник у непропустљивом смеру (19.3 ж). Од начина повезивања зависи да ли ће се повећавати или смањивати његов отпор.



Сл. 19.3

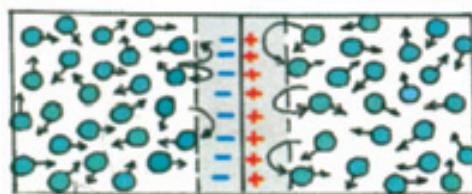
Од чега зависи да ли ће отпор слабити или ће се повећавати?

Огледи показују да отпор зависи од врсте повезаних полупроводника и напона на извору. Веза два полупроводника може да служи као диода за исправљање наизменичне струје. Полупроводничке диоде имају једноставнију конструкцију и дужи век трајања у односу на електронске лампе, због чега налазе широку примену у електроници.



Размислите и одговорите

- 1) Из чега произилази примесна N-проводљивост?
- 2) Из чега произилази примесна P-проводљивост?
- 3) Зашто јони у примесним полупроводницима не учествују у течењу електричне струје?
- 4) Из чега произилази велико супродстављање када се приближе P- и N-полупроводник?
- 5) Из чега произилази једносмерна проводљивост PN везе?
- 6) Објасни шта се дешава кад се приближе један P- и N-полупроводник.

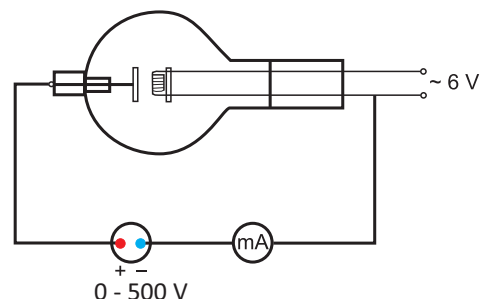


Сл. 19.4

Полупроводнички уређаји

Кад смо описивали електричну струју кроз вакуум разгледали смо електронску лампу диоду. Да би се подсетили на њену грађу и рад, погледајте слику.

Њена намена је првенствено за исправљање наизменичне струје. Због релативно слабих карактеристика ове лампе, она се веома ретко користи, али су зато полупроводничке диоде веома ефикасне и више се користе.



Сл. 20.1



Полупроводничка диода

Полупроводничка диода је силицијумов (Si-диода) или германијумов (Ge-диода) кристал са великом хемијском чистоћом. Свака полупроводничка диода састављена је од два слоја полупроводника који имају различите карактеристике. Зовемо их P-тип и N-тип, који се међу собом додиру и праве такозвани

P - N контакт. Дебљина P - N контакта је из реда растојања између атома кристала.

Пропустљиви смер диоде означен је смером стрелице њеног симбола (сл. 20.2), а непропустљиви је са обратне стране вертикалне цртице. На кућишту диоде најчешће постоји симбол, а контакт који припада N-подручју обавезно има прстен.



Сл. 20.2

Зависно од начина на који је диода повезана у струјно коло, кроз PN контакт ће моћи да потече струја или неће моћи да потече струја.

Полупроводничка диода пропушта струју само у једном смеру. Струја може да тече само тада када је N-део полупроводника повезан на негативни пол, док је P-део повезан на позитивни пол извора.



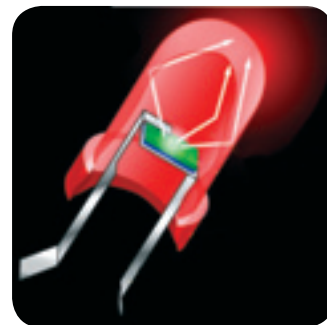
Сл. 20.3

Диода као исправљач. Код наизменичне струје, која током времена мења смер, полупроводничка диода пропушта струју само у једном смеру. Зато ту полупроводничку диоду називамо исправљач наизменичне струје, односно, диода се користи за исправљање наизменичне струје.

Полупроводничке диоде имају веома мале димензије и много су трајније од електронских цеви. Због тога се данас користе скоро свуда где је електронска цев била незамењива.

LED (LED-Light Emmission Diode) – диода такође се састоји од P-N контакта. Ради на принципу емитовања (ослобађања) светлости током сједињавања електрона и шупљина у полупроводнику.

LED-диоде се пале приликом одређеног напона паљења. Директно претварање електричне енергије у светлосну се остварује у галијумској (Ga) PN светлосној диоди. Боја светлости зависи од материјала који се користи за PN контакт. LED диоде се употребљавају као индикаторске сијалице код великог броја електронских уређаја. Постоје као мале црвене, зелене, плаве сијалице које служе као индикатори рада телевизора, компјутера, тастатура, музичких система и др.



Сл. 20.4



Сматра се да је откривање транзистора 1947 године започело револуцију у развоју информатике.

Име транзистор долази од енглеских речи transfer + resistor, односно пренос отпора.

Шта је транзистор?



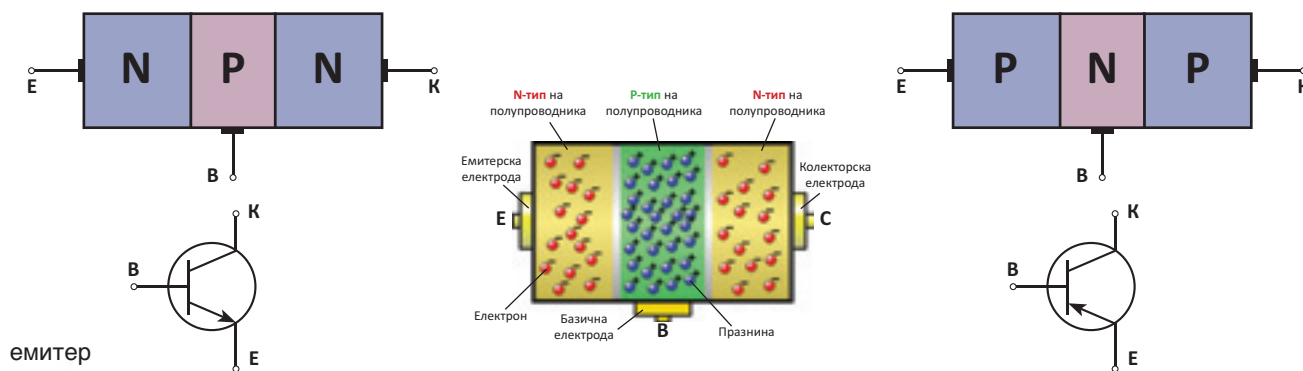
Сл. 20.5

Транзистор је електронски елемент састављен од три слоја полупроводничких кристала, поређаних наизменично.

Спољни слојеви су истог типа, на пример N-тип, док је средњи P-типа и обротно. Видимо да су могуће две изведбе, према томе и две врсте транзистора: NPN и PNP транзистори. Ови транзистори се зову **биполарни**.

Биполарни транзистор је силицијумов или монокристал германијума, на коме се путем легирања стварају три слоја са различитом проводљивошћу и то: NPN и PNP. Средњи слој је назван база (B), док су крајњи слојеви названи емитер (E) и колектор (K).

Шематске ознаке за транзисторе у електроници дате су на слици 20.6.



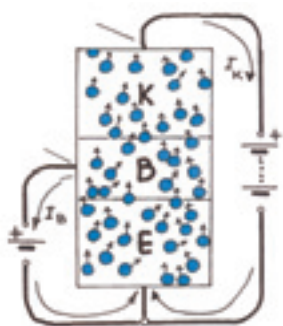
Сл. 20.6



Сл. 20.7

Данас се најчешће користе транзистори NPN типа.

Транзистор има три прикључка (сл. 20.7): за колектор, за базу и за емитер.



Сл. 20.8

Везивањем одговарајућих извора напона стварају се два струјна кола.

Коло из емитера “управља” струјом у колекторском колу.

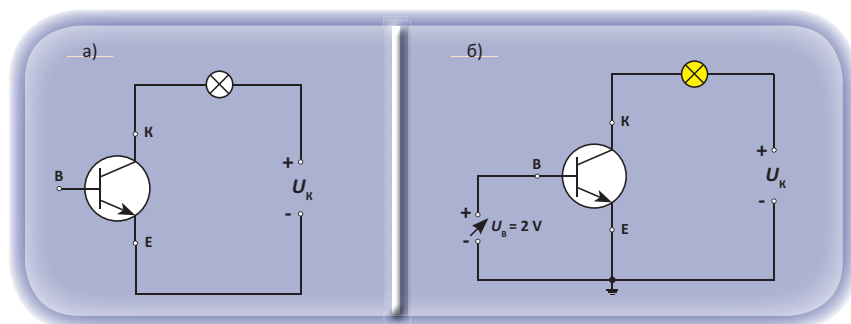
Емитер транзистора се повезује са негативним половима оба извора напона, од којих је један укључен у коло са базом, а други у коло са колектором.

Емитер упућује слободне електроне према бази. База према величини позитивног напона слабије или јаче привлачи електроне и пропушта их према колектору који их скупља.

На тај начин напонски сигнали који су упућени према бази управљају и одређују јачину струје у колекторском колу.

Експеримент

Помоћу следећег експеримента показаћемо каква је улога транзистора у струјном колу (сл. 20.9).



Сл. 20.9

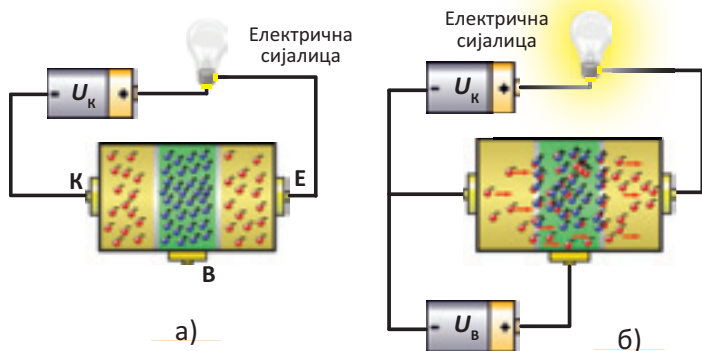
Према шеми на слици 20.9а), транзистор је серијски повезан са светиљком. База нека остане слободна. Да ли сијалица сија?

Према шеми на слици 20.9б) повежите извор напона између емитера и базе. Да ли ће у овом случају сијалица да сија?

У првом делу експеримента (сл. 20.9 а) сијалица не гори. Транзистор прекида струјно коло. Али, ако између емитера и базе укључимо додатни напон (“-” пол емитера, “+” пол базе, сијалица ће горети (сл. 20.9 б). Струјно коло између емитера и колектора је затворено.

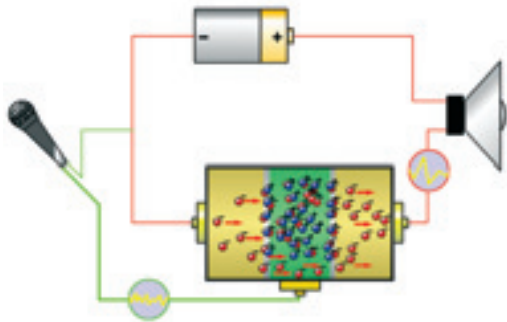
Исти експеримент можемо да прикажемо и на начин као што је приказано на слици 20.10.

PN-прелаз између базе и колектора прикључен је на непропустљив смер (сл. 20.10 а). Кроз транзистор између емитера и колектора не може да тече струја, тада сијалица не гори. Али, ако је база повезана на позитивни пол додатног напона, између емитера и базе може да тече струја, зато што је PN-прелаз прикључен на пропуштљив смер (сл. 20.10 б).



Сл. 20.10

Значење транзистора је у томе што он може да ради као елемент појачања. Ако се донесе мала променљива струја у улазно коло транзистора, она ће се на излазу појавити као вишеструко појачана струја која се мења на исти начин, као што се мења напон улазног кола. Транзистор се употребљава у појачивачима и у много других електронских уређаја, код радиопријемника, телевизора и др.



Сл. 20.11 (Транзистор као појачивач)

Откривањем транзистора створене су све електронске техничке благодети које нам сваки дан олакшавају живот, дају нам могућност за брзе комуникације (телефонске сателитске везе), приступ информацијама (компјутери и интернет) и много других ствари.

Транзистори су савремена замена за електронске цеви (триоде), које су биле у широкој употреби у току прве половине XX века.

Полупроводничка диода и транзистори у односу на триоду имају следеће предности: малу потрошњу електричне енергије, много мале димензије, моментално су способни за рад, много су отпорнији на механичка оштећења, омогућавају производњу интегралних кола (од по милион диода, транзистора, отпорника), омогућавају производњу микропроцесора.



Интегрисани кругови (чипови)

У најновије време производе се материјали од којих се израђују најважнији делови електронских уређаја - чипова. Они управљају машинама за прање, машинама за шивење, за писање, телефонима, музичким системима, електронским часовницима и др.



Сл. 20.12

Чип је танка плоча која представља интегрирано коло. Њега сачињавају струјна кола састављена од малих полупроводничких диода, транзистора, кондензатора, проводника, и других елемената нанесених на један исти полупроводнички кристал. Са тим је постало могуће стварање микропроцесора, основа савремене информатичке технологије.

Чипови могу да буду толико ситни што могу да се провуку кроз “иглене уши”. Чип се заштићује керамичким плочицама. На његовој спољној страни налазе се контакти са којима се он повезује са другим деловима рачуначких или других апарата.

Електронски прибор који се израђује од тврдых полупроводника је веома мали, ради на мале напоне и слабе струје. Као производима масовне производње цена им је мала и много су трајнији у поређењу са електронским цевима чија употреба је много смањена.

Из свега што је речено досад може да се добије реална представа о улози полупроводника у свакодневном животу и техници.



Размислите и одговорите

1. Шта су полупроводници?
2. Која је намена полупроводничке кристалне диоде?
3. Шта је баријерни слој?
4. Из чега произилази једносмерна проводљивост PN везе?
5. Код полупроводника постоје две врсте преносиоца електрицитета. Које су оне?
6. Шта представља транзистор?
7. Како ради транзистор у улози појачивача?
8. Које су предности диоде и транзистора?

Тест (Магнетизам)

1. Ако поделимо магнет на два једнака дела добићемо:

- а) два посебна магнета са по једним полом;
- б) два магнета, сваки са по два једнака пола;
- в) два магнета, сваки са по два различита пола;
- г) један магнет са два једнака пола и један магнет са различитим половима.

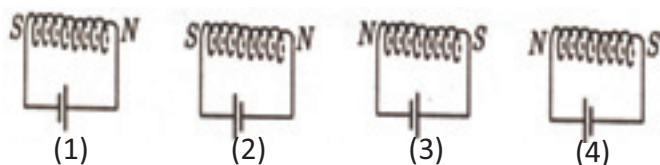
2. Где се налази Северни географски пол на Земљи?

- а) близу Северног географског пола;
 - б) близу екватора;
 - в) близу Јужног географског пола;
 - г) у центру планете.
- 3) Како између себе делују два паралелна
- а) нема међусобног деловања;
 - б) делује привлачна сила;
 - в) делује одбијајућа сила;
 - г) делује и привлачна и одбијајућа сила.

4. Која од наведених формула за магнетни флукс је тачна?

- а) $\Phi = \frac{N}{S}$
- б) $\Phi = \frac{S}{N}$
- в) $\Phi = N \cdot S$
- г) $\Phi = B \cdot S$

5. Полови навоја правилно су обележени на шемама:



- (1) (2) (3) (4)
- а) 1 и 2 б) 1 и 3 в) 1 и 4 г) 2 и 4

6. Тачан одговор за електромотор је:

- а) има покретан део - статор;
- б) има непокретан део - ротор;
- в) електричну енергију претвара у механичку;
- г) у њему нема постојаног магнета.

7. Којим од датих израза се дефинише јединица за магнетну индукцију?

- а) $\frac{N \cdot m}{A \cdot s}$
- б) $\frac{N}{A \cdot m}$
- в) $\frac{C}{N \cdot m^2}$
- г) $\frac{C}{N \cdot m}$

8. Који од наведених термина се не односи на транзистор?

- а) емитер; б) анода; в) колектор; г) база.

9. Магнет је постављен до лако покретног калема. Кад струја потече калем ће биди:



- а) привучен магнетом; б) одбијен од магнета;
- в) почеће да се љуља; г) остаје непокретан.

10. Разгледајте слику и одредите смер магнетне силе која делује на проводник:

- а) подудара се са смером магнетног поља;
- б) подудара се са смером електричне струје;
- в) од вас према слици, нормално његовој равни;
- г) од слике према вама, нормално његовој равни.



11. Како се назива направа којом се мења смер електричне струје?

- а) статор; б) ротор; в) комутатор; г) котва.

12. На примарном калему на трансформатору има $n_p = 20$ навоја. Колики је број навоја n_s секундарног калема, ако $I_p = 5$ А и $I_s = 1$ А?

- а) 100 б) 4 в) 500 г) 5

13. Праволинијски проводник је затегнут у правцу север - југ. Испод проводника је постављен компас. У ком смеру ће бити северни пол компаса, ако кроз проводник тече јака струја I ? Магнетно поље електричне струје је много јаче од магнетног поља Земље.

- а) исток;
- б) запад;
- в) север;
- г) југ.



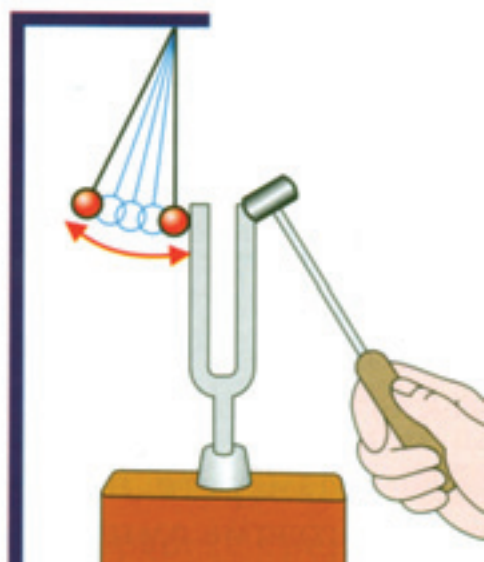
14. Полупроводничка диода има следећу функцију:

- а) појачава електричне сигнале;
- б) исправља електричну струју;
- в) претвара електричну енергију у топлотну;
- г) електричну енергију претвара у звук.

ОСЦИЛАЦИЈЕ И ТАЛАСИ, ЗВУК



- | | | |
|---|-------------------------------|-----|
| 1 | Осцилаторно кретање | 88 |
| 2 | Таласно кретање | 93 |
| 3 | Особине таласа | 95 |
| 4 | Звучни таласи | 98 |
| 5 | Ултразвук. Примена ултразвука | 103 |





Осцилаторно кретање

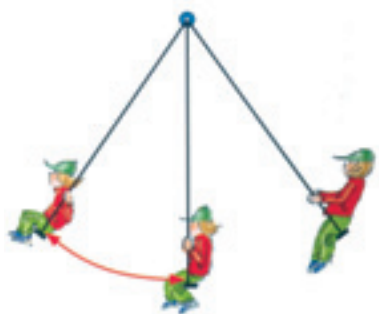


Периодично кретање

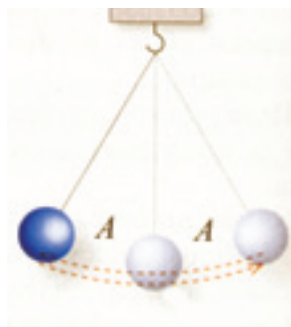
До сада смо проучавали кретања код којих се тела са свим својим честицама премештају са једног на друго место, при чему се крећу брзо или споро. Међутим постоји и другачије кретање.

Ако љуљашку која се налази у мировању покренемо нагоре и отпустимо је, она се креће у један и други смер (сл. 1.1). То кретање се понавља више пута на исти начин. Исто такво кретање прави и метална лоптица везана за конач (сл. 1.2).

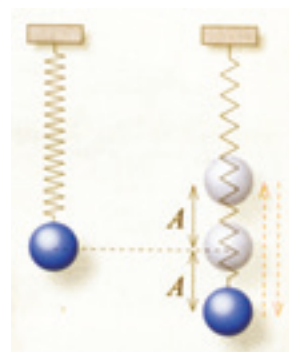
Кад се таква лоптица причврсти на доњи део опруге, а затим се опруга истегне и отпусти (сл. 1.3), она ће се кретати горе-доле.



Сл. 1.1



Сл. 1.2



Сл. 1.3

Свако од поменутих кретања, након одређеног времена, се понавља. Такво периодично кретање постоји приликом ротације Земље, њеног кретања око Сунца, откуцавања срца, треперења гласних жица, жица на музичким инструментима и др.

Кретање које се након одређеног времена понавља на исти начин зове се периодично кретање.

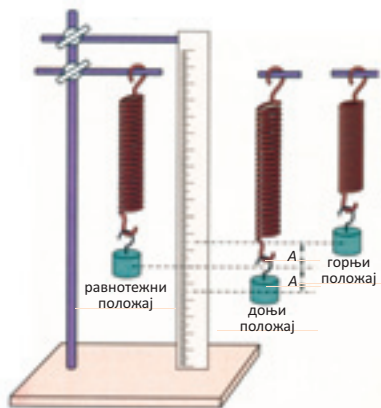
Овакво кретање је веома често у природи, васиони код небеских тела, музици, радиотехници, али и у микросвету код атома и молекула.

Да би дошли до конкретних закључака о осцилаторном кретању послужимо се конкретним примерима.

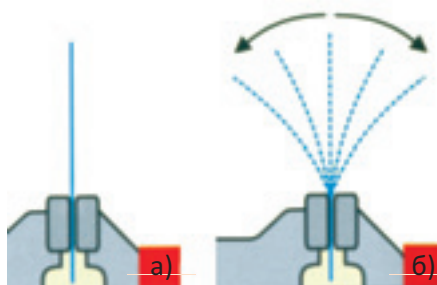
Тег закачен на еластичну опругу налази се у равнотежном положају (сл. 1.4). Ако га извадимо из равнотежног положаја и отпустимо, кретаће се горе доле око равнотежног положаја.

Исто изведите и са еластичном челичном мотком на којој је један крај причвршћен, а други слободан (сл. 1.5).

Трећи пример, на танак конач обесите металну лоптицу (сл. 1.6), и поступите као код оба предходна примера.



Сл. 1.4



Сл. 1.5



Сл. 1.6

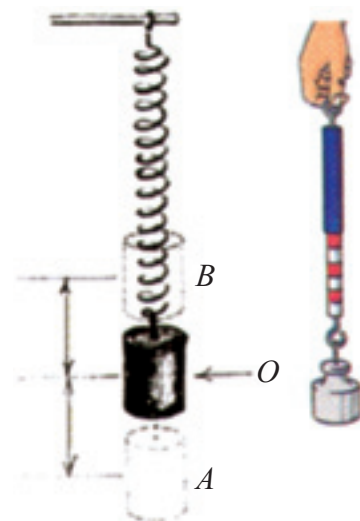
Кретање тела око равнотежног положаја зове се осцилаторно кретање, док се тела (системи) која изводе овакво кретање зову осцилатори.



Хармонијске осцилације

Када се опруга (сл. 1.7) оптерети она се издужује (истеже) више или мање, у зависности од терета који је закачен на њу. У равнотежном положају, код нашег примера, опруга је истегнута, а сила еластичности спирале држи равнотежу са тежином тега. Ако тег иде на доле од равнотежног положаја, еластична сила расте и успорава кретање тела све док га не заустави и затим му даје убрзање у супротном смеру, односно према равнотежном положају. Када тег прође кроз равнотежни положај, због своје инерције продужава да се креће нагоре, брзина му се постепено умањује и од момента кад је брзина нула почиње да се враћа на доле. Ако силу која враћа тело у равнотежан положај означимо са F , а са x било коју удаљеност од равнотежног положаја, тада:

$$F = -k \cdot x$$



Сл. 1.7

Где је k константа која зависи од еластичних особина опруге и за сваку опругу постоји одређена вредност. Као што се види сила F је променљива јер њена вредност у сваком моменту зависи од удаљености од равнотежног положаја x . Према томе и кретање тела је променљиво, брзина и убрзање се мењају. Међутим, ове промене периодично се понављају.

Осцилирање зовемо **периодично кретање** зато што се понавља за исти временски интервал.

Осцилирање које се извршава под дејством силе $F = -k \cdot x$, која је право пропорционална са удаљеношћу од равнотежног положаја и увек је усмерена према равнотежном положају, зове се **хармонијско осцилирање**.

Карактеристичне величине код хармонијских осцилација

За време осцилаторног кретања разгледани механички систем (осцилатор) прелази (налази се) у различите положаје.

Удаљеност тела од равнотежног положаја зове се елонгација, а највећа удаљеност од равнотежног положаја зове се амплитуда. Елонгација и амплитуда се мере јединицама за дужину.

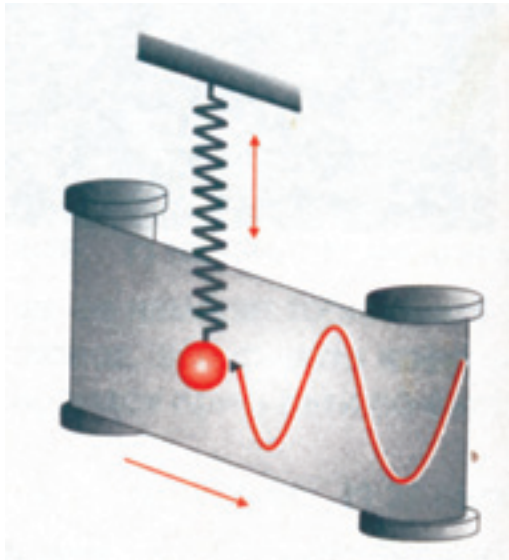
Када тег пређе пут од тачке $O \rightarrow A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O$ извршио (направио) је једну осцилацију.

Време за које тело прави једну осцилацију зове се период осцилирања (T), а будући да се ради о времену, мерна јединица је секунда (s).

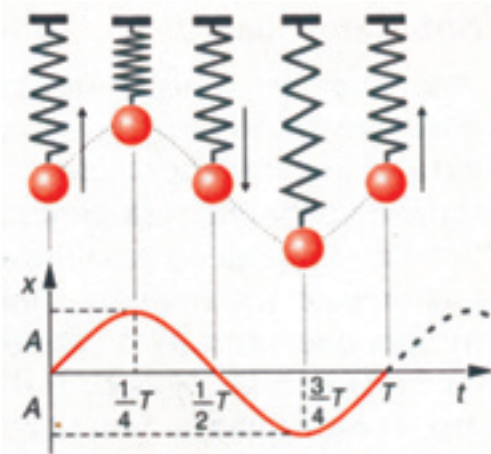
T се изражава формулом $T = \frac{t}{n}$; n - број осцилација; t - време у коме је извршено n - осцилација.

Број осцилација у јединици време зове се **фреквенција** или **учесталост** (f).

$$f = \frac{n}{t}, \text{ ако } n = 1, \text{ тада } t = T; \quad f = \frac{1}{T} - \text{ овај израз је веза између периода и фреквенције.}$$



Сл. 1.8



Сл. 1.9

Мерна јединица за фреквенцију у SI је херц (Hz).

Један херц је фреквенција осцилаторног кретања чије трајање једне осцилације је једна секунда.

Елонгација (x) је променљива величина; у току времена (t) се мења. Везу између x и t ћемо представити графички. За ову намену изећемо оглед какав је приказан на слици 1.8.

На лоптици која је обешена на опругу причвршћена је писаљка која додирује површину равног папира. Када се папир креће хоризонтално константном брзином (на пример, у свакој секунди покрај опруге пролази 10 cm папира), опруга осцилира горе-доле, приликом чега оловка испишује на папиру таласасту линију којом се графички представља зависност између отклањања (x) и времена (t).

За почетак на графику (сл. 1.9) је изабран моменат ($t = 0$), када лоптица пролази кроз равнотежни положај и креће се нагоре. За једну четвртину од периода ($t = T/4$), лоптица достиже највиши положај. Од тог момента мења смер кретања и почиње да се спушта надолу. У моменту када $t = T/2$ лоптица пролази кроз равнотежни положај ($x = 0$) и у моменту када $t = \frac{3}{4}T$ достиже најнижи положај. Ту се поново мења смер кретања и у моменту када $t = T$ пролази кроз равнотежни положај и продужава да се креће нагоре. Сл. 2.9 је график хармонијског осцилирања, односно дата је зависност x од t .

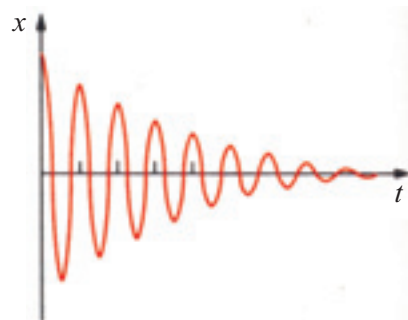
Кад осцилатор не би губио енергију због трења, отпора ваздуха, претварања његове енергије у другу врсту енергије, тада се амплитуда не би мењала током времена. У оваквим идеалним условима осцилатор би осцилирао константном брзином и неограничено (вечно). Такве осцилације се зову **непригушене осцилације**.

У стварности не постоје непригушене осцилације. Код свих реалних осцилатора постоје различита губљења енергије. Зато се амплитуда њиховог осцилирања постепено смањује и то све док осцилатор не стане.

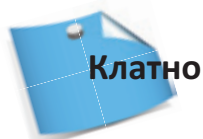
Осцилације чија амплитуда се смањује због губљења енергије осцилатора, називају се **пригушене осцилације** (сл. 1.10).

Непригушене осцилације могу да се одрже само под условом да осцилатор стално доводи (додаје) енергију. Осцилације које се одржавају само сталним деловањем спољних сила, односно сталним достављањем енергије осцилатуру, називају се **присилне осцилације**.

Периодична сила која проузрокује присилне осцилације зове се **присилна сила**.



Сл. 1.10



Клатно

Свако тело које је обешено о хоризонталну ос и може да осцилира (да се љуља) са одређеном амплитудом, око равнотежног положаја, зове се клатно.

Метална лоптица обешена о дуг, чврст неистегљив конач занемарљиве масе, који може да осцилира у вертикалној равни, под деловањем земљине теже, назива се математичко клатно.

Практично то је лоптица чији пречник је значајно мањи од дужине конца, а маса јој је много већа од масе конца. То значи да лоптицу можемо сматрати за материјалну тачку, а да конач нема тежину.

Овакво идеално клатно не постоји, можемо да предпоставимо да њему приближно одговара лоптица обешена о слаб конач (сл. 1.11).

Растојање од тачке причвршћавања конца до центра лоптице је дужина клатна (l), а положај тела кад виси, зове се **равнотежни положај**.

Кад се лоптица математичког клатна извади из равнотежног положаја и пусти, она под деловањем Земљине теже почиње да осцилира.

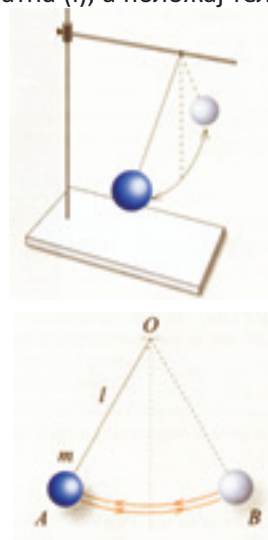
Период осциловања математичког клатна израчунава се путем формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

где је l дужина математичког клатна, а g Земљино убрзање. У овом изразу нема ни амплитуде ни масе лоптице, што указује да вредности ових величина не утичу на период осцилирања математичког клатна.

Ако се дужина клатна повећа, на пример, за четири пута, период ће бити два пута већи.

Ова особина клатна је примењена код сатова са клатном.



Сл. 1.11



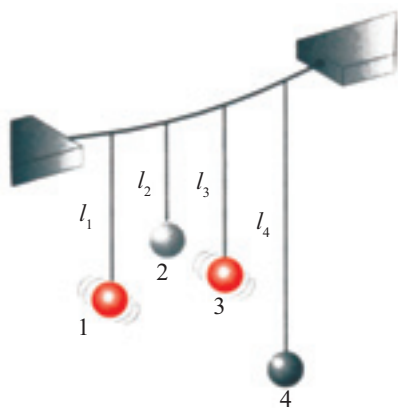
Механичка резонанција

Посебно интересантна и важна за праксу је појава кад присилне осцилације, настале под дејством спољне периодичне силе, имају највећу могућу амплитуду.

Појава наглог растења амплитуде присилних механичких осцилација, у случају подударања фреквенције спољне периодичне силе са фреквенцијом осцилатора, назива се механичка резонанција.

Осцилатор који прихвата фреквенцију спољне периодичне силе назива се резонатор.

Ова појава може лако да се прикаже следећим експериментом (сл. 1.12).



Сл. 1.12

На један хоризонтално затегнути конач да обесимо, на једнака растојања, четири математичка клатна, од којих су прво (1) и треће (3) једнаке дужине, из овог произилазе и једнаки периоди, док друго (2) и четврто (4) имају мању, односно већу дужину и мањи, односно већи период.

Ако једно од клатана, на пример прво (1) извадимо из равнотежног положаја и пустимо га, оно почиње да осцилира и представљаће спољну периодичну силу за друга клатна. Након одређеног времена опазићемо да ће почети да осцилира и треће (3) клатно, односно да изводи присилне осцилације, док друго (2) и четврто (4) клатно мирују.

Применом формуле $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ добијамо $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$ и $T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{l_3}{g}}$. Будући да је $l_1 = l_3$, добија се да је и $T_1 = T_3$.

Применом формуле $T = \frac{1}{f}$, добија се да је и $f_1 = f_3$. Тиме је испуњен услов за резонанцију и клатно (3) након извесног времена видљиво почиње да осцилира повећавајући постепено своју амплитуду. То значи да је клатно (1) као спољна периодична сила наметнуло своје осцилације клатну (3).

Када клатно (1) престане да осцилира, клатно (3) осцилира највећом амплитудом. Затим улогу спољне периодичне силе преузима клатно (3) као осцилатор, а резонатор ће бити клатно (1).

Ова улога осцилатора - резонатора наизменично се понавља све док се на почетку унешена енергија не потроши у савлађивању отпора средине у којој се дешава ова појава.

За цело време осцилатори (2) и (4) мирују јер се њихове сопствене фреквенције разликују од фреквенција спољне периодичне силе, односно $f_2 \neq f_1$ и $f_4 \neq f_1$.

С обзиром да осим механичких осцилација постоје и друге, на пример, звучне, електричне и друге осцилације, постоје и одговарајуће резонанције - звучне, електричне итд.

У много случајева резонанција је корисна, зато што са релативно малим спољним дејством може да се проузрокују осцилације са великим амплитудама, а тиме и одговарајући ефект.



Таласно кретање

Вероватно вам се десило да возећи се гуменим дечјим чамцем, на разумној удаљености од обале језера, покрај вас прође брз моторни чамац, при чему се стварају таласи. Ви сте се вероватно уплашили и помислили да ће вас таласи “избацити” на обалу или однети према унутрашњости језера.



Сл. 2.1

Али, то се није десило. Ваш чамац се заљуљао, али се није померио према обали или према унутрашњости језера.

Зашто таласи нису однели чамац?

Таласи су “путовали”, међутим честице воде испод чамца ниту “путовале”. Оне су само осциловале горе - доле и осциловање преузето од предходних честица предавале следећим честицама воде. Процес преношења осцилаторног кретања (осцилације) са једних на друге честице у датој средини зове се **таласно кретање**, или кратко **талас**. Таласно кретање може да настане и у другим еластичним срединама. Значајно код овог кретања је то што се честице крећу у ограниченом простору - оне осцилирају.

Позната је појава где, ако бацимо каменчић у језеро са мирном водом, тамо где камен падне вода почиње да осцилира вертикално, а почетни талас преноси хоризонтално своје кретање на воду која се налази око њега.



Сл. 2.2

Разгледајмо таласе на површини воде. Са овим циљем узимамо плитку посуду са водом.

Ако површину воде само једном додирнемо врхом оловке, почиње да се шири мали талас (сл. 2.2). Али, ако у воду спуштамо врх оловке периодично (сл. 2.3) са места додира се **шире кружни таласи**, са више “издизања” и “спуштања”.



Сл. 2.3

Таласи могу да настану и са периодичним спуштањем лењира на површину воде (сл. 2.4), и притом се на месту додира шире **равни таласи**.

Поновите ова три случаја и када на површини воде има парче плуте.

Шта ћете опазити?

Опазићете да се парче плуте креће горе - доле, не путује са таласом.

Место на коме настаје и почиње ширење таласа зове се **извор таласа**.

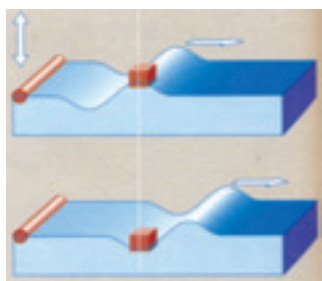


Сл. 2.4

Пре стварања (настајања) таласа, површина воде је равна и мирна. Вода је средина кроз коју се шире таласи. Такве средине кроз које се шире таласи називамо **еластичне средине**.



Сл. 2.5

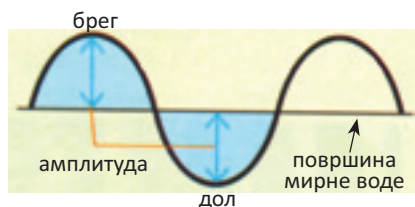


Сл. 2.6

Таласи настају у еластичним срединама кад се неки делови те средине, због спољњег утицаја изваде из равнотежног положаја и крећу се осцилаторно, а од њих се, због еластичних сила између молекула, енергија преноси на суседне делове у свим правцима.

Ако пажљиво посматрамо како се неки талас креће по некој воденој површини, могли би да предпоставимо да се вода креће заједно са таласом. Али се парче дрвета (које се налази на површини воде) не креће напред, него се само на одређеном месту љуља горе - доле (сл. 2.6).

Кретање дрвета на површини воде отприлике одговара кретању честица воде. Код примера са парчетом плуте и парчетом дрвета опажа се да се они крећу горе - доле, али се не крећу заједно са водом.



Сл. 2.7

На сваком таласу се опажају два дела, **брег** и **дол**. На врху брега честице достижу највиши положај, а на дну дола најнижи.

Највећа удаљеност једне честице у односу на сопствени равнотежни положај зове се амплитуда (A).

Да разгледамо ширење таласа и кроз друге средине, на пример дугу опругу.

На хоризонталну површину (сто или под) поставите еластичну опругу. Један крај причврстите, а слободни крај померајте руком лево - десно, нормално оси опруге.



Сл. 2.8

Пажљиво следите шта се дешава са опругом.

Скицирајте нарушење које сте опазили.

Мало парче папира поставите на било које место на опрузи. Поновите оглед и опишите кретање парчета папира. Парче папира се креће лево - десно око свог положаја приликом мировања, док талас "путује" по дужини опруге.

Кад крај опруге стално (без прекидања) крећемо лево - десно, њене честице се крећу око равнотежног положаја, односно осцилирају.

Будући да између честица опруге делују међумолекуларне силе, осцилирање се постепено преноси на суседне честице и оне почињу да осцилирају и да га преносе даље. Тако настаје (ствара се) талас.

Талас код ког честице осцилирају нормално правцу ширења таласа зове се трансверзални талас.
Да ли честице могу да осцилују у правцу ширења таласа?

На затегнутој еластичној опрузи може да настане талас (и да се креће уз њу), који ће се битно разликовати од предходног (сл. 2.9). Такав талас можемо да створимо (проузрокујемо) ако руком јако притиснемо опругу и затим одједном отпустимо.



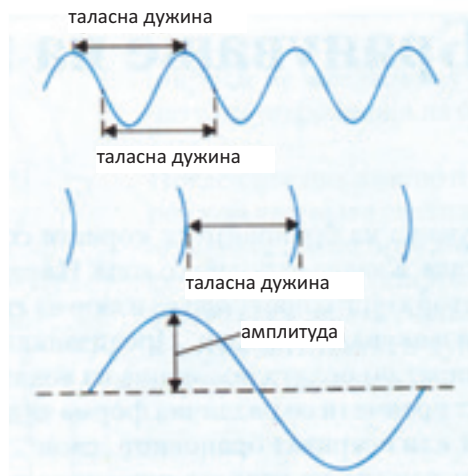
Сл. 2.9

На неким местима се опруга згушњава, а на неким растеже. Након сваког згушњавања следи растезање. Уз опругу ће почети да се креће уздужни талас.

Талас код ког честице осцилирају у правцу ширења таласа зове се лонгитудинални талас.



Особине таласа



Сл. 3.1

Таласи могу да се прикажу и на овај начин (сл. 3.1) цртањем такозваних таласних линија. Свака таласна линија може да представља врх трансверзалног таласа, или згуснутост лонгитудиналних таласа.

Број таласа који пролазе покрај одређене тачке за време од једне секунде назива се **фреквенција** и мери се **херцима (Hz)**.

Ако је фреквенција 10Hz, то значи да су за једну секунду прошла 10 таласа.

Каква је веза између брзине таласа, фреквенције и таласне дужине?

Већ смо рекли да је брзина таласа једнака у свим правцима уколико средина кроз коју се шири талас има иста физичка својства (састав, густину, температуру и др.) односно, ако је средина хомогена.

Кретање таласа кроз хомогену средину је један од ретких примера равномерног праволинијског кретања.

За одређивање брзине ширења таласа искористићемо формулу за брзину.

Ако се талас креће сталном брзином v , за време $t = T$, проћи ће пут $s = \lambda$.

Ако у формулу за брзину уместо s ставимо λ , а уместо t ставимо T , брзина таласа се одређује формулом

$$v = \frac{\lambda}{T}, \text{ одатле произилази } T = \frac{\lambda}{v}, \lambda = v \cdot T.$$

Ово су основне формуле за ширење таласа.

Ако у основној једначини $v = \frac{\lambda}{T}$, уместо $\frac{1}{T}$ ставимо f , добијамо формулу која може да се примени при решавању различитих задатака

$$v = \lambda \cdot f, \text{ односно } \lambda = \frac{v}{f} \text{ и } f = \frac{v}{\lambda}.$$

Брзина ширења таласа (v) једнака је производу таласне дужине (λ) и фреквенција таласа (f).

Пример: Којом брзином се креће талас по воденој површини ако је његова таласна дужина 0,5 m, а период осцилирања таласа износи 0,2 s? Колика је фреквенција?

$$\lambda = 0,5 \text{ m}$$

$$T = 0,2 \text{ s}$$

$$v = ? \quad f = ?$$

$$v = \frac{\lambda}{T};$$

$$f = \frac{1}{T};$$

$$v = \frac{0,5 \text{ m}}{0,2 \text{ s}};$$

$$f = \frac{1}{0,2 \text{ s}};$$

$$v = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$f = 5 \text{ Hz}.$$

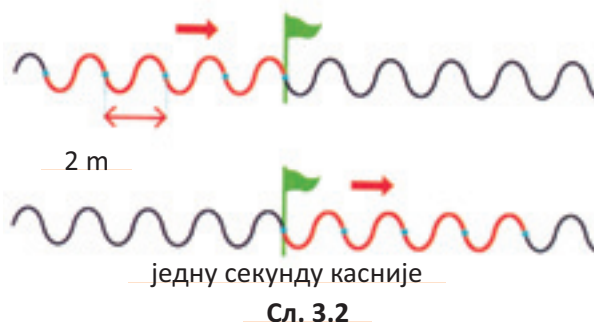
Ово ћемо потврдити и конкретним примером.

Замисли таласање морске (или језерске) површине. На слици 3.2, поред заставе за једну секунду пролазе четири таласа (четири брега и четири дола), то значи да је фреквенција овог таласа 4 Hz.

Сваки талас је дуг 2m, значи да је таласна дужина 2 m. Поред заставе су за једну секунду прошла четири таласа. Ово значи да талас за време од једне секунде прошао 8 метара, значи брзина му је 8 m/s.

$8 \text{ m/s} = 4 \text{ Hz} \cdot 2 \text{ m}$, или брзина = фреквенција · таласна дужина.

Овим се потврђује једначина $v = f \cdot \lambda$.



Одбијање и преламање таласа

Када талас наиђе на граничне површине између две средине, мења се правац његовог кретања. Део таласа се враћа у прву, а други талас продужава да се креће у другој средини.

Појава приликом које се талас враћа у прву средину зове се одбијање таласа, а прелаз у другу средину зове се преламање таласа.

Промена правца кретања таласа приликом доласка на граничну површину условљена је физичким својствима средине, који битно утичу на брзину ширења таласа, као и вредностима величина таласног кретања.

Због чега се таласи одбијају и преламају?

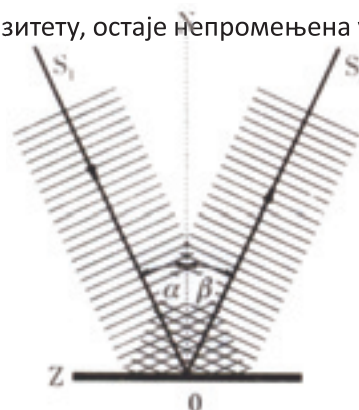
Зато што осцилације, које се преносе кроз дату средину, на граничној површини се предају (преносе) честицама друге средине и оне саме постају извор нових таласа. Један део овако насталих секундарних таласа се шири у другу средину, а други део се враћа у средину из које су дошли упадни таласи.

Одбивени талас мења правац кретања, али његова брзина, по интензитету, остаје непромењена у односу на брзину упадног таласа (иста средина).

Појава одбијања таласа приказана је на слици 3.3.

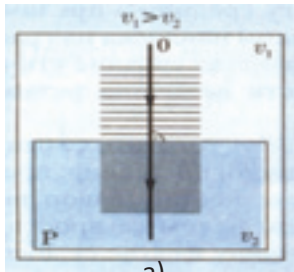
Паралелне линије су делови концентричних кругова са великим пречником (извор таласа је на великом растојању), тако да њихови делови могу да се поистовете са правим линијама. Једнака растојања између; линија упадног и одбивеног таласа говори о томе да су њихове брзине и таласне дужине једнаке.

Угао између правца S_1O одакле долази талас и нормала ON на граничној површини између две средине зове се **упадни угао α** , а угао између исте нормале и правца у коме се шири талас после одбијања OS_2 , назива се **одбијајући угао β** . Мерењем лако може да се докаже да су ова два дела једнака, односно $\beta = \alpha$.

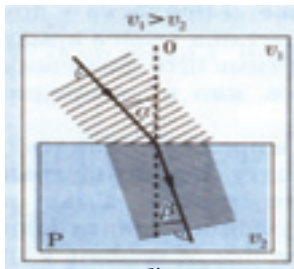


Сл. 3.3

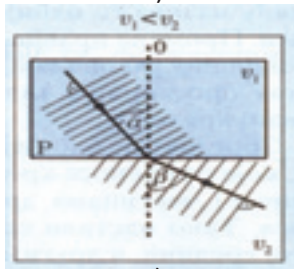
Приликом одбијања таласа, угао упадања и угао одбијања међусобно су једнаки.



а)



б)



в)

Сл. 3.4

Преламанье таласа је представљено на слици 3.4 Приликом преласка таласа из прве у другу средину, фреквенција таласа остаје иста.

Из израза $v = \lambda \cdot f$, види се да у срединама у којима се талас шири великом брзином већа је и таласна дужина, односно, таласна дужина је мања ако је мања брзина ширења.

На слици 2.4 а) представљен је прелаз таласа из средине у којој је његова брзина већа у средину у којој му је брзина мања ($v_1 > v_2$).

Ако талас на пограничној површини долази у правцу нормале, он не мења правац кретања. Ако талас долази на граничну површину из исте средине под упадним углом (сл. 3.4 б), он мења правац кретања, односно, преломио се.

Угао између правца ширења таласа у другој средини и нормале на граничној површини зове се угао преламанья.

У овом случају угао преламанья је мањи од угла поласка $\beta < \alpha$.

Кад талас прелази из средине у којој његова брзина мања у поређењу са средином у којој му је брзина већа (сл. 3.4 в), тада је угао преламанья већи од упадног угла, $\beta > \alpha$.



Размислите, одговорите, решите

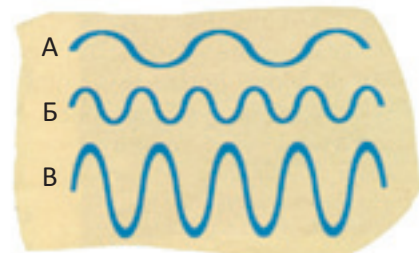
1. Која врста таласа је талас А, а који је талас Б?



Сл. 3.5

2. Три таласа се шире истом брзином, али различитом фреквенцијом и таласном дужином (сл. 3.6). Који талас се шири:

- највећом фреквенцијом?
- најдужом таласном дужином?
- највећом амплитудом?



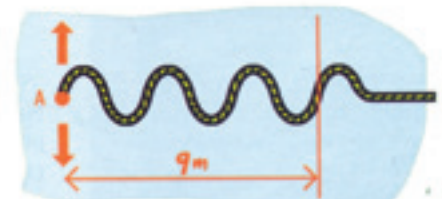
Сл. 3.6

3. На слици је представљено таласно кретање које настаје кад један крај конопца крећемо горе - доле, конопца ћемо кретати тако да за време од 5 секунди настану 10 брега таласа.

- Колика је таласна дужина насталог таласа?
- Колика је фреквенција таласа?
- Којом брзином се креће талас уз конопца?

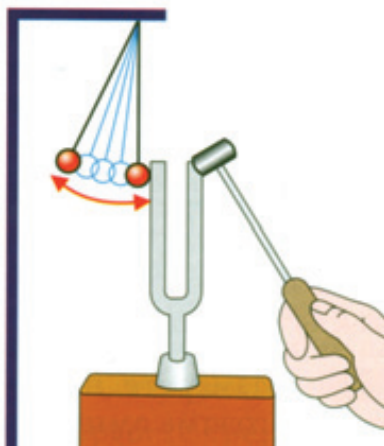
4. Период осцилирања таласа је 0,5 s, а таласна дужина му је 20 cm.

- Која је фреквенција таласа?
- Којом брзином се талас шири?



Сл. 3.7

Звучни таласи



Сл. 4.1

Кад седите у учионици чујете глас наставника, али у исто време чујете и буку аутомобила, певање птица и др. Кући говорите или слушате саговорника, а у исто време из радиопријемника или телевизора чујете музику или звучне поруке.

Проучавање звука у савременој науци, техници и медицини постаје све значајније. Део физике који се бави изучавањем и настајањем звука, његових основних својстава и закона, као и његове примене, зове се **акустика**.

Човеково чуло за звук региструје звучне таласе у граници од **16 Hz - 20 000 Hz**. Ако су фреквенције звучних таласа ван ових граница, њихово дејство не може да се региструје чулима за слух.

Звучни талас чија фреквенција је мања од 16 Hz зове се **инфразвук**, док се фреквенција већа од 20 000 Hz назива **ултразвук**.

Свуда смо опкружени звуком,

Шта је звук? Како настаје?

Већина вас знају, али ипак да се подсетимо, да разгледамо и проверимо.

Кад жица гитаре заосцилира, ствара звук. Звук настаје и кад осцилира звучна виљушка.

Тело које осцилира креће честице у ваздуху. Оне се наизменично згушњавају и разређују при чему настају лонгитудинални таласи. Ти таласи се шире кроз ваздух на све стране и кад стигну до уха региструјемо их као **звук**.



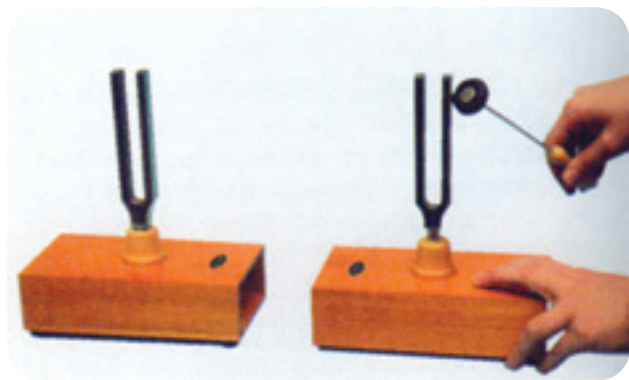
Сл. 4.2

Да би настао звук потребно је тело које осцилира и еластична средина кроз коју осцилирање може да се пренесе.

Тело чије осцилације проузрокују звучне таласе зове се **звучни извор**.

Свако тело (тврдо, течено или гасовито) које може да осцилира са фреквенцијом у интервалу чујности, у принципу може да буде извор звука.

Осцилације, а тиме и енергија, се шире из извора звука у облику таласа - **звучних таласа**.



Сл. 4.3

Звук у човековом грлу настаје осцилирањем (треперењем) гласних жица.

Ми чујемо различите звуке који могу да се групирају у **шумове и тонове**.

Звуке делимо на шумове и тонове.

● Како настаје шум, а како тон?

● Шум настаје неправилним осциловањем звучног извора. Шумови се јављају приликом рада мотора, разних шкрипања, експлозија, стругања и др.

● Тон настаје правилним осцилирањем еласатичног тела. На пример, осцилирање музичке виљушке, правилно осцилирање жица на музичким инструментима, затегнута мембрана на бубњу и др.

Међутим, не постоји реска граница између музичких звука и шумова. На пример, када је неки музички инструмент раштимован, он ствара неке неправилне звуке налик шумовима. Са друге стране, извесна “музикалност” може да се долови приликом дувања ветра, жуборења потока и др.

Сваки тон се разликује по својој **висини, боји и јачини**.

Висина тона је одређена фреквенцијом (f) звучног извора.

Осцилације са великом фреквенцијом дају високи тон, док осцилације са малом фреквенцијом дају низак тон.

Свима нам је познато да звук једне исте мелодије изведене на различитим музичким инструментима звучи различито. Притом можемо да препознамо да ли свира виолина, гитара, кларинет или гајда, а да притом не гледамо звучни извор. На радију увек препознајемо глас омиљеног певача. Људе које знамо можемо лако да препознамо по гласу, а да их не видимо.

Разлика између тонова исте висине и јачине насталих из различитих звучних извора зове се **боја тона**.



Једна од најважнијих карактеристика звучних таласа је јачина (интензитет) звука. Објективна јачина звука одређује се количином енергије која преноси звучни талас у јединицу време, кроз јединицу површине нормалне са правцем ширења таласа.

Ако словом E означимо енергију звучног таласа, која за време t се преноси кроз нормалну површину S , тада је објективна јачина звука I дата формулом

$$I = \frac{E}{S \cdot t}.$$

Будући да $\frac{E}{t}$ представља моћност звука (P), горња формула добија облик

$$I = \frac{P}{S}.$$



Уређај за мерење
јачине звука

Сл. 4.4

Последња формула даје физичку јачину звука, која се изражава јединицом $\frac{W}{m^2}$.

Уво човека је способно да региструје необично широк интервал звука различитих јачина. Доња граница назива се **праг слушности**, док се горња граница зове **праг боли**.

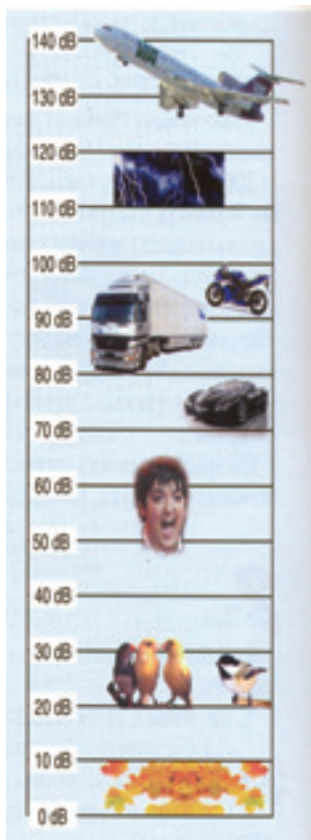
За стандардни праг слушности се узима $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ код фреквенције од 1 kHz, а највећа јачина звука коју може да поднесе човеково уво је око $10 \frac{W}{m^2}$.

Јединица $\frac{W}{m^2}$ није практична, па се прешло на другу практичнију јединицу која се дефинише на основу субјективног осећаја за јачину звука, названу **гласност**.

Субјективна јачина звука изражава се јединицом **бел (В)**. Будући да ова јединица већа, у пракси се употребљава десет пуда мања јачина, која се назива **децибел (dB)**. Најслабији звук који може да осети уво је 0 dB. То је праг слушности за човека са нормалним слухом.

Јачина звука приликом шаптања је око 20 dB, док је при нормалном разговору 60 dB. Звук јачине 160 dB може да пукне бубну опну.

На слици 4.5 дата је јачина звука из различитих извора звука.

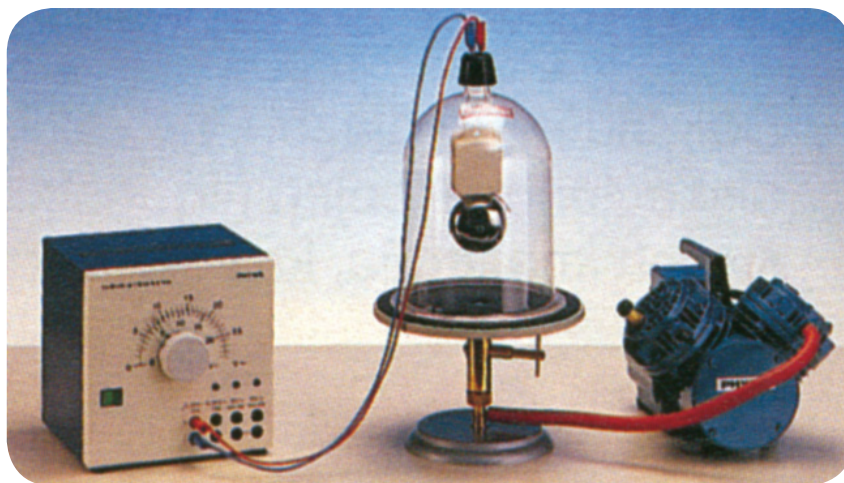


Сл. 4.5

Ширење звука

За преношење звука из извора до нашег уха потребна је нека средина кроз коју се шири звук. То је најчешће ваздух. Осим ваздуха звук се преноси и кроз друге гасове, течности и тврда тела. Ђурац слуша звук у води ако његов друг удара два камена један о други. Ако се уво постави до железничке шине, може да се чује приближавање воза са велике даљине. Једини услов за преношење звучних таласа је да средина има еластична својства.

Следећи оглед се односи на улогу ваздуха приликом преношења звука до нашег уха (сл. 4.6).



Сл. 4.6

Под стакленим звоном звони звонце. Добро га чујемо. Након тога, из стакленог звона, уз помоћ вакуум пумпе постепено извлачимо ваздух.

Звук из звона постаје све тиши да на крају ништа не чујемо, иако звонце и даље ради.

Звук се не преноси кроз празан простор (вакуум).

Ако се, на пример, у васиони деси нека велика експлозија, ми је на Земљи не чујемо зато што нема еластичне средине кроз коју ће се пренети звук.

Звучни талас у ваздуху је лонгитудинални талас.

Материјали	v (m / s)
алуминијум	6420
гвожђе и стакло	5950
злато	5240
дрво	5000
најлон	2620
каучук	1550
море (25 °C)	1530
вода (25 °C)	1498
водоник	1280
хелијум	965
плутонијум	500
ваздух (20°C)	340



Брзина звука

Звук је талас који се преноси кроз еластичну средину, зато његова брзина зависи од еластичних својстава средине кроз коју се преноси. Вероватно вам се десило кад плivate под површином воде да се уплашите, мислећи да се изнад вас налази моторни чамац. Кад се појавите на површини воде примећујете да је чамац далеко од вас. То је знак да вода веома добро преноси звук.

У неким тврдим срединама брзина звука може да буде неколико пута већа од брзине звука кроз ваздух.

Видели смо да се звучни таласи преносе кроз тврде, течне и гасовите средине. Кроз гасове и течности таласи су лонгитудинални, а кроз тврде средине, могу да буду и трансверзални.

Брзина звука зависи од температуре ваздуха. Звучни таласи се шире брже кроз топао ваздух, него кроз хладан ваздух.

Брзина звука не зависи од ваздушног притиска. Ако се он повећа брзина звучних таласа остаје иста.

Брзина звука зависи од материје кроз коју се звук шири. Звучни таласи се шире брже кроз течности него кроз гасове, а најбрже се шире кроз тврда тела.

Ако се ноћу, са неке веће даљине прати пуцањ из пиштоља, светлосни сигнал се примећује скоро истовремено кад је пиштољ опалио, а пуцањ се чује касније.

Интересантно је питање: Ко ће први чути звучне акорде клавира - посетилац у концертној сали који је удаљен 10 метара од места извођења програма или слушалац који прати програм концерта помоћу радиопријемника на растојању од 100000 m?

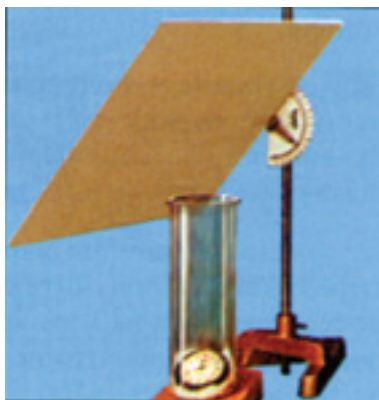
С обзиром да је брзина радиоталаса иста са брзином светлости $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ они пролазе растојање од 10^5 m за време t_1 .

$$t_1 = \frac{10^5 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \frac{1}{3000} \text{ s.}$$

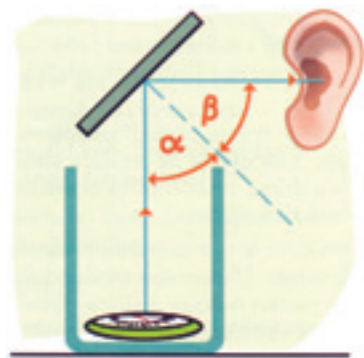
Брзина звука у ваздуху је око 340 m/s. Растојање од 10 метара пролази за време од:

$$t_2 = \frac{10 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = \frac{1}{34} \text{ s.}$$

Из резултата смо закључили да је за преношење звука посредством радиоталаса потребно око 100 пута мање времена.



Сл. 4.7



Сл. 4.8

Појаве одбијања и преламања таласа се односе и на звучне таласе.

Одбијање звука може да се покаже у учионици. У стаклену мензуру (може и челични цилиндар) високу око 50 cm, постављамо ручни сат. На десетак сантиметара на страну од отвора на мензури (цилиндру) лупање сата се уопште не чује, или се чује сасвим слабо. Ако се изнад отвора мензуре (или цилиндра) косо постави свеска (око 45° према хоризонталу) или нека плоча, звучни таласи се одбијају, при томе мењајући правац ширења, као што је приказано на слици 4.7. Ударање сата ће се лепо чути на значајно мањој даљини од мензуре (или цилиндра).

Када наиђу на препреке таласи се одбијају тако да правац упадног таласа и правац одбијеног таласа граде једнаке угле са нормалом препреке (сл. 4.8)

$$\alpha = \beta.$$

Са појавом одбијања звука повезан је познати феномен - ехо.

Ехо је појава која се састоји у томе што звук из извора стиже до неке препреке (зид, камен, брдо), одбија се од ње и враћа се назад до извора.

На овој појави је заснована метода одређивања растојања до различитих објеката (предмета).

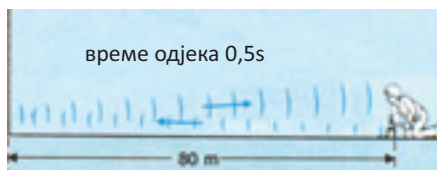
Да предпоставимо да се у моменту када је из звучног извора настао звучни талас региструје време његовог емитовања. Звук који наилази на препреку се одбија од ње, враћа се назад при чему се мери укупно време кретања звука. За то време звук је прошао пут од 2s, где је s растојање од извора до препреке. Ако је брзина звука v позната, тада уз помоћ формула: $t = \frac{2s}{v}$ или $s = \frac{1}{2} v \cdot t$, може да се израчуна растојање до објекта од ког се одбио звучни сигнал.

Пример. Девојка на слици 4.9 удара у једну дрвену плочу која је удаљена од зида 80 метара. Приликом сваког ударца она чује одјек 0,5 секунди касније. Ово се назива време одјека.

Овај податак се користи за израчунавање брзине звука:

$$\text{брзина звука} = (\text{растојање до зида и назад}) / (\text{време одјека})$$

$$v = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 80}{0,5} = 320 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



Сл. 4.9

У одређеним случајевима одјекивање је непожељно, као на пример, у кино сали, концертној сали итд. Потребно је дуже време док престане одјек, тако да гледаоци имају тешкоће да јасно чују звук или музику.

Ултразвук. Примена ултразвука

Као што смо рекли, човеково чуло слуха региструје звучне таласе у границама од 16 Hz до 20 000 Hz. Ако су фреквенције звучних таласа ван овог интервала, чуло слуха не може да региструје њихово деловање.

Звучни талас са фреквенцијом мањом од 16 Hz зове се инфразвук, а са фреквенцијом већом од 20 000 Hz назива се ултразвук.

Ултразвук, на пример, испуштају делфини, слепи мишеви и неке друге животиње. Делфини се помоћу ултразвучних таласа веома добро сналазе у мутним водама, проналазе јата риба, “комуницирају” између себе, заобилазе препреке и слично. Слепи мишеви се оријентишу у простору и лове плен. Овај начин ловљења, карактеристичан за делфине, слепе мишеве и друге животиње, назива се **ехолокација**.

Ова метода се користи за испитивање дна мора, за откривање подморница и других објеката.

Ултразвук са великим фреквенцијама се добија вештачким путем, помоћу вештачких уређаја, а за његову примену користи се више метода.

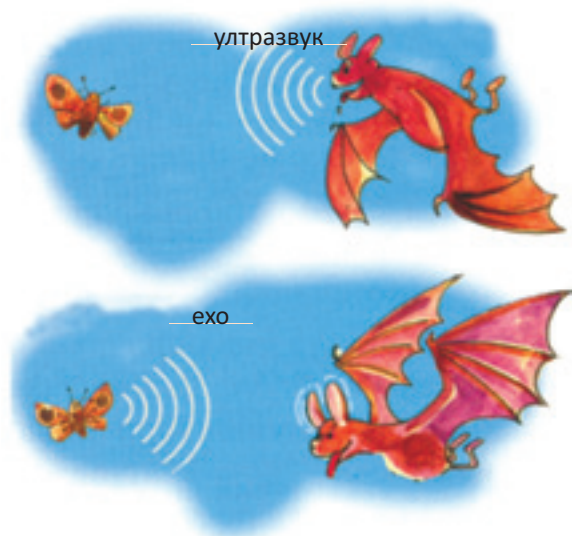
Ултразвучни таласи имају нека карактеристична својства која омогућавају њихову практичну примену у науци и техници.

Једно такво својство, на пример, је могућност ултразвука да се строго усмери у одређени правац.

Као врста таласа, ултразвук се шири у еластичним срединама. Брзина ширења ових таласа у чврстим супстанцама је између 3 000 m/s и 6 000 m/s, док у течностима она износи око 1 500 m/s.



Сл. 5.1



Сл. 5.2

Кад ултразвучни талас дође до границе између две средине он се делимично одбија (рефлектује). Ово одбијање се врши према законима одбијања таласа.

Приликом преласка ултразвука из ваздуха у неку чврсту или течну средину, један велики део ултразвучних таласа се одбија, будући да је густина ваздуха много мања.

Због тога можемо да рачунамо да на граници течних, односно чврстих средина са једне стране, и ваздуха са друге, скоро цела ултразвучна енергија се одбија назад. Ултразвучни таласи се одбијају и од препрека које им стоје на путу.

Ултразвучни таласи имају много већи интензитет (јачину) од звучних таласа.

Ултразвучни таласи имају: механичко, хемијско, топлотно и физиолошко дејство.



Сл. 5.3

подморница, подводних стена, јата риба и другог (сл. 5.3). Са тим циљем се на дно брода причвршћује извор из ког се испуштају (емитују) ултразвучни таласи, односно ултразвук за кратак временски интервал.

Овакав импулс ултразвука креће се у дубину и кад долази до дна или друге врсте препрека одбија се и враћа назад до апарата за регистровање. Знајући временски интервал испуштања ултразвучног импулса и његовог враћања, и знајући брзину којом се ултразвук простира кроз воду, лако може да се израчуна дубљина мора, односно удаљеност објекта. Међутим, цео овај процес је најчешће аутоматизован тако да се дубина директно чита на екрану пријемника.

Пример. Колика је дубина воде ако време између слања и повратног примања ултразвучног сигнала износи $t = 4$ s? Брзина ултразвучних таласа у морској води 1 500 m/s.

Растојање s , које пролази сигнал од слања до враћања у пријемник је два пута веће од дубине h , односно

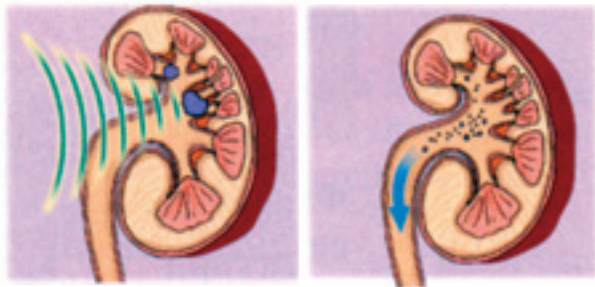
$s = 2h$. Познато нам је да $s = v \cdot t$, и одатле произилази да је

$$2h = v \cdot t; \quad \Rightarrow \quad h = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{1500 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s}}{2} = 3000 \text{ m}.$$

Значи, дубина $h = 3\,000 \text{ m}$.

Под дејством ултразвука могу да се добију фине емулзије за фотографске плоче или филмови који ће се користити за добијање квалитетних слика.

Посебно је важна примена ултразвука у медицини и фармацији. Савремена медицина располаже са више метода, које омогућавају да се прати стање унутрашњих органа и да се врше интервенције без хируршког захвата. Једна од најбржих и безопасних метода је **ехографија**. Ултразвук се усмерава на орган који се испитује, на пример, бубрег или срце. На основу одбијених или пропуштених звучних таласа закључује се о стању испитиваног органа.



Сл. 5.4

Слика 5.4 се односи на ломљење каменчића у бубрегу ударним таласима. Ударни таласи се фокусирају на каменчиће и ломе их, а затим преко мокраће (урине), ситни каменчићи (песак) се избацују из бубрега.

Помоћу ултразвука се прати развитаk плода код бремених жена (сл. 5.5).

Ехографија користи ултразвук са малом енергијом и зато није опасна за пацијенте. Ова метода је безбеднија од методе која користи X-зраке, будући да X-зраци оштећују ћелије у телу.

Ултразвук се примењује и при стерилизацији прехранбених производа јер се њиме уништава велики број микроорганизама.



Сл. 5.5

Бука

У свакодневном животу и послу, посебно у великим градовима, човек је изложен деловањима различитих звукова, који приликом дужег трајања могу да утичу на његово здравље и радну способност.

Сваки звук који доживљавамо као сметњу називамо бука. Према томе, она представља директни загађивач човекове околине, односно загађивач животне и радне средине.

Да би се човек заштитио и сачувао радну способност од буке, преузимају се различите заштитне мере.



Сл. 5.6

Бука може да има веома штетне последице: приликом дугог деловања слаби чуло слуха, а може да дође и до делимичног или целосног губљења слуха. Приликом деловања на нервни систем бука проузрокује повећани замор, различита нервна обољења, главобоље, повећање температуре итд., а самим тиме се смањује радна способност.

Да би се човек заштитио и да би сачувао радну способност од “звучне загађености” преузимају се различите заштитне мере. Заштита од “звучне загађености” се врши на више начина. Најефикасније је да се одстрани њен извор или да се смањи јачина звука.

У градском саобраћају је забрањена употреба аутомобилских сирена (осим у искључивим случајевима - брза помоћ, полиција, противпожарна бригада). У строгим центрима великих градова, у неким главним улицама, покрај болница, школа забрањује се кретање камиона, аутомобила и мотора и других саобраћајних средстава.

Због повећане буке коју стварају саобраћајна средства приликом кретања граде се путеви који обилазе градска насеља, а лево и десно од њих се саде дрвореди који спречавају ширење звука. Запослени у срединама где је могућа бука се информишу о њеном штетном деловању и дужни су да поштују заштитне мере. Тако, на пример, радници у електро и металским радионицама, у текстилним фабрикама, на аеродромима и др. имају обавезу у ушну шкољку да ставе тампоне од длакасте материје (вуна, памук) које доста апсорбују звук или треба да се користе специјални поклопци за ушне шкољке.



Сл. 5.7

Заштита од буке треба да се предвиђа и приликом изградње различитих објеката. Са овим циљем се предвиђају различити пригушивачи, облагање зидова материјалима који “упијају” звук и друго.

За колективну заштиту од буке треба посебним актима да се предвиде временски интервали у којимаће, у току 24 часа, владати тотални мир. У великим стамбеним зградама ово се регулише кућним редом.

Тест (Осцилације и таласи. Звук)

1. Која од наведених тела изводе механичке осцилације?

- а) Љуљашка
- б) Лопта приликом играња тениса
- в) Крила лептира кад лети.

2. Период осцилирања лоптице је 0,1 минут. Колика је фреквенција лоптице?

- а) $\frac{1}{6}$ Hz б) 0,1 Hz в) 6 Hz г) 10 Hz

3. Која је фреквенција звука који човек чује?

- а) 16 Hz - 20 Hz б) 16 kHz - 20 kHz
- в) 16 Hz - 20 kHz г) 16 kHz - 20 MHz

4. У којој од датих средина се звук креће највећом брзином?

- а) воздух; б) вода; в) вакуум; г) земља;

5. Клатно је за време од 5 s направило 16 осцилација. Период треперења је:

- а) 4 s б) 2 s в) 0,5 s г) 0,25 s

6. У којем од набројаних места не може да се шири звук?

- а) на дну мора
- б) у дубокој пећини
- в) на високом планинском врху
- г) у васиони

7) Колика је фреквенција ултразвука?

- а) већа од 20 kHz
- б) између 16 Hz и 20 kHz
- в) мања од 16 kHz
- г) мања од 16 Hz

8. Децибелима се мери:

- а) висина звука
- б) јачина звука
- в) брзина звука
- г) фреквенција звука

9. Ехо је појава повезана са:

- а) повећањем јачине звука
- б) смањењем јачине звука
- в) брзином звука
- г) одбијањем звука

10. Брзина ултразвука у морским водама је 1480 m/s. Колика је дубина мора ако се сигнал послат са брода врати након 2 s?

- а) 740 m б) 1480 m в) 2960 m
- г) ни један од датих одговора није тачан.

11. У којем од наведених случајева се користи ултразвук:

- а) записивање говора и музике
- б) мерење дубине водених базена
- в) предавање информација из космоса
- г) преношење телефонских разговора.

12. Метална лоптица је обешена на конач. Период клатна зависи од:

- а) масе лоптице
- б) дужине конца
- в) силе која држи лоптицу
- г) смера кретања.

13. Брзина звука у ваздуху је:

- а) 300 000 km/s б) 1450 m/s
- в) 17 m/s г) 0,34 km/s.

14. Тело осцилира фреквенцијом 1 Hz. Период треперења је:

- а) 1 h; б) 1 min; в) 1 s; г) 0,5 s.

СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ



- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Ширење светлости | 108 |
| 2 | Одбијање светлости
Равно огледало | 113 |
| 3 | Сферно огледало | 116 |
| 4 | Преламање светлости | 120 |
| 5 | Тотална рефлексија | 123 |
| 6 | Разлагање беле светлости
Дисперзија | 127 |
| 7 | Сочива | 130 |
| 8 | Човеково око као
оптички уређај | 135 |
| 9 | Адитивно и суптрактивно мешање
боја. Како човеково око разликује
боје | 137 |



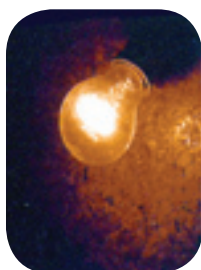
Ширење светлости

Светлост је “извор” живота. Све што опажамо чулом вида називамо светлост.

Да ли можемо да одговоримо на следећа питања:

- Шта представља светлост и каква је њена природа?
- Шта су извори светлости?
- Како се распрострањује светлост?

За много ових питања постоји доста практичних сазнања и настојаћемо да их искористимо.



Сл. 1.1

Погледајте слику 1.1 са сијалицом која сија. Вероватно сте у животу имали различите прилике да допрете руком сијалицу која сија (иако то није препоручљиво). Шта сте опазили? Сијалица је загрејана. Познато вам је да је стакло топлотни изолатор, гас у сијалици је толико разређен што његово струјање не може да загреје стакло. Поставља се питање: ко је загрејао стакло? Одговор је јасан: светлост коју испушта сијалица.

- Шта можемо да закључимо о природи светлости?
- Светлост представља врсту енергије.



Сл. 1.2

Предпостављате ли како настаје претварање електричне енергије у светлосну код сијалица? Електрична енергија се претвара у светлосну. Која врста енергије се претвара у светлосну код потковице (сл. 1.2). Топлотна енергија се претвара у светлосну.

Светлост као енергију користе животињски свет, биљни свет, домаћинства, индустрија.

Да ли светлост емитују само загрејана тела? - Не. У природи постоји и такозвана “хладна светлост”. Њу емитују неке морске животиње, неки инсекти, фосфорни бројеви на часовницима, цифре код савремених

рачунара, светлеће рекламе, флуоресцентне цеви, светлеће диоде и слично.

Тела која емитују светлост називају се светлосни извори.

Неки примери светлосних извора приказани су на сликама 1.3, 1.4, 1.5 и 1.6.

Главни извор светлости на Земљи је Сунце, које је велико и ужарено небеско тело са температуром површине од 60000 С (сл. 1.6).

Најмања количина светлосне енергије назива се **фотон**.



Сл. 1.3



Сл. 1.4



Сл. 1.5



Сл. 1.6



Подела светлосних извора

Светлосни извори главно се деле на: примарне и секундарне и на природне и вештачке.

Примарни извори светлости су она тела која сијају сама по себи (Сунце, звезде (сл. 1.7), фосфор (сл. 1.8) и друга).

Секундарни извори светлости су она тела од којих се одбија светлост (на пример, Месец).

Наведени примери су уједно и природни извори светлости.

Вештачки извори светлости су они који су производ човекових изума (свећа, сијалица, ласер (сл. 1.9) и друго).

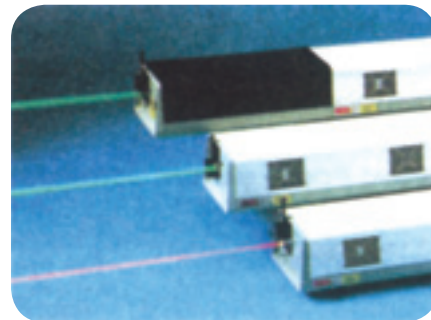
Посебно интересантну и необичну врсту извора светлости представља ласер (сл. 1.9). Његова примена и науци и техници из дана у дан добија све веће размере.



Сл. 1.7



Сл. 1.8



Сл. 1.9

Оптичка средина

Свако тело кроз које може да се распространи светлост зовемо оптички провидна средина или, кратко, оптичка средина (на пример, вакуум, ваздух, стакло, вода, свемирски простор и друго).



Сл. 1.10



Распрострањивање светлости

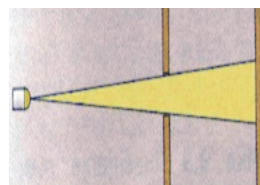
Како се распрострањује светлост у хомогеној оптичкој средини?

Светлост из извора се распрострањује преко светлосних зрака. Више светлосних зрака сачињавају светлосни сноп (сл. 1.11), а ако их је мање, светлосни зрак (сл. 1.12).

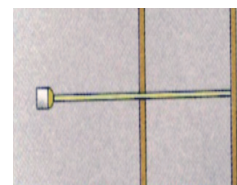
Светлосни зраци се још зову и правци распрострањивања светлости.

Како се распрострањује светлост у природним условима приказано је на слици 1.10.

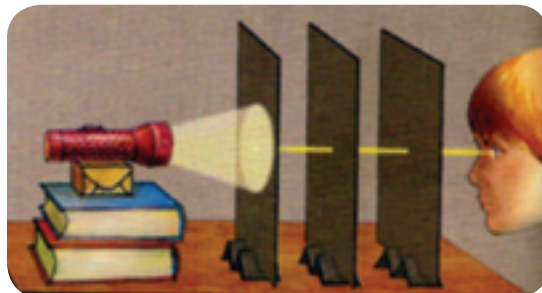
Светлост се распрострањује праволинијски. Погледај слику 1.13 са картонима који имају мали отвор у средини - са једне стране се налази светлосни извор, а са друге око. Шта закључујеш? Кад су отвори у правој линији човек гледа светлост, а ако се један од њих помери, светлост се не види.



Сл. 1.11

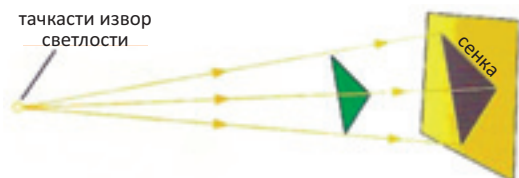


Сл. 1.12

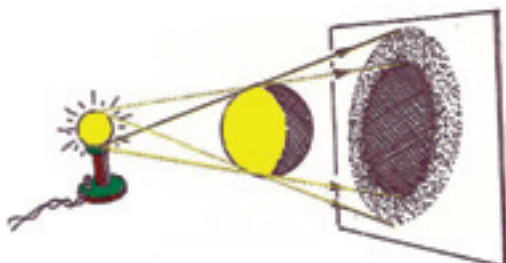


Сл. 1.13

Сенка и полусенка



Сл. 1.14



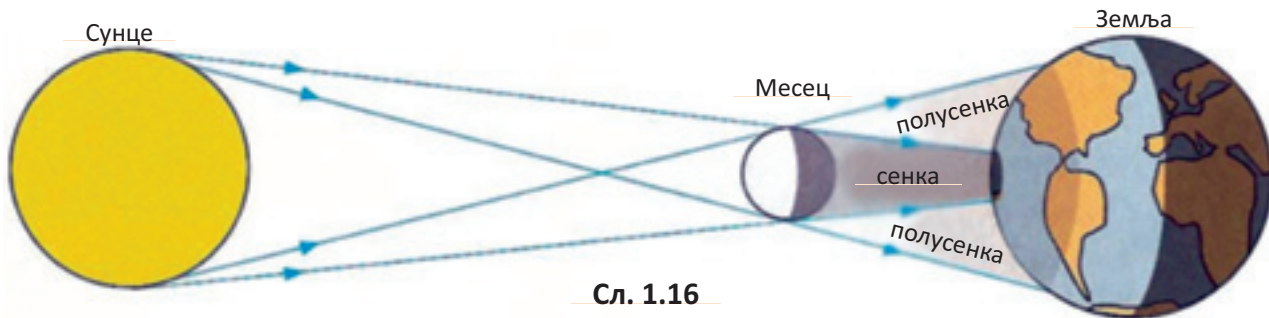
Сл. 1.15

За доказивање праволинијског распрострањивања светлости постоје многобројни примери. Један од њих је појава сенке и полусенке (сл. 1.14 и сл. 1.15).

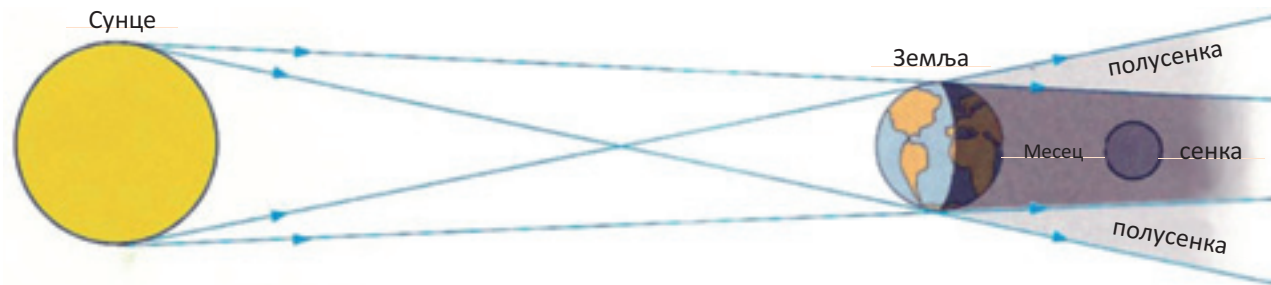
Због праволинијског распрострањивања светлости, иза осветљених предмета се јавља сенка. Величина сенке - њена форма и оштрина зависи од величине светлосног извора, величине осветљеног предмета, и њиховог узајамног положаја. Иза предмета осветљених тачкастим светлосним извором сенка је у оштрим границама између осветљеног и неосветљеног дела.

Уколико је светлосни извор већи лако може да се примети (сл. 1.15) да иза непровидног тела, између сенке и целосно осветљеног простора, постоји један део који је делимично осветљен и назива се **полусенка**.

Појава сенке и полусенке у природи најизраженија је приликом затамњења Сунца (сл. 1.16) и затамњења Месеца (сл. 1.17).



Сл. 1.16



Сл. 1.17

Затамњење Сунца настаје кад се Земља налази у истом правцу између Сунца и Месеца. Сунце осветљава Месец, и он баца сенку на Земљу. У простору где је сенка Месеца бачена на Земљу, Месец се не види. Ако се Сунце, Земља и Месец налазе у истом правцу, кад се Месец налази у сенци Земље, она се не види, а ова појава се зове помрачење Месеца.

На сликама које приказују затамњење Сунца и Месеца јасно може да се види простор сенке и полусенке.

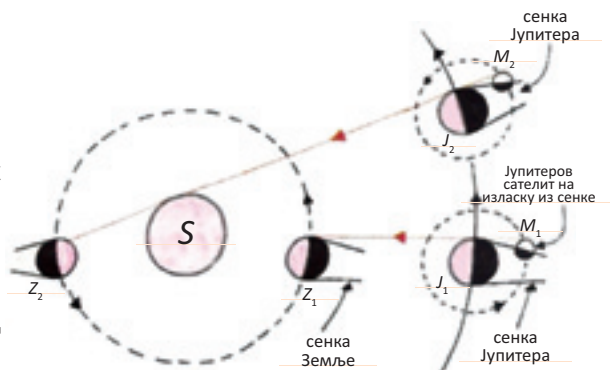
Кад се посматрају ове појаве у природи није препоручљиво да се гледају голим оком (без заштите).



Брзина светлости

Ако осветлимо тамну просторију скоро моментално ћемо видети предмете у њој. Овај и много других ефеката дају утисак да светлост има бесконачну брзину. Дански физичар Олаф Ремер (1676 године) проучавао је Јупитер и његове сателите који круже око њега. Ремер је мерио време од једног до другог уласка једног од његових сателита у сенку Јупитера.

Земља се окреће око Сунца за време од једне године, а Јупитер (будући да је много даље) то окретање прави за 12 година.



$$c = \frac{s}{t} = \frac{300\,000\,000 \text{ km}}{1000 \text{ s}}$$

$$c = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Сл. 1.18

Приметио је да колико се Земља удаљује од Јупитера, Јупитеров сателит као да се задржава више времена у сенци Јупитера (сл. 1.18). Опазио је да између времена задржавања Јупитеровог сателита у сенци Јупитера кад се Земља налази у положају Z_1 (најближе Јупитеру) и Z_2 кад се Земља налази на најудаљенијем положају од Јупитера, Јупитеров сателит се налазио у најудаљенијем положају од Земље скоро 1000 секунди више. Закључио је да је разлог кашњења сателита са изласком из сенке време које је потребно светлости да прође растојање (пречник) земљине еклиптике која износи 300 000 000 километара.

Из познатих формула о рачунању брзине израчунао је да брзина светлости износи 300 000 километара у секунди.

$$c = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Применом других тачнијих метода за мерење брзине светлости дошло се до вредности $c = 299\,792 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Ова брзина светлости је у вакууму и она је највећа могућа брзина у природи. Брзина светлости у различитим оптичким срединама је различита.

Пример:

$$\text{У води износи } c = 225\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

$$\text{у стаклу } c = 200\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

$$\text{а у дијаманту } c = 120\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Колико је мања брзина светлости у некој оптичкој средини кажемо да она има већу оптичку густину и обратно.

У астрономији уобичајено је да се растојања мере у светлосним годинама. Једна светлосна година је растојање које ће светлост прећи за једну годину пролазећи сваке секунде по 300 000 километара. Светлост Сунца до Земље стиже за време од 8,3 минуте, а од најближе звезде до Земље за 4 године.



Одговорите и решите

1. Да ли имамо право кад кажемо “светлост је извор живота”? Образложите своје убеђење.



Сл. 1.19

2. Изведите оглед са фењером и зидом (сл. 1.19). Поставите предмет између фењера и зида. Испитајте како величина сенке предмета зависи од његовог растојања до фењера.

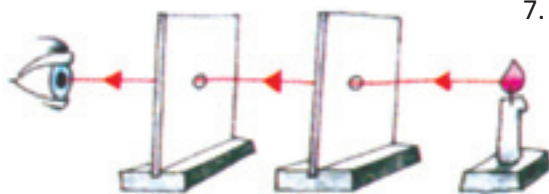
3. На слици 1.20 представљена је свећа која се налази испред картона са малим отвором (сл. 1.20). Шта ће се десити ако се један од картона помери? Да ли ћемо видети светлосни извор?

4. Шта су светлосни извори?

5. Како знамо да светлост представља енергију?

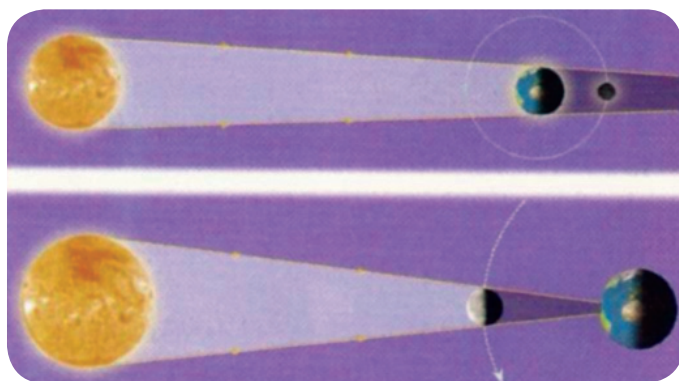
6. Коју средину називамо оптичком?

7. Шта представља светлосни сноп, а шта светлосни зрак?



Сл. 1.20

8. Шта је приказано на слици 1.21 и на којој особини ширења светлости се заснива? Путем ове слике објасните паволинијско распрострањивање светлости.



Сл. 1.21

9. Ако је растојање између Земље и Сунца

150 милиона километара, а светлост се креће брзином од 300 000 километара у секунди, колико часова путује светлост од Сунца до Земље?

10. Да ли су гвожђе и камен оптички провидне средине?

11. Да ли ватра може да буде природан извор светлости?

12. Зашто је у великим морским дубинама вечна тама иако је вода потпуно чиста?

13. Да ли Сунце прима енергију од других звезда у васиони?

14. Шта је приказано на слици 1.22?

15. Шта је приказано на слици 1.23?



Сл. 1.22



Сл. 1.23



Одбијање светлости. Равно огледало

Шта примећујеш на ивицама аутопутева? Погледај слику 2.1 и објасни шта има на стубићима и чему служи.

На стубовима се налазе металне плоче и ако на њих падне светлост оне постају видљиве, а то нам је знак да је ту ивица пута. Оваквих “светлећих” плочица или трака има на страничним деловима аутомобила, на бициклима, ђачким торбама и слично. То су познате “мачје очи”.

Кад се светлеће плочице осветле у мраку сијају много интензивније од околних тела. Разлог за блесак је у томе што се светлост која долази до њих одбија или рефлектује.

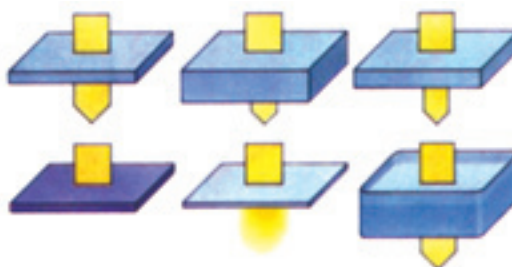
Појава одбијања светлости зове се рефлексија.

Нека тела могу целосно да упију светлост. Ова појава се назива апсорпција. Постоје тела која пропуштају светлост, а та појава се назива транспаренција (сл. 2.2).

Одбијање светлости са неравне површине назива се дифузно одбијање (сл. 2.3).



Сл. 2.1



Сл. 2.2



Сл. 2.3

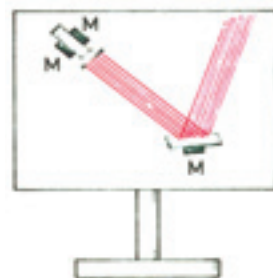


Равно огледало

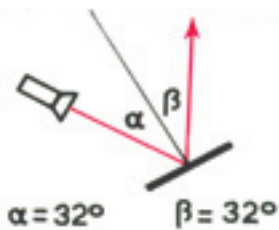
Равно огледало је свака равна лепо исполирана површина (било да је од метала или стакла, па и мирна површина воде), која има особину да одбије светлост која пада на њу.

Светлосни зраци који падају на равно огледало се одбијају од њега према одређеном закону.

Узмите белу емајлирану металну плочу (сл. 2.4) и поставите је на вертикални статив. На такву плочу могу да се причврсте различити прибори помоћу малих магнета (слово М). Тако, на пример, помоћу џепне батерије која је подешена да емитује танак светлосни сноп, који пада на равно огледало залепљено на дрвену призму, приметите колики је угао који захвата упадни зрак и нормала и угао који захвата одбијени зрак и нормала огледала у тачци падања.



Сл. 2.4

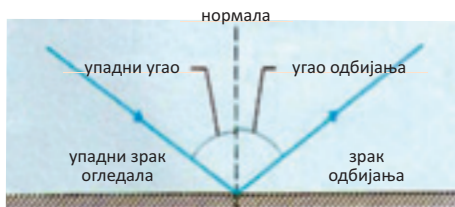


Сл. 2.5

Какви су ови углови по величини? - Једнаки (сл. 2.5).

$$\alpha = \beta$$

Огледи показују да упадни зрак, нормала и одбијени зрак леже у истој равни. Закон одбијања светлости код равнoг огледала гласи:

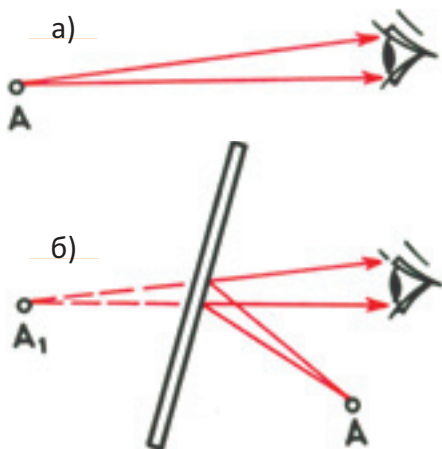


Сл. 2.6

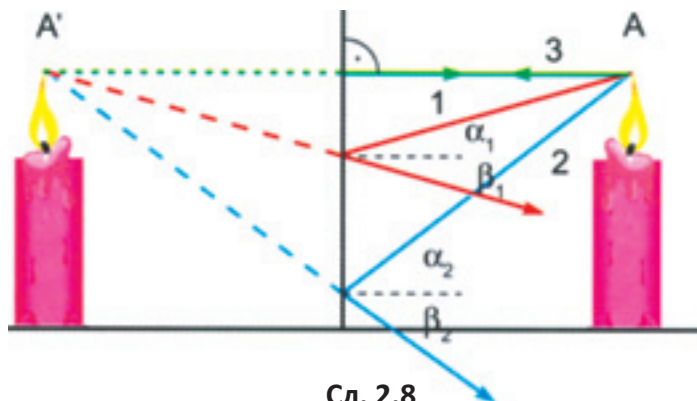
Светлосни зрак који пада на равно огледало одбија се тако да је угао падања α једнак углу одбијања β . Упадни зрак, нормала и одбијени зрак налазе се у истој равни (сл. 2.6).

• Како ћемо видети неки предмет? Погледај слику 2.7 а) и б). Шта предпостављаш?

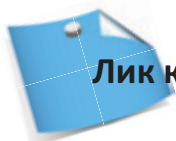
• Предмет ћемо видети ако са његових појединачних тачака долазе светлосни зраци који се мимоилазе. Око нема способност да утврди да ли светлосни зрак долази директно или се одбио од огледала.



Сл. 2.7

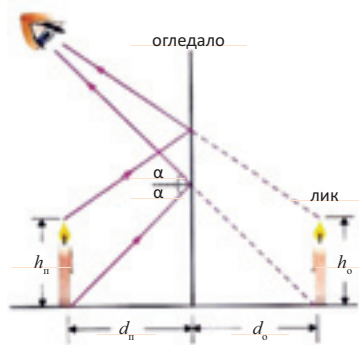


Сл. 2.8



Лик код равног огледала

Погледајте шему (сл. 2.8) за добијање лика код равног огледала. Из сваке тачке узета су по три светлосна зрака и то: један који се креће по нормали и одбија се истим правцем и два друга зрака која се одбијају по закону одбијања.



Сл. 2.9

На сл. 2.9 приказана је конструкција лика код равног огледала.

Вероватно сте закључили да је лик код равног огледала:

- по величини једнак предмету;
- на једнакој удаљености од огледала као и предмет;
- супротан предмету, односно лева страна лика је десна страна предмета;
- имагинаран - не може да се ухвати на екран (добија се у пресеку продужења светлосних зрака);



Сл. 2.10



Сл. 2.11

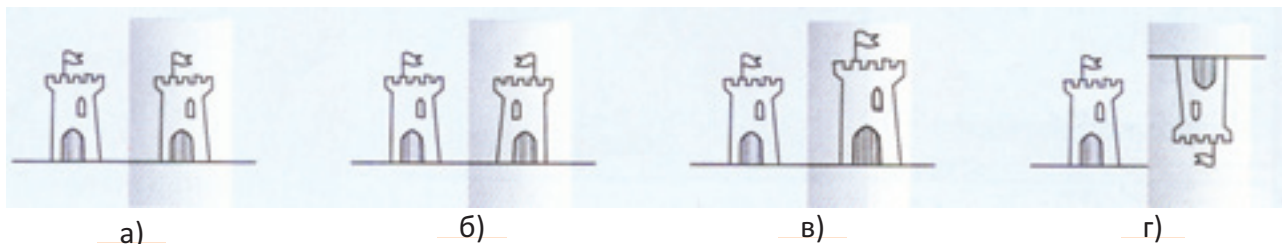
- Исти закључци важе за слике 2.10 и 2.11.

- На слици 2.10 приказан је лик човекове руке у равном огледалу. Лева рука изгледа као десна, То се још боље потврђује са сл. 2.11 код детета (предмет) је подигнута десна рука, а код детета (лик) је подигнута лева рука.



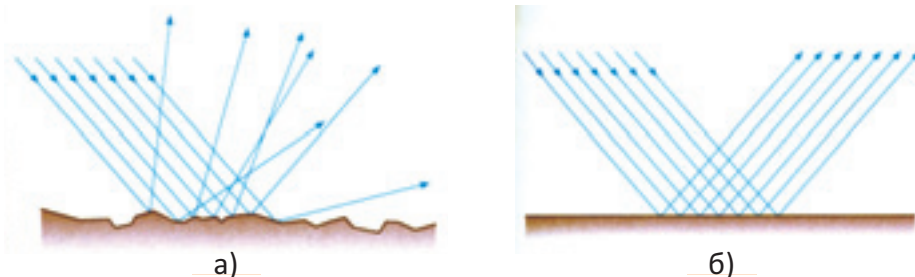
Размисли и одговори

1. Од приказаних слика у равном огледалу само једна је правилна. Погоди која је та слика.



Сл. 2.12

2. Помоћу одбијених светлосних снопова на слици 2.13 а) и б) да ли можеш да одговориш у ком случају се ради о равном огледалу.



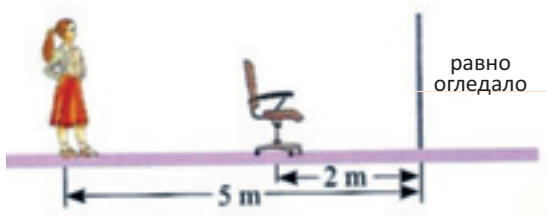
Сл. 2.13

3. Зашто видимо месец кад знамо да он не зрачи сопствену светлост?

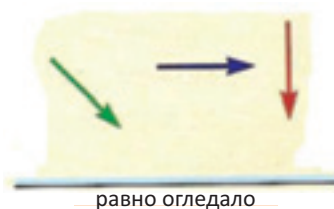
4. На слици 2.14 девојчица Софија посматра слику на столу у равном огледалу. На слици су дате удаљеност столице од равном огледала (2 m) и удаљеност Софије (5 m). Колико метара је растојање од Софије до лика на столици?

5. На слици 2.15 приказане су три стрелице у различитим положајима. Конструирајте ликове (у вашој свесци) на све три стрелице појединачно.

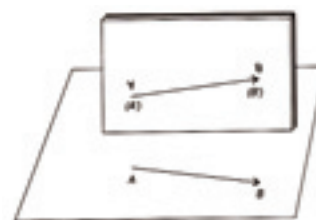
6. На слици 2.16 (на којој је приказано равно огледало вертикално постављено на хоризонталну раван) види се предмет и лик у равном огледалу. Провери да ли у овом случају важи закон за одбијање од равном огледала.



Сл. 2.14



Сл. 2.15

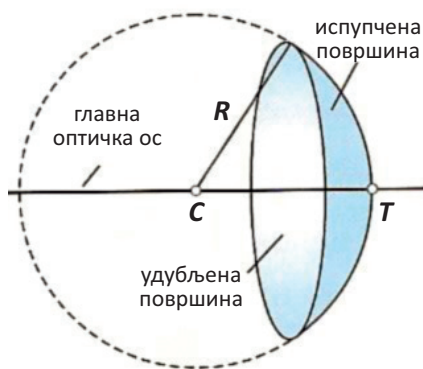


Сл. 2.16

Сферно огледало



Сл. 3.1

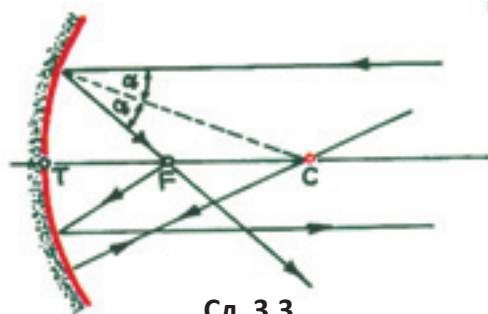


Сл. 3.2

- фокус (F) - тачка у којој се секу сви одбијени зраци од оггледала;

- фокусно растојање (f) - растојање између темена (T) и фокуса (F) оггледала.

Да ли закон за одбијање код равнoг оггледала важи и за сферна огледала? Да. У малим сегментима сферно огледало може да се третира као равно огледало. Разлика између равних оггледала и сферних оггледала је само у томе што код равних оггледала нормале у свим тачкама су паралелне, а код сферних оггледала су усмерене према једној тачки која се назива фокус или жижа.



Сл. 3.3



Сл. 3.4

Проверите

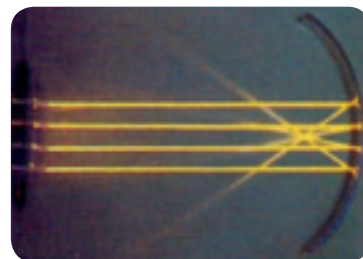
- Како се светлосни сноп одбија од удубљеног оггледала?



Направите следећи оглед:

Узмите фењер (сл. 3.4) који је конструисан тако да се светлост сијалице одбија од удубљеног оггледала и добија се паралелан сноп светлоси.

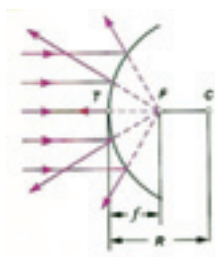
Паралелни сноп светлости из фењера усмерава се према конкавном (удубљеном) огледалу (сл. 3.5). Сноп светлости је паралелан са главном оптичком оси. Због тога се светлосни зраци одбијају са огледала и притом пролазе кроз једну тачку, названу фокус огледала (сл. 3.6). Фокус F лежи на главној оптичкој оси (сл. 3.6). Растојање f од фокуса до темена T на огледалу је такозвано фокусно растојање. Растојање од тачке C до тачке T означено је са R и представља радијус сфере чији део је огледало.



Сл. 3.5



Сл. 3.6



Сл. 3.7

На слици 3.7 шематски је приказано како изгледа одбијање паралелног снопа светлости од испупченог огледала. Испупчено огледало, за разлику од удубљеног, расипа светлосне зраке. Са слике примећујемо да ако продужимо одбијене светлосне зраке од испупченог огледала они се поново секу у једној тачци (F) коју називамо фокус или жижа.

Да ли можете да направите разлику између положаја фокуса код удубљених огледала и код испупчених огледала?

Фокус код удубљених огледала је добивен пресеком светлосних зрака, а код испупчених огледала је добивен пресеком продужетака светлосних зрака. Један фокус може да се ухвати на екрану - што значи да је реалан; а други не може да се ухвати на екран - што значи да је имагинаран.

Коришћење сунчеве енергије помоћу фокусирања.

Будући да конкавна огледала “сакупљају” паралелни сноп светлости у једну тачку и због факта што она по природи представља врсту енергије, ако се на месту где се скупља светлост (фокус) стави лист папира, он ће се запалити (сл. 3.8). У топлим крајевима фокусирање сунчеве енергије можемо да искористимо за припрему хране.

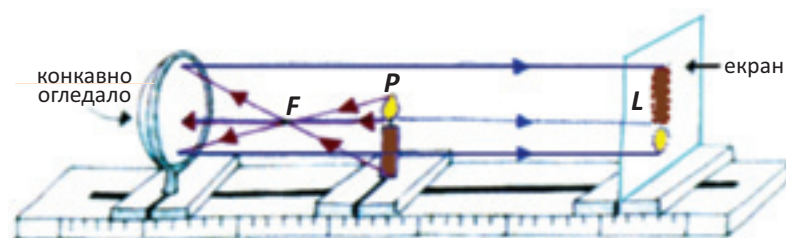


Сл. 3.8

На овај начин неке течности могу да се загревају до високих температура. Ова енергија може да се искористи за различите циљеве, али технологија је скупа и њена будућност тек долази. Сунце је непресушан извор енергије и “човекове будућности”.

Да вас подсетимо на Архимеда и његових огледала употребљених у једној бици у далекој прошлости.

Како се добија слика код сферног огледала?



Сл. 3.9

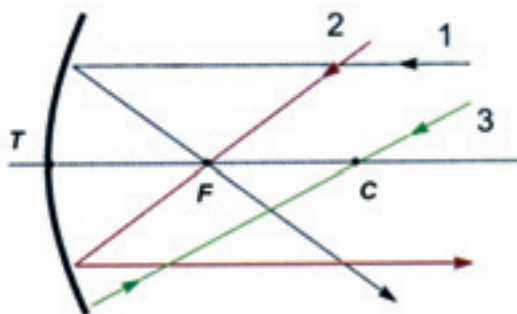
Једноставним средствима приказаним на слици 3.9 можете да испитате какве слике се добијају код удубљених огледала.

На једној шини су постављени: извор светлости, удубљено огледало и екран.

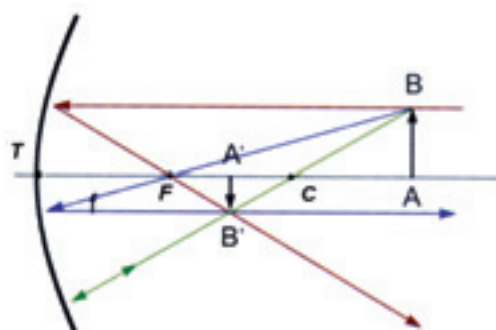


Померањем светлосног извора настојте на екрану да добијете оштру слику. Какву слику ћете добити на екрану зависи од положаја огледала и извора светлости.

Да би могли шематски да конструишемо слику код сферних огледала, треба да познајемо одбијање три основна зрака светлости (сл. 3.10), а то су:



Сл. 3.10



Сл. 3.11

1) зрак који пада на удубљено огледало и паралелан је са главном оптичком оси, након одбијања пролази кроз фокус;

2) зрак који пролази кроз фокус након одбијања је паралелан са одбијањем од главне оптичке оси;

3) зрак који пролази кроз центар C одбија се у истом правцу назад.

Конструкција lika код конкавног огледала приказана је на слици 3.11.

Ако са R означимо растојање од темена (T) до центра (C) тада:

$$R = 2f \Rightarrow f = \frac{R}{2}$$

Фокусно растојање (f) једнако је половини радијуса сфере чији део је огледало. За конструкцију lika код сферних огледала довољна су само два првонаведена основна зрака. Притом је довољно да се одреди лик на тачци B, која је најудаљенија од оптичке оси. Као и код равних огледала, да би разумели како се добија лик неког предмета и код сферног огледала, довољно је да знамо како се добија лик на једној тачци. Да би се добио лик на некој тачци мора од ње да долазе светлосни зраци до огледала. Какав лик ћемо добити зависи од распрострањивања зрака након одбијања.

Једначина сферног огледала

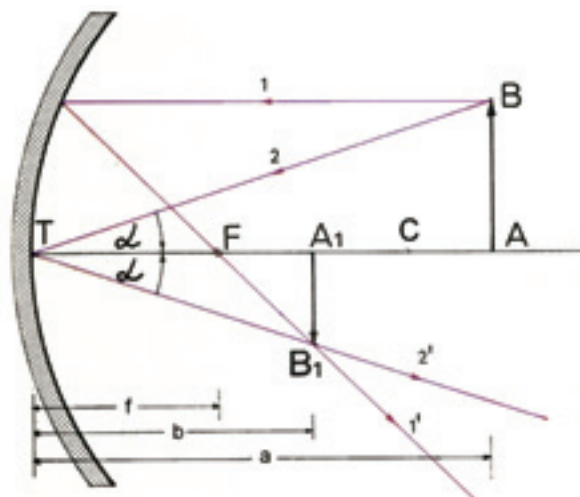
Преко сличности троуглова (A, B, T и A₁, B₁, T) и одговарајуће пропорције долази се до релације:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

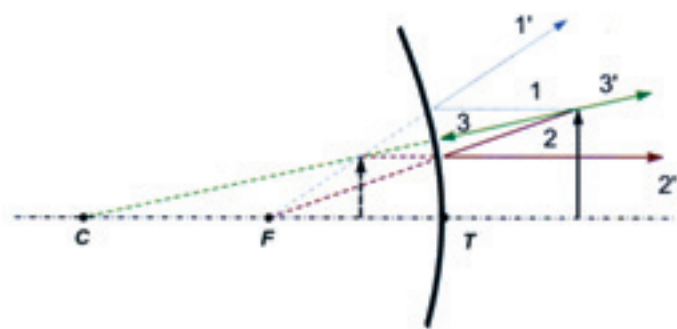
a - растојање од предмета до огледала;

b - растојање од lika до огледала;

f - фокусно растојање.



Сл. 3.12



Сл. 3.13

Лик код испупченог огледала

Зрак који иде према фокусу одбија се са огледала и паралелан је са оптичком оси. Зрак који иде према центру сфере одбија се са огледала истим правцем којим долази.

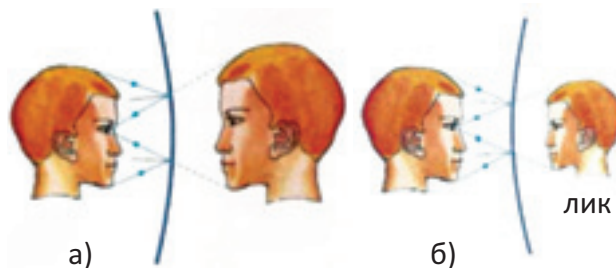


Сл. 3.14



Размисли, одговори и реши

1. Погледај слике 3.15 и одговори:
 - Зашто су ликови различити по величини?
 - О каквим огледалима се ради?
2. Зашто се ако раскрсница није довољно прегледна, ставља испупчено, а не удубљено огледало (сл. 3.16)?
3. Где се налази светлосни извор код аутомобилских фарова?
4. Какву врсту огледала представља мирна површина океана за космонауте?
5. Израчунај удаљеност lika из удубљеног огледала ако је фокусно растојање 3,5 сантиметара, а предмет је удаљен од темена 10,5 сантиметара.
6. Колико је фокусно растојање код сферног огледала ако је радијус сфере 40 сантиметара?



Сл. 3.15

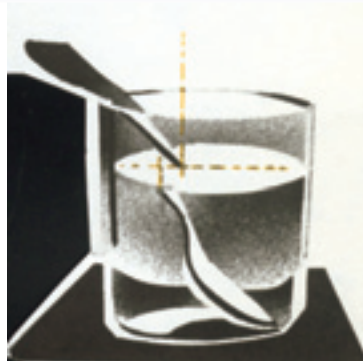


Сл. 3.16

Преламање светлости



Сл. 4.1



Сл. 4.2

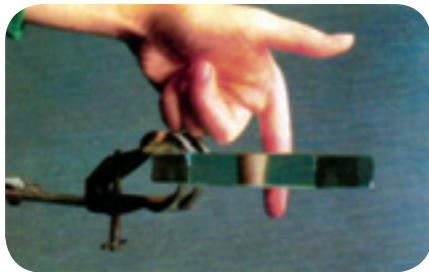
У животу сте имали прилику да будете у стању као на слици. Наиме, да седите, а да вам се ноге налазе у посуди са водом, или да сте на обали реке или језера са ногама у води (сл. 4.1). До вас се налази чаша са водом или соком, и у њу је стављена кашичица (сл. 4.2). Како вам изгледају ноге или кашичица на месту где се додирују са водом, ако гледате под одређеним углом.

Примећујете да на месту где су ноге стављене у воду, односно кашичица у чашу са водом или соком, изгледају као да се преломљени.

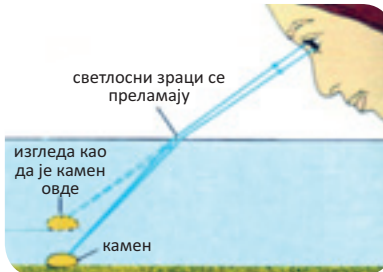


Хајде да направимо неколико огледа.

Оглед 1: Направите огледе као на сликама 4.3 и 4.4.



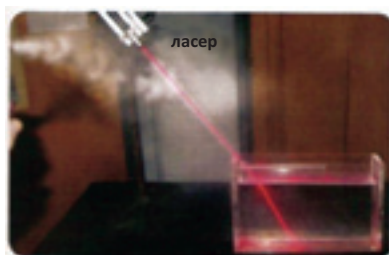
Сл. 4.3



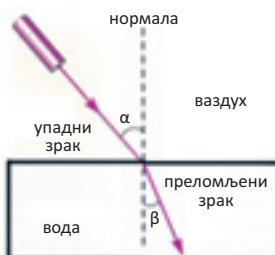
Сл. 4.4

На слици 4.3 иза стакленог квадрa постављен је прст руке. На слици нам изгледа да је прст пресечен на три дела (ово уопште не боли). У ствари, овај лик је резултат преламања светлосних зрака приликом њиховог проласка кроз стакло.

На слици 4.4 дно воде нам изгледа дубље него што је. Приликом овог огледа на почетку када је празна, а камен гледамо на дну посуде. Ако каду напунимо водом до одређеног нивоа опазићемо да камен као да је променио положај и налази се у положају нешто вишљем од предходног. Шта се десило са сипањем воде? У првом случају одбијени зраци од камена долазе директно до ока, а у другом зраци мењају свој смер као резултат деловања воде.



Сл. 4.5



Испитајмо:

Усмеравамо ласерски зрак према воденој површини. Посматрамо како приликом преласка из ваздуха у воду зрак мења смер - он се прелама на граници двеју средина (сл. 4.5). Зрак који прелази у воду назива се преломљени зрак.

Угао између нормале и упадног зрака обележавамо са α , а угао између преломљеног зрака и нормале са β .

Кад светлост прелази из једне прозирне средине у другу прозирну средину, на граници двеју средина она мења смер распрострањавања. Ова појава се назива преламање светлости.

> Зашто се светлост прелама?

У различитим прозирним срединама светлост се распрострањује различитом брзином. На пример, брзина светлости у ваздуху (око 300 000 километара у секунди) већа је од брзине светлости у води (225 000 километара у секунди). Кажемо да вода има већу оптичку густину од ваздуха.

Већа брзина - мања оптичка густина.

Мања брзина - већа оптичка густина.

Кад светлост пређе у средину са већом оптичком густином, преломљени зрак се приближава према нормали, односно $c_1 > c_2$ (сл. 4.6). Приликом преласка у средину са мањом оптичком густином дешава се супротно - преломљени зрак се удаљава од нормале $c_1 < c_2$ (слика 4.6). Ако направимо упоређење са кретањем аутомобила који са асфалта прелази преко песка (слика 4.7), тада десни точак прво смањи кретање и аутомобил се окреће надесно према нормали. Приликом изласка из песка десни точак прво повећава брзину и аутомобил се окреће налево - удаљава се од нормале.

Ако се светлост окреће по нормали на површини (сл. 4.8), тада се светлост не прелама и задржава правац нормале. На слици 4.9 приказано је преламање светлости.

Из наведених огледа јасно може да се закључи да је **основни разлог за преламање светлости промена њене брзине**.

Испитивања су показала да је **количник упадног угла и угла преламања једнак количнику брзине светлости у једној, односно другој средини и да се зове индекс преламања**:

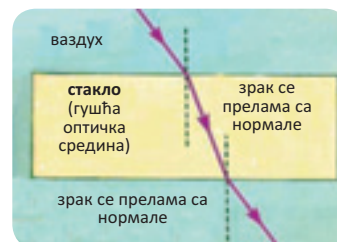
$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{c_1}{c_2} = n.$$

Ако је у формули за индекс преламања c_1 брзина светлости у вакууму индекс преламања се назива апсолутан. Ако су брзине c_1 и c_2 брзине за две оптички различите средине, индекс се назива релативан.

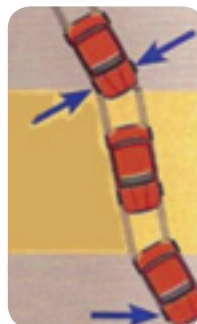
Релативни индекси преламања светлости у односу на ваздух за неколико оптичких средина дати су у табели Т-1.

Средина	Вода	Лед	Кварц	Рубин	Дијамант
n - индекс	1,33	1,31	1,5	1,76	2,42

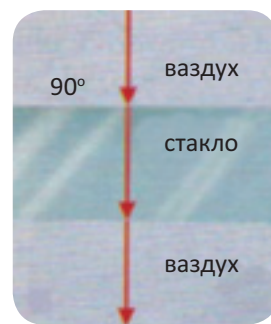
Табела Т-1



Сл. 4.6



Сл. 4.7



Сл. 4.8



Сл. 4.9

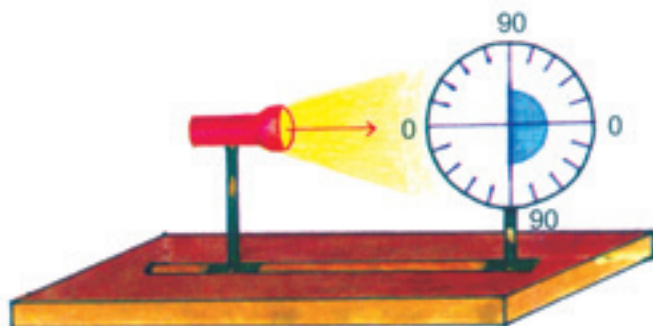
Пример 2: Израчунајмо релативни индекс преламања светлости у срединама ваздух-вода (n_1); стакло-ваздух (n_2) и стакло-вода (n_3).

Брзине светлости у срединама су: у ваздуху $c_{\text{ваздух}} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; у води $c_{\text{вода}} = 225\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; у стаклу $c_{\text{стакло}} = 200\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Ако дате вредности за брзину заменимо формулом за рачунање индекса преламања, онда за тражене индексе преламања добијамо вредности: $n_1 = 1,33$; $n_2 = 0,67$; $n_3 = 0,89$.



Размисли и одговори

1. На слици 4.10, како ће светлост променити правац распрострањивања ако на граничну површину пада као што је приказано на слици.



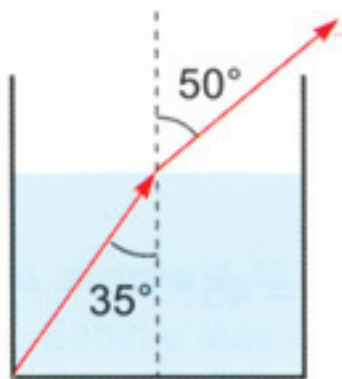
Сл. 4.10

2. Зашто светлост мења правац распрострањивања кад прелази из једне оптичке средине у другу?

3. У којим случајевима су упадни угао и угао преламања једнаки?

4. Шта је индекс преламања светлости?

5. Брзина светлости у води је $225\,000$ километара у секунди, а у дијаманту је $1,24 \cdot 10^8$ метара у секунди. Колики је релативни индекс преламања ако светлост иде од воде у дијамант?



Сл. 4.11

6. Из података приказаних на слици 4.11 одговори:

а) Из какве у какву оптичку средину прелази светлост?

б) Зашто је светлосни зрак преломљен са нормале?

в) Израчунај индекс преламања.

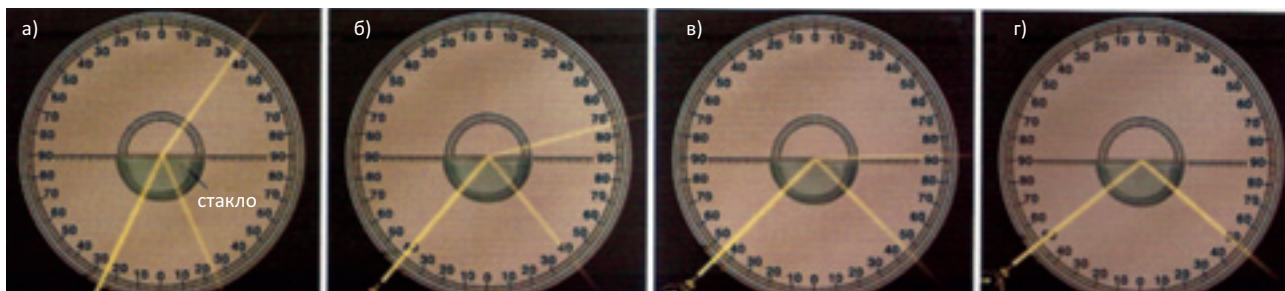
Тотална рефлексција

За преношење информација - телевизија, интернет, телефонски разговори и друго, користе се оптички каблови. Они су састављени од танких стаклених влакана, кроз које пролазе светлосни сигнали. Као што знамо светлост се распрострањује праволинијски. Како тада зраци пролазе кроз влакна, не смета ли то што она нису права, а на више места су и савијена? Да би одговорили на ово питање, треба да проучимо појаву тоталне рефлексije.



Шта је тотална рефлексija?

Оглед 1: У средину оптичког круга постављамо стаклену плочу. Светлосне зраке усмеравамо према центру круга (сл. 5.1). На равной граници стакло-ваздух се посматрају појаве преламање светлости и одбијање светлости. Преломљени зрак се удаљава од нормале, зато што ваздух има мању оптичку густину од стакла.



Сл. 5.1

Са повећањем упадног угла преломљени зрак почиње да се приближава према граници обе средине (сл. 5.1 а) и б). При одређеном углу падања, назван гранични угао, преломљени зрак се клиза по површини границе између две средине (сл. 5.1 в).

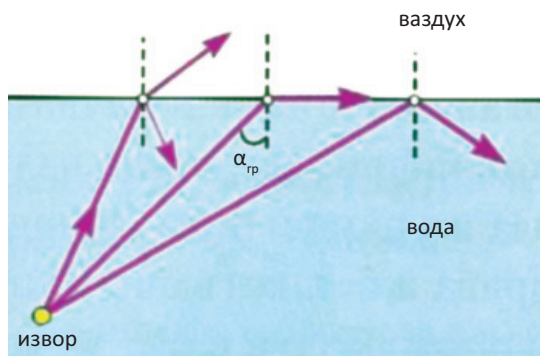
Ако повећамо упадни угао, светлост се целосно одбија од границе стакло - ваздух (слика 5.1 г) - посматрамо тоталну рефлексiju или такозвано потпуно унутрашње одбијање.

Појава приликом које се светлост распрострањује у средини са већом оптичком густином и целосно се одбија од границе са другом средином са мањом оптичком густином, назива се тотална рефлексija.

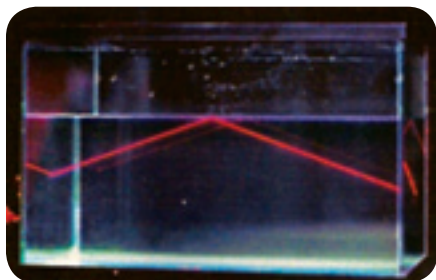
Упадни угао под којим се преломљени зрак клиза по површини обе средине зове се гранични угао. За овај угао можемо да кажемо да је угао падања из оптички гушће у оптички ређу средину, приликом чега је угао преламања 90° . Гранични угао је различит за различите материје.

Тако, на пример, гранични угао између средина ваздух-вода износи 49° ; ваздух-стакло 42° и ваздух-дијамант 24° . Шематски приказ огледа са слике 5.1 приказан је на слици 5.2.

Код тоталне рефлексije за одбијене светлосне зраке важи закон одбијања код равнoг огледала.



Сл. 5.2



Сл. 5.3



Оглед 2:

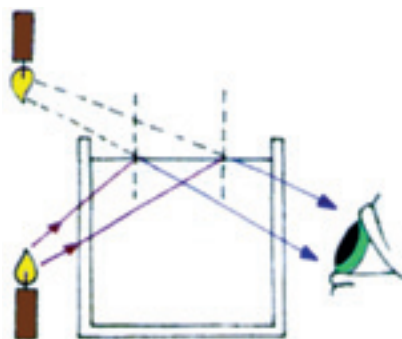
Усмерите светлосне зраке из ласера према акваријуму пуном воде (сл. 5.3) и посматрајте потпуно унутрашње одбијање са границе вода-ваздух. Птриликом извођења огледа поновите поступак као код огледа 1. Односно, мењајте упадни угао светлости све док се светлосни сноп не одбије од граничне површине и не врати се назад.



Оглед 3:

Напуните прозирну посуду са водом до горње ивице. Са једне стране чаше ставите упаљену свећу, тако да је испод нивоа површине воде (сл. 5.4). Посматрајте свећу са друге стране посуде са оком постављеним испод нивоа површине воде.

Светлост свеће, долазећи до граничне површине вода-ваздух, уместо да се прелама, се одбија и лик свеће видимо као у равном огледалу.

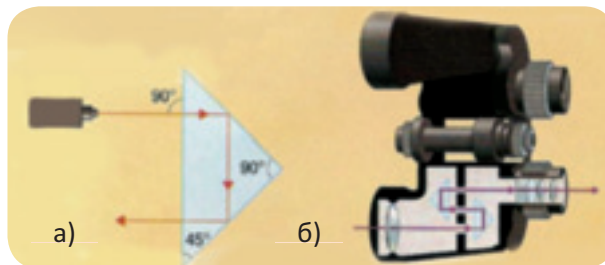


Сл. 5.4

Где је искоришћена ова појава?

Оптичка призма

Код оптичке призме искоришћена је појава тоталне рефлексије код двогледа и других оптичких апарата за промену смера распрострањивања светлости (сл. 5.5). Са слике видимо да светлосни зрак на једну страну пада под углом од 90° и не прелама се, на другу страну пада под углом од 45° и тотално се рефлектује, зато што је гранични угао за стакло-ваздух 42° . Под истим углом пада и на другу страну и излази из призме без преламања. На слици 5.5 б) приказано је како је ова појава искоришћена код двогледа.



Сл. 5.5

О дијаманту

Дијамант (сл. 5.6) је веома оптички густа материја. Гранични угао потпуног унутрашњег одбијања (тотална рефлексија) између њега и ваздуха је 24° . Ако дијамант ставимо у воду гранични угао (сл. 5.7) износи 33° . Због мале вредности граничног угла са ваздухом много светлосних зракова који падају на



Сл. 5.6



Сл. 5.7

дијамант потпуно се одбијају са доње површине дијаманта, враћају се назад према горе и поново излазе из дијаманта. Зато дијамант има бљештећи сјај.

Оптичко влакно

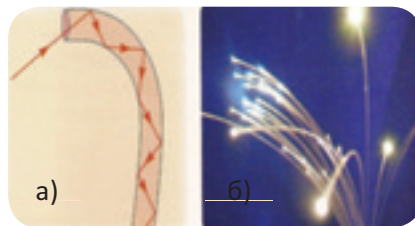
Оптичка влакна су веома танка (колико и влас косе). Светлост, пролазећи кроз њих и влас косе). Светлост, пролазећи кроз њих трпи виšekратно потпуно унутрашње одбијање (тотална рефлексија) са спољне површине влакна и распрострањује се само у његовој унутрашњости (сл. 5.8). На овој слици на шеми (а) приказано је кретање светлосног зрака кроз оптичко влакно. На слици 5.8 б) приказан је сноп оптичких влакана.

Оптичка влакна се обично групишу у великом броју и притом се добија оптички кабел (сл. 5.9).

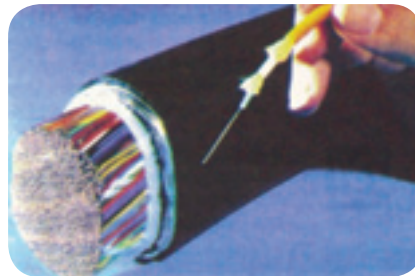
Оптички каблови имају више предности у односу на обичне каблове са металним проводницима. Они обезбеђују већу брзину приликом преношења информација и отпорни су на спољне утицаје. Оптички каблови се користе за пренос звука, слика на малим растојањима (на пример, између два суседна компјутера) али могу да преносе слике и на удаљеност од више стотина километара.

Оптичка влакна могу да омогуће квалитетан пренос неког видеозаписа или података. Користе се у телефонији где се глас претвара у електричне сигнале, а они у светлосне сигнале који се крећу кроз оптичка влакна.

Оптичка влакна се користе и у медицини. Њиховом помоћу се посматрају унутрашњи органи човековог организма (желудац, црева и слично).



Сл. 5.8



Сл. 5.9



Сл. 5.10



Сл. 5.11

Апарат који користи оптичке каблове за посматрање унутрашњих органа зове се ендоскоп (сл. 5.10).

Ендоскоп представља танак оптички кабел са камером на крају. Кабел се уноси преко уста (сл. 5.11) у храновод или желудац.

Камера постављена на оптичком каблу шаље слике унутрашњих органа и притом могу да се виде стања органа.

Фатаморгана

У лето, када је веома топло и нема ветра, асфалтни пут у даљини изгледа као да је влажан (сл. 5.12), а кад се дође до тог места, нема ни трага влази. Ова појава је последица проласка светлосних зрака кроз слојеве ваздуха који имају различиту густину и назива се фатаморгана.



Сл. 5.12

Тотална рефлексција настаје код слоја ваздуха који се налази непосредно изнад земље и зато се добија утисак воде на путу.



Сл. 5.13

Због тоталне рефлексције која настаје на светлости пролазећи кроз различите слојеве ваздуха који имају различиту густину, може да се деси у одређеним околностима да добијемо лажну представу о положају сунца (сл. 5.13).

Појава тоталне рефлексције је много чешћа и више позната у врућим пустињским пределима. Тамо се уморним жедним путницима ствара погрешан утисак да се у близини налази неко језеро (сл. 5.14). Од овог утиска ова појава је добила име фатаморгана (лажна чесма).

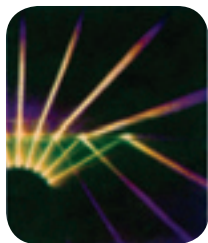


Сл. 5.14

Одмах изнад Земље, због високе температуре, се ствара веома танак слој ваздуха који је толико разређен да делује као унутрашња површина стаклене плоче и одбија светлост. Светлост небеског плаветнила се целосно одбија од тог слоја и зато нам изгледа да на Земљи има воде.



Размисли и реши



Сл. 5.15



Сл. 5.16

1. На слици 5.15 приказани су светлосни зраци који прелазе из оптички гушће у оптички ређу средину. Неки зраци се уопште не преламају, неки се преламају са нормале, док се неки одбијају у истој средини. О којој појави се ради?

2. Објасни појаву која је приказана на сл. 5.16.

3. Опиши појаву тоталне рефлексије и наведи неке примере да би је објаснио.

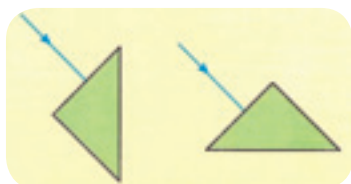
4. Шта представља гранични угао тоталне рефлексије?

5. Како се назива упадни угао који светлосни зрак захвата са нормалом ако је угао преламања 90° ?

6. Прецртај у своју свеску и допуни слике да би показао шта се дешава са светлосним зраком након што падне на оптичку призму?

7. Зашто се не види тотална рефлексија сунчевих зрака са стакла прозора?

8. Који од три светлосна зрака на сл. 5.18 ће претрпети потпуно унутрашње одбијање? Гранични угао тоталне рефлексије на граници вода-ваздух износи 49° .



Сл. 5.17

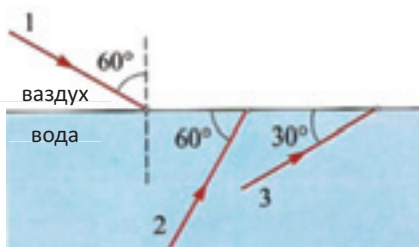
9. Како настаје тотална рефлексија код оптичког влакна?

10. На слици 5.19 приказана је тристрана призма и светлосни зрак који пада на призму. Направите цртеж (у вашим свескама) и пратите ход светлосног зрака кроз призму. Колико степени је угао између упадног светлосног зрака и излазног светлосног зрака?

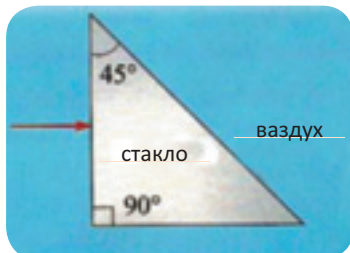
11. Зашто тотална рефлексија не може да настане кад светлост прелази из оптички ређе у оптички гушћу средину?

12. На слици 5.20 приказана су 4 светлосна зрака која падају на граничну површину на начин који је приказан на слици. Гранични угао за средину стакло-ваздух је 42° . Који од четири светлосна зрака ће претрпети потпуно унутрашње одбијање? (а) 1; б) 2; в) 3; г) 4)?

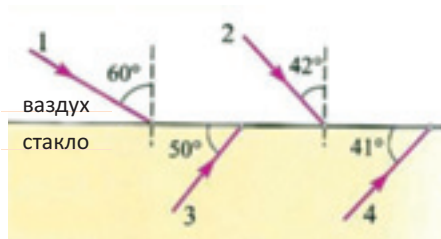
13. У ком случају су упадни угао и угао преламања једнаки?



Сл. 5.18



Сл. 5.19



Сл. 5.20



Разлагање беле светлости. Дисперзија

Бела сунчева светлост нам изгледа да је једноставна, али у суштини (посматрајући одређене појаве у природи - дуга), она је сложена и састављена је од више боја.



Испитајмо

Белу сунчеву светлост пропуштамо кроз оптичку призму (сл. 6.1). Примећујемо да се још у самој призми она разлаже на више боја.



Сл. 6.1

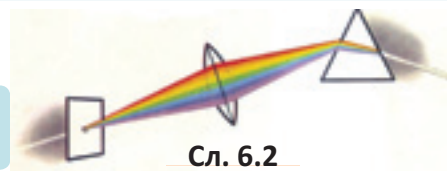
Разлагање светлости кад пролази кроз оптичку призму назива се **дисперзија**.

Боје које се добијају приликом овог разлагања називају се **спектралне боје** које су поређани на следећи начин: црвена, оранж, жута, зелена, плава, индиго и љубичаста. Примећујемо да између боја спектра не постоји строга граница већ се оне преливају једна у другу.

Појава да се бела светлост након преламања појављује у спектралним бојама назива се разлагање или дисперзија беле светлости.

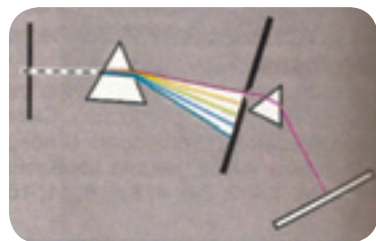
Ако се спектралне боје (сл. 6.2) сакупе у једној тачци поново ће се добити бела светлост.

Светлост састављена од разнобојних компоненти се назива полихроматска светлост.

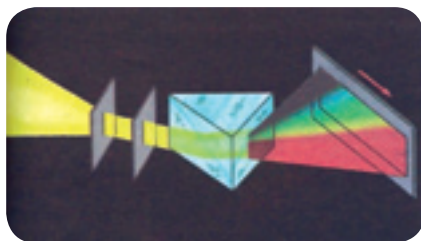


Сл. 6.2

Да направимо оглед какав је приказан на слици 6.3. Од спектра беле светлости помоћу тамног екрана са малим отвором одваја се један зрак, у случају црвен, и пушта се да пада на другу призму. Види



Сл. 6.3



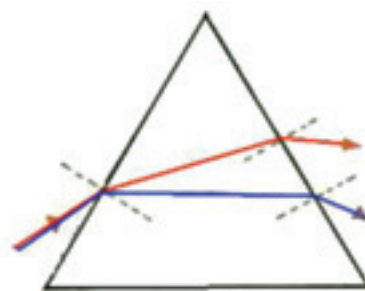
Сл. 6.4

се да се зрак прелама кроз призму, али се не разлаже. Ова светлост се назива проста или **монохроматска светлост**. Монохроматска светлост најчешће се добија уз помоћ спектралних филтера (сл. 6.4).

● Који је разлог разлагања беле светлости?

Да би одговорили на ово питање направићемо оглед приказан на сл. 6.5 На оптичку призму се пуштају два светлосна зрака (црвени и плави). Примећујемо да се светлосни зраци приликом уласка у призму одвајају при чему се црвени зрак прелама мање, док се плави прелама више. Значи, основни разлог за разлагање је различити индекс преламања боја спектра.

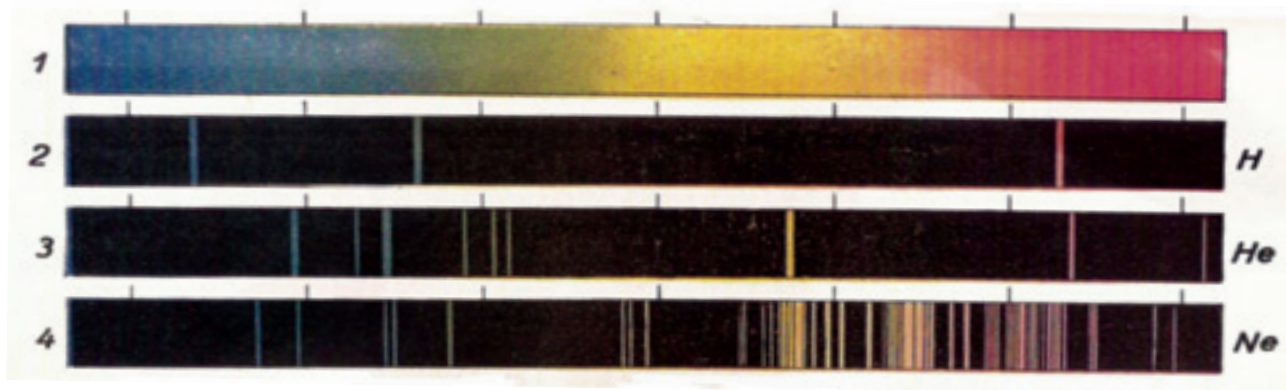
То значи да приликом разлагања беле светлости кад се она прелама у призми све спектралне боје имају различите индексе преламања и зато се одвајају једна од друге.



Сл. 6.5

Будући да индекс преламања ($n = c_1/c_2$) зависи од количника брзине ваздуха и призме, брзина свих спектралних боја (c_1) у ваздуху је једнака док је брзина (c_2) у оптичкој призми различита, и индекси преламања ће бити различити. У наведеном случају брзина црвене светлости у стаклу је већа од брзине преламања плаве боје, и произилази да црвена светлост има мањи индекс преламања, док плава има већи индекс преламања.

Различити индекс преламања сваке спектралне боје је разлог да се сложена бела светлост приликом преламања разлаже на спектралне боје.



Сл. 6.6

Шта је спектрална анализа?

Ако се на оптичку призму пусти светлост добивена од усијаних гасова (на пример, хелијум или неон) светлост ће се разложити, а спектар ће имати сасвим други изглед (сл. 6.6 2,3,4).

Спектар означен бројем 1 је континуирани спектар добивен од ужареног тврдог тела. Спектри под редним бројевима 2,3,4 се називају линијски спектри. На ове спектре мање или више гледамо као на обојене спектралне линије које се налазе тачно на одређеном месту и за сваки хемијски елемент су различите. На овим сликама дати су линијски спектри водоника, хелијума и неона.

Као што не постоје двоје људи са истим отисцима прстију, тако не постоје два линијска спектра са истим распоредом спектралних линија у спектру. Помоћу ових спектра може да се утврди постојање неког елемента чак и у милионитом делу милиграма неке супстанце.

Тако је настала једна нова област у аналитичкој хемији која се назива спектрална анализа. Инструмент који се користи приликом ове анализе назива се спектрометар.

Дуга

Појава дуге је вековима збуњивала људе зато што нису могли да је објасне. Кад је дан сунчан дуга може да се види и у близини неког водопада уколико има много ситних капи воде у ваздуху.



Сл. 6.7

Дуга може да се добије и ако је човек окренут леђима сунцу и у простору испред себе, уз помоћ распрскивача воде, створи много ситних капи воде. Видеће боје као код дуге.

Појава дуге повезана је се преламањем светлости кроз ситне капљице воде. Значи дуга настаје само кад сунчеви зраци осветле ситне водене капљице које лебде у ваздуху. То се дешава после кише,

на небу покривеном тамним облацима кад се сунце налази иза леђа посматрача, а облаци испуштају ситне капи кише.

Кад су услови повољни могу да се виде истовремено две дуге (сл. 6.8):

- главна, где је црвена боја на спољном делу лука и
- споредна, где је црвена боја у унутрашњем делу лука.



Сл. 6.8

Како настаје дисперзија код дуге?

Сунчева светлост, пролазећи кроз капи кише, се једном прелама приликом уласка у капљицу, затим се потпуно одбија о задњу страну капљице (сл. 6.9 - притом се разлаже) и коначно, поново се прелама на изласку из капљице. Свака кап делује слично као призма приликом чега се добија спектар боја. Код изласка из капљица црвена боја излази под углом од 42° према правцу упадне сунчеве светлости, док љубичаста под углом од 40° . Остале боје долазе редом под угловима између ове две боје.

Светлост ситних капљица кише долази у око посматрача и он гледа дугу као спектар боја лучно постављених у простору.

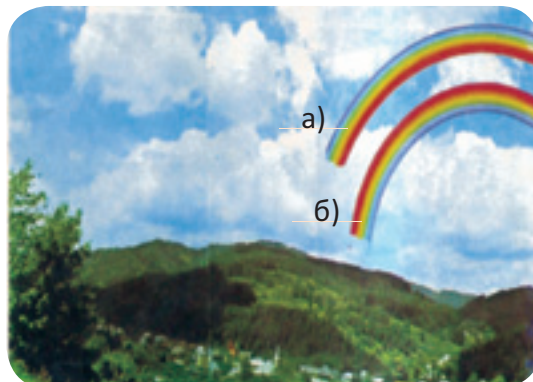


Сл. 6.9



Размисли и одговори

1. Какав је спектар боја сунчеве светлости, а какав је од усијаних гасова?
2. На слици 6.10 приказан је случај појаве две дуге у исто време (а и б). Која дуга је главна, а која је споредна?
3. Која боја спектра сунчеве светлости се прелама највише, а која најмање?
4. Који је разлог за разлагање беле светлости у оптичкој призми?
5. Коју светлост називамо монохроматска?
6. Шта је спектрална анализа?



Сл. 6.10

Оптичка сочива



Сл. 7.1



Сл. 7.2



Сл. 7.3



Сл. 7.4

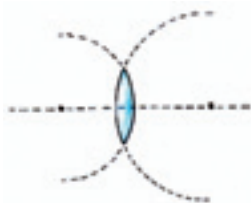
Оптичка сочива или оптичке леће сте већ видели, а можда сте се и служили њима као увећивачима малих предмета (сл. 3.1) или сте их употребљавали ви или неко други за корекцију вида - наочаре (сл. 7.2).

- Шта су оптичка сочива?
- Колико врста оптичких сочива постоје и како их препознајемо?

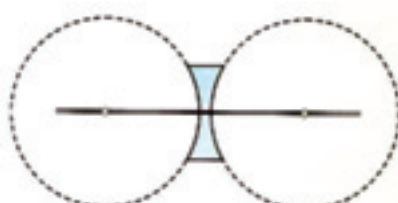
Прозирно геометријско тело омеђено двема заобљеним површинама које су делови сферних површина називамо оптичко сочиво.

Оптичка сочива која су у средини дебља а на крајевима тања називамо **сабирна** или **конвергентна сочива** (сл. 7.3).

Сочива која су у средини тања, а на крајевима дебља називамо **расипна** или **дивергентна сочива** (стр. 7.4).



Сл. 7.5



Сл. 7.6

На слици 7.5 и 7.6 шематски су представљена сабирна, односно расипна оптичка сочива.

Примећујемо да се код сабирних сочива сфере чији део представљају сочива са центрима O_1 и O_2 секу и у пресеку се налази сочиво, док се код расипних сочива (сл. 7.6) сфере чији део је лећа не секу већ се приближавју.

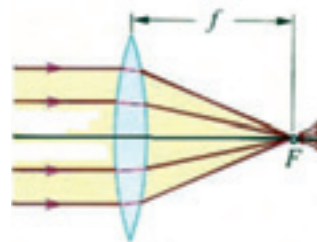
Приликом проласка кроз сочиво светлост се прелама два пута. Због преламања светлосни зраци приликом изласка из сочива мењају свој правац.

Да би забележили разлику између сабирних и расипних сочива посматраћемо пролазак паралелног снопа светлости кроз сабирна (сл. 7.7) и расипна (сл. 7.8) сочива.

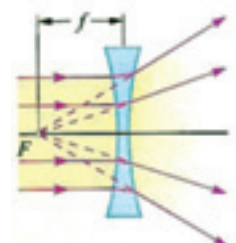
- Шта примећујеш са слика?

Сабирно сочиво сакупља паралелни снап светлости и једну тачку, која се зове **фокус** (жижа), док расипно сочиво расипа светлосни снап тако да долази до једне тачке која се назива **имагинаран фокус**.

Са слика видимо да је фокус код сабирних сочива пресек реалних светлосних зрака, док је фокус код расипних сочива привидан и добија се у пресеку продужетака преломљених зрака.

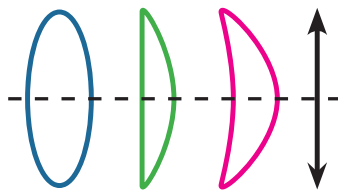


Сл. 7.7

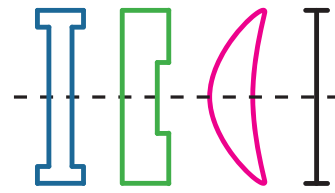


Сл. 7.8

На сликама 7.9 и 7.10 можете да видите врсте оптичких сочива која се употребљавају, али и њихово шематско обележавање знацима за сабирна и расипна сочива. Ове симболе ћемо користити приликом конструкције ликова.



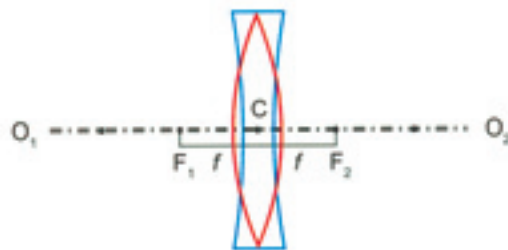
Сл. 7.9 (Сабирна сочива)



Сл. 7.10 (Расипна сочива)

Елементи карактеристични за сочива:

- Права која повезује центре сфера од којих је добијено сочиво (O_1 , O_2) назива се **оптичка оса**, и она је нормална граничним површинама (сл. 7.11);
- Тачка C назива се **оптички центар**;
- f је фокусно растојање (растојање између фокуса и оптичког центра).

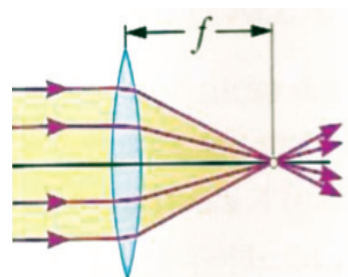


Сл. 7.11

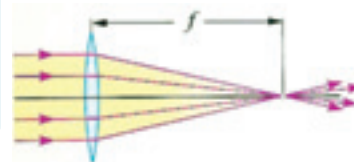
Јачина оптичких сочива

Сочиво које јаче прелама светлосне зраке има мање фокусно растојање (сл. 7.12), док сочиво које слабије прелама светлосне зраке (7.13) има веће фокусно растојање: $J = \frac{1}{f}$

Помоћу огледа приказаног на слици 7.14 може једноставније да се одреди јачина сабирног сочива, путем мерења фокусног растојања (f).



Сл. 7.12



Сл. 7.13

Фокусно растојање је мера за јачину преламања светлости кроз сочиво.

Јачина сочива (J) је обратнопропорционална са фокусним растојањем.

Ако за фокусно растојање ставимо јединицу 1 метар (1 m) добијамо јединицу за јачину оптичког сочива 1 **диоптер (1 D)**.

Ако $f = 0,5 \text{ m}$, $J = 2 \text{ D}$, код расипних сочива $f = -0,5 \text{ m}$, а $J = -2 \text{ D}$.

Јачина сочива код сабирних сочива носи предзнак „+“, док код расипних „-“.



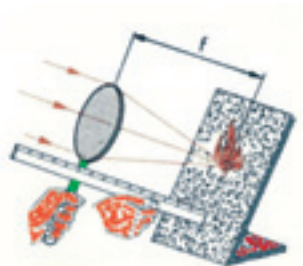
Фокусна даљина (f) једног сабирног сочива може да се одреди следећим огледом.

Оглед:

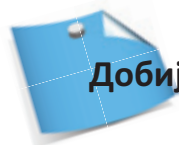
Потребан прибор: сабирно сочиво, извор паралелног снопа светлости и екран (лист папира).

Руком држимо сабирно сочиво на путу сунчевим зрацима и папир покрећемо према сочиву све док фокус не падне на папир.

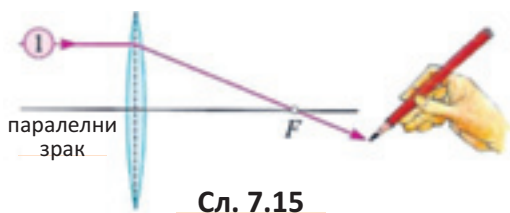
Лењиром меримо нормално растојање између фокуса и сочива, што је у ствари фокусна даљина.



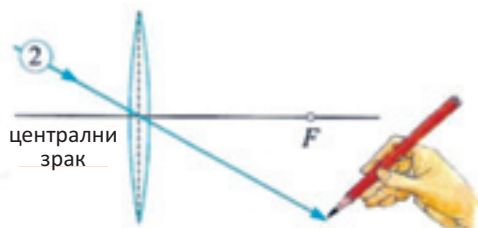
Сл. 7.14



Добијање ликова код оптичких сочива

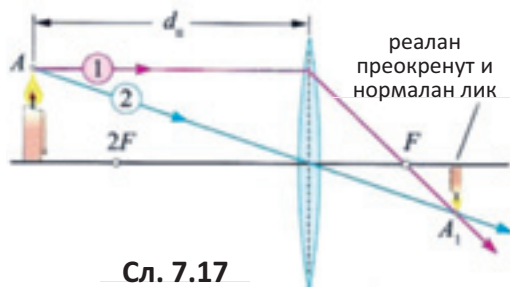


Сл. 7.15

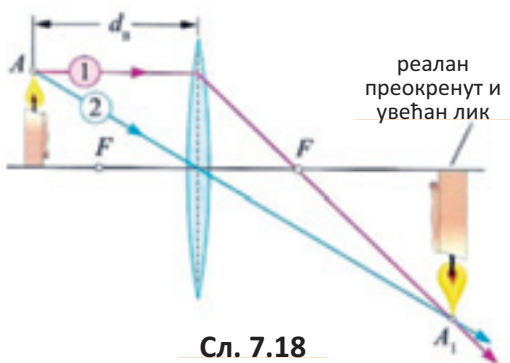


Основни светлосни зраци за конструкцију лика

Сл. 7.16



Сл. 7.17



Сл. 7.18

Да би конструисали лик код сочива потребно је да знамо основне зраке који полазе из једне тачке предмета. Са тим циљем довољно је да познајемо два основна зрака чијом помоћу ћемо конструисати лик, а то су:

1. Паралелан зрак - то је зрак који је паралелан главној оптичкој оси сочива. Приликом преламања овог зрака пролази кроз фокус сочива (сл. 7.15).

2. Централни зрак - То је зрак који пролази кроз центар сочива. Централни зрак пролази кроз сочиво без преламања (сл. 7.16).

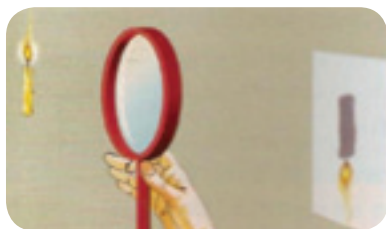
Реални лик

Прво ћемо посматрати лик предмета који се налази даље од сочива, на растојању d_p које је веће од дуплог фокусног растојања $2f$ сочива. Одабиремо тачку А из једног краја предмета и цртамо паралелни зрак (1) и централни зрак (2) који излазе из тачке А (сл. 7.17). Након што светлосни зраци прођу кроз сочиво, ти зраци се секу у тачци A_1 са друге стране сочива. Тачка A_1 је лик тачке А. На исти начин може да се конструише лик сваке тачке предмета - тако да се добија лик целог предмета. Са цртежа на слици 7.17 се види да је лик смањен и окренут. Будући да лик може да се ухвати на екрану, кажемо да је реалан.

Ако поставимо предмет "између фокуса и дуплог фокусног растојања" (сл. 7.18), и одново конструишемо лик предмета са истим зрацима добићемо: Лик је увећан, преокренут и реалан зато што се добија пресеком светлосних зрака, који пролазе кроз сочиво.

Посматрање реалног лика

Да проверимо експериментом да реални лик може да се ухвати на екрану. Поставите сабирно сочиво између упаљене свеће и листа картона (екран). На екрану се види преокренут и реални лик свеће (сл. 7.19).



Сл. 7.19

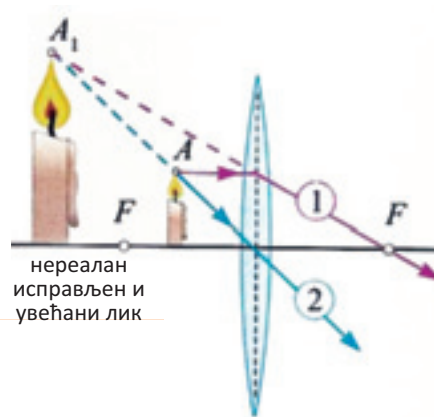
Померајте само сочиво. Приликом одређеног положаја сочива лик је оштар. То је положај код којег је екран тачно на месту где се налази лик (упоредите два случаја приказана на сл. 7.19).

Ако поставите екран на друго место лик се замагљује. Добијање оштрог лика на екрану назива се фокусирање.

Нереални лик - Лупа

Постављамо предмет између сочива и фокуса (сл. 7.20).

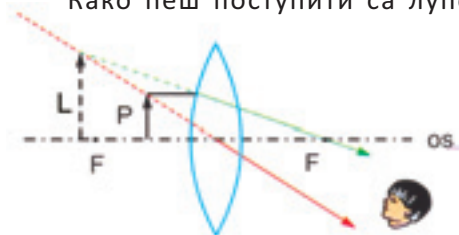
Пратимо пут основних зрака (1 и 2). Зраци полазе из тачке А, преламају се кроз сочиво и то тако да зрак паралелан са оптичком осом пролази кроз фокус сочива. Зрак (2), централни зрак пролази кроз центар сочива и не прелама се. Зраци се након преламања разилазе и нигде се не секу. Зраци ће се пресећи у њиховим продужецима. Тако ће се добити лик у тачки A_1 . Ако се понови овај начин за све тачке предмета добија се лик целог предмета. Са слике 7.20 се види да је лик исправљен, увећан и нереалан. Лик није реалан зато што се добија у пресеку продужетака светлосних зрака и не може да се ухвати на екрану.



Сл. 7.20

На описани начин функционише оптички инструмент лупа.

Како ћеш поступити са лупом да би добио јасан лик?



Сл. 7.21

Приближавањем и удаљивањем лупе од предмета. Већ си приметио да се предмет код лупе налази између сочива и фокуса. Зато је он исправљен, увећан и имагинаран.

Увећање код лупе (U) се добија као количник величине лика са величином предмета:

$$U = \frac{L}{P}$$

L - величина лика; P - величина предмета.



Сл. 7.22

Шта мислите, које сочиво ће дати веће увећање лика: са мањим или са већим фокусним растојањем (f)? - Лупа са мањим фокусним растојањем. Каква је јачина те оптичке леће? - Већа.

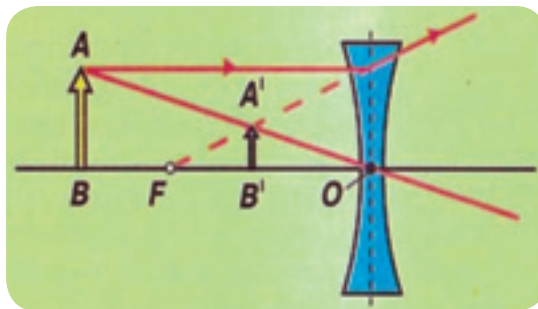
Са лупом може да се постигне увећање од 10 до 12 пута.

Лупу најчешће користе часовничари, лекари, филателисти и други.



Конструкција лика код расипног сочива

У овом случају, као и у предходном, за добијање лика су довољна два светлосна зрака. Као што видимо са слике 7.23, лик се не добија у пресеку реалних зрака већ у њиховим продужецима. Зато је лик код расипних сочива увек имагинаран, исправљен и умањен без обзира где се налази предмет.



Сл. 7.23

Између фокусне даљине f , растојања предмета од сочива (a) и растојања лика од сочива (b) постоји следећа зависност:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Ово је једначина за оптичка сочива. За расипна сочива важи иста једначина, приликом чега је удаљеност предмета од сочива позитивна ($a > 0$), док су фокусно растојање и удаљеност лика од сочива негативни.

Пример: Испред сабирног сочива са фокусном даљином од 30см налази се предмет на удаљености од 80 см. Где се налази лик?

Подаци: $a = 0,8 \text{ m}$; $f = 0,3 \text{ m}$; $b = ?$

Решавање: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ Добија се $b = 0,48 \text{ m}$.



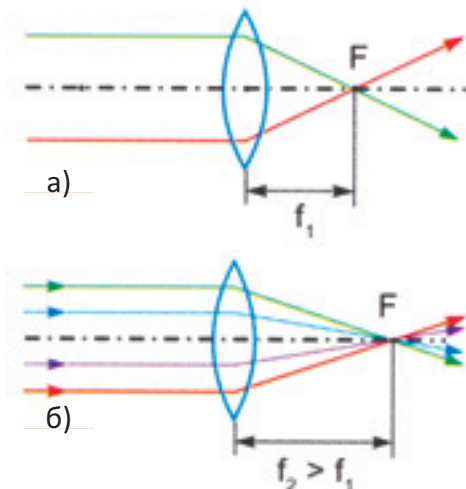
Проверите, одговорите и решите

1. Опишите шта вам је потребно да одредите фокусну даљину сабирног сочива?

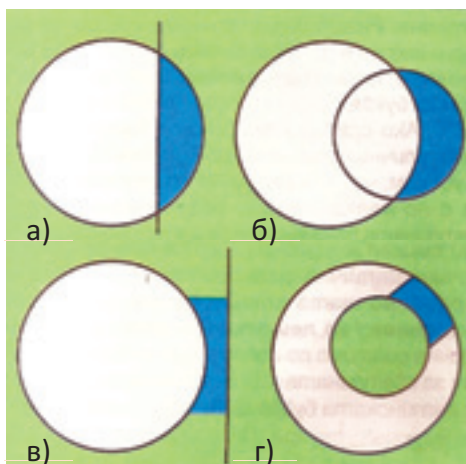
2. Које сочиво има већу фокусну даљину: дебље или тање? Направи скицу - цртеж.

3. Колика је јачина сабирног сочива ако је фокусна даљина 6 cm?

4. Израчунај фокусну даљину сочива јачине $J = 0,5 \text{ D}$.



Сл. 7.24



Сл. 7.25

5. Упореди слике 7.24 а) и б) и одговори које сочиво има већу јачину.

6. Како може парчетом леда да се запали папир?

7. Који ликови могу да се ухвате на екрану?

8. У којем положају треба да се налази предмет код сабирног сочива да би био једнак лику према величини?

9. Какав ће бити лик код сабирног сочива ако се предмет налази између сочива и фокуса?

10. Сабирно сочиво има ознаку 4D (диоптера). На коју удаљеност ћете поставити предмет ако желите да добијете јасну слику на екрану удаљеном 150 cm од сочива?

11. Сабирно сочиво има фокусно растојање од 2,5 cm. Нацртај лик предмета висок 2 cm који се налази 4,5 cm испред сочива. Колика је величина лика?

12. О каквој врсти сочива се ради на слици 7.25 а,б,в,г?

13. На слици 7.26 приказано је добијање лика код сабирног сочива. Нацртај графички приказ оба случаја упоређујући њихове величине.

14. Колико може да буде највеће увећање код лупе?



Сл. 7.26



Човеково око као оптички уређај

Око је веома осетљив природан оптички апарат.

Без њега не можемо да знамо шта се дешава у спољном свету. Човек може да користи: фотоапарат, лупу, микроскоп и много других оптичких апарата захваљујући оку.

Састав човековог ока

Око има сферну форму дијаметра око 2,5 cm.

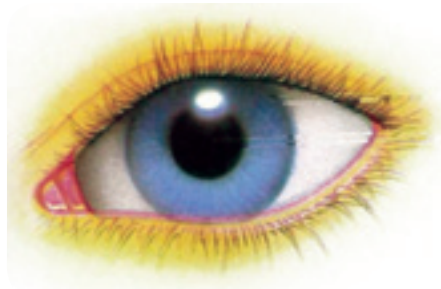
Саставни делови ока приказани су на слици 8.2 (док је на слици 8.1 дат природан изглед ока), а то су: очна јабучица, шареница, зеница, рожњача, очна лећа, мрежњача, очни нерв и жута пега.

Око покрива покретни очни капак који служи за отварање и затварање пута светлосних зрака, а понекад и за заштиту од повреда.

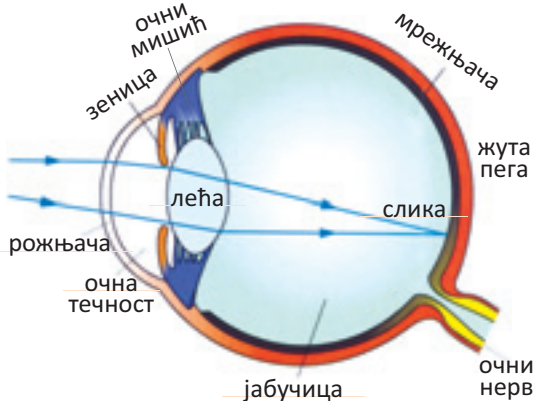
- **Шареница** одређује боју ока;

- **Зеница** - је отвор кроз који улази светлост у око. Ако уђете у тамну просторију тачка не средини зенице се повећава.

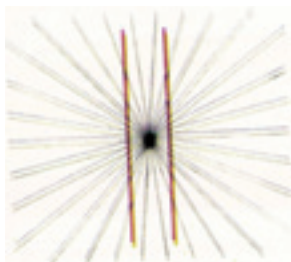
- **Рожњача** - и жута пега иза ње, односно течност, усмеравају светлосне зраке кроз сочиво. На слици 8.3 приказан је начин пропуштања светлости. Браон линије изгледају као да су искривљене. Проверите лењиром да ли је то тако.



Сл. 8.1



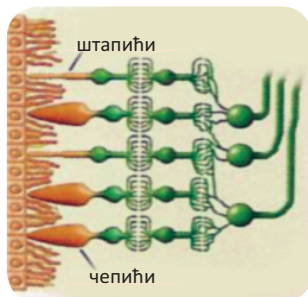
Сл. 8.2



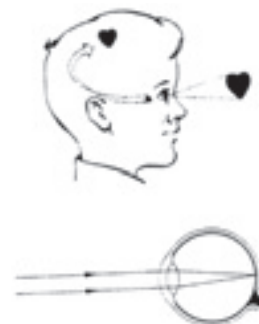
Сл. 8.3

- **Очна лећа** - представља дупло испупчено сабирно сочиво са фокусним растојањем од око 2,5 cm. Она сама се прилагођава приликом фокусирања на предмет и добијања lika. Сочиво се не помешта напред или назад (као код фотоапарата), већ се истањује и задебљава уз помоћ очних мишића. Очни мишићи могу да затегну или олабаве очну лећу. Притом се мења њено фокусно растојање (а тиме и јачина леће). На тај начин се омогућава да лик предмета падне на мрежњачу.

- **Мрежњача** - је "екран" на ком се формира слика предмета. Састоји се од више милиона ћелија (штапића и чепића сл. 8.4) осетљивих на светло. Они шаљу сигнале одговарајућем центру мозга преко очног нерва који је повезан огромним бројем нервних влакана повезаним штапићима и чепићима. У мозгу (сл. 8.5) светлосни сигнали се претварају у слику. Трансформација сигнала је прилично сложен процес.



Сл. 8.4



Сл. 8.5

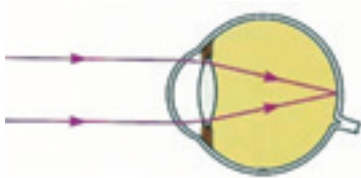
Како око фокусира?

Светлосни зраци који долазе од предмета, пролазећи кроз рожњачу и лећу, преламају се и мрежњачи дају реалан и умањен лик (сл. 8.5). Величина лика предмета на мрежњачи зависи, главно од величине предмета и његове удаљености од ока (сл. 8.6).



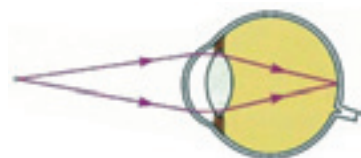
Сл. 8.6

Видни угао је угао који захватају зраци из две крајње тачке предмета, који улазе у око. Кад је предмет удаљенији очни мишићи затежу очну лећу (слика 8.7) и она постаје тања. Тиме је преламање мање и лик се фокусира на мрежњачу. Значи, за ове случајеве је потребна лећа са мањом јачином.



Сл. 8.7

Ако посматрамо предмет који се налази на веома мањем растојању од ока, под дејством очних мишића се повећава дебљина леће (сл. 8.8). Са повећањем дебљине леће добија се јаче преламање светлости. Ова способност ока да мења дебљину очне леће назива се **прилагођавање** или **акомодација**.



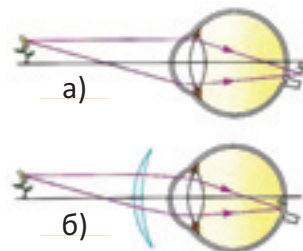
Сл. 8.8

Растојање до најближих предмета које фокусира око, а да се притом не напреже, назива се **растојање јасног гледања**. То је најмање растојање на ком сме да се налази предмет који гледамо, да се не би око брзо уморило.

Код младих људи оно је мање, а код одраслих веће. Средње узето као растојање јасног гледања се сматра растојање од 25 cm. Сматра се да на напетост ока има утицај и боја светлости. Око “најслободније” гледа кад у њега долази светлост жутозеленкасте боје. Предпоставља се да је то тако зато што Сунце највише зрачи ову светлост.

Далековидост

Далековидо око види нејасно блиске предмете, док далеке види јасно. Светлосни зраци који долазе из неког ближег предмета (сл. 8.9 а) стварају лик иза мрежњаче. Да би се формирао јасан лик мрежњаче, треба да се повећа јачина преламања леће. То се постиже стављањем сабирне леће испред ока (сл. 8.9 б).



Сл. 8.9 (Далековидост)



Сл. 8.10 (Кратковидост)

Кратковидост

Кратковидо око (сл. 8.10) види блиске предмете јасно, док далеке нејасно. Светлосни зраци који долазе од предмета (сл. 8.10 а) стварају лик испред мрежњаче. Значи, зраци се више преламају него код нормалног ока. Да би се формирао јасан лик мрежњаче треба да се смањи јачина преламања очне леће. То се постиже стављањем расипног сочива (сл. 8.10 б). Због наведених недостатака на оку, за њихово одстрањивање људи који су далековиди или кратковиди носе наочаре (сл. 8.11) или контактна сочива (сл. 8.12).



Сл. 8.11



Сл. 8.12



Адитивно и суптрактивно мешање боја. Како човеково око разликује боје

На сунчевој светлости видимо лепоту цветне баште. Раскош боја: трава је зелена, цветови су бели, црвени, наранџасти, плави, индиго итн.

Цветови представљају лепоту природе и дају сјај животу.

Како видимо различите боје?

Мрежњача - "екран" човековог ока је део где се формира слика предмета који гледамо. Она се састоји од ћелија - названих **штапићи** (има их око 133.000.000) и **чепића** (има их око 7 000 000), они примају надражаје од светлости и шаљу сигнале до мозга преко главног очног нерва, који их преузима од нервних влакана.



Штапићи реагују на интензитет светлости, али не могу да разликују боје.

Чепићи су концентрисани у центру мрежњаче - они су осетљиви на боје, а да би могли да функционишу потребно им је више светлости.

Човеково око може да види стотина боја. Али ипак мрежњача има само три врсте ћелија које су осетљиве на боје:

- Чепићи који реагују на црвену светлост;
- Чепићи који реагују на зелену светлост; и
- Чепићи који реагују на плаву светлост.

У зависности од тога које боје су заступљене у спектру светлости која долази у око, "узбуђују" се они чепићи који су осетљиви на те боје. Уз помоћ теорије "три боја" - црвена, зелена и плава (9.1) формирају се остале боје.

Зато се црвена, зелена и плава боја зову основне боје. Њиховом комбинацијом се добијају све остале боје.

Кад неки чепићи не функционишу правилно, у том случају око не може да разликује неке боје. Најчешћи случај је кад не може да разликује црвену од зелене боје. Овај недостатак ока је познат под именом далтонизам.

● Како се мешају спектралне боје?

Мешање спектралних боја приказано је на слици 9.2 на којој снопови основних зрака - црвена, зелена и плава се мешају на белом екрану.

- део где се преклапају основни зраци је бео;
- део где се преклапају - мешају црвена и зелена боја добија се жута боја;
- део где се мешају црвена и плава боја добија се љубичаста боја;
- део где се мешају зелена и плава боја добија се цијан боја.



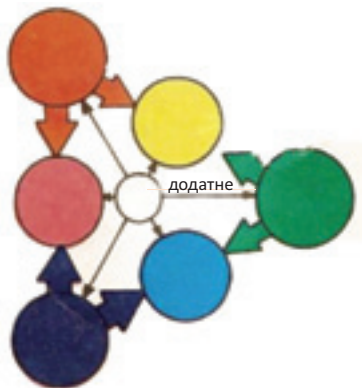
Сл. 9.1



Сл. 9.2



Сл. 9.3



Сл. 9.4

Мешање две основне боје приликом ког се добија друга боја назива се адитивно мешање боја.

Ако се измешају две боје - на пример, плава и жута, црвена и плавазелена или зелена и розе и сл. 9.3) добиће се бела боја. Такви парови боја називају се **комплементарни** или **додатни**.

Црвена, зелена и плава боја не могу да се добију комбинацијом других боја.

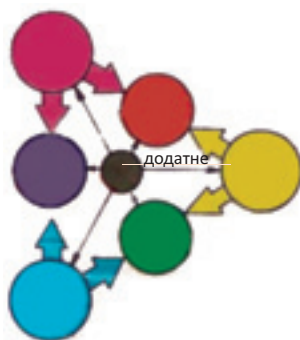
Какве боје се добијају мешањем две или три примарне (основне) боје приказано је на слици 9.4, а зову се **додатне боје**.

Како се мешају сликарске боје?

Сликарске боје су пигментске и оне се разликују од спектралних боја. Код сликарских боја основе су: црвена, жута и плава боја (слика 9.5). **Приликом мешања једнаких количина примарних пигментских боја добија се црна боја. Овакво мешање пигментских боја се назива суптрактивно мешање.**



Сл. 9.5



Сл. 9.6

Мешањем основних пигментских боја добијају се **додатне пигментске боје** (сл. 9.6).

Ако се упореде слике 9.4 - **додатне боје** код спектралних боја и сл. 9.6 - **додатне боје** код пигментских боја, видеће се разлика приликом мешања код спектралних боја и пигментских боја.

Тако, на пример, приликом мешања плаве и наранџасте спектралне боје добија се бела боја, међутим приликом мешања плаве и наранџасте пигментске боје добија се зелена боја.

Да закључимо, кад се ради о термину боја мора да се пази да ли се ради о спектралној или оптичкој боји добивеној разлагањем беле светлости или се ради о пигментској боји, која се обично назива сликарска боја и има различито порекло и грађу од спектралне боје.

Од чега зависи боја тела?

Кад се ради о боји треба да се прави разлика да ли је тело прозирно или непрозирно.

Боја прозирног тела може да се мења у зависности од спектралног састава упадне светлости.



Сл. 9.9

Светлосни филтри су прозирна тела која имају особину да пропуштају само одређене боје спектра. Ови филтри су приказани на слици 9.9 и то под а) изглед неколико светлосних филтера; под б) црвени филтер; и под в) зелени филтер.

Ако се на црвени филтер пусти да пада спектралан сноп светлости он пропушта само црвену светлост (сл. 9.9 а). Ако се на зелени филтер пусти бела светлост или светлосни сноп, он пропушта зелену светлост, а друге апсорбује. Ако се зелена светлост (сл. 9.9а) пусти да падне на црвени филтер иза њега, простор ће бити таман. Значи црвени филтер апсорбује зелену светлост.

Филтри у боји се користе у фотографији. Њима се постижу различити светлосни ефекти на телевизији, филму и у различитим сценама. Одговарајући рефлектори користе црвене, зелене и жуте филтре за добијање различитих светлосних ефеката.

Боја непрозирних тела се одређује из смесе спектралних боја које рефлектује тело. Зато боја непрозирног тела зависи од боје самог тела, али и од спектралног састава светлости која пада на њега. Да би одредили боју непрозирног тела оно треба да се осветли белом светлошћу.



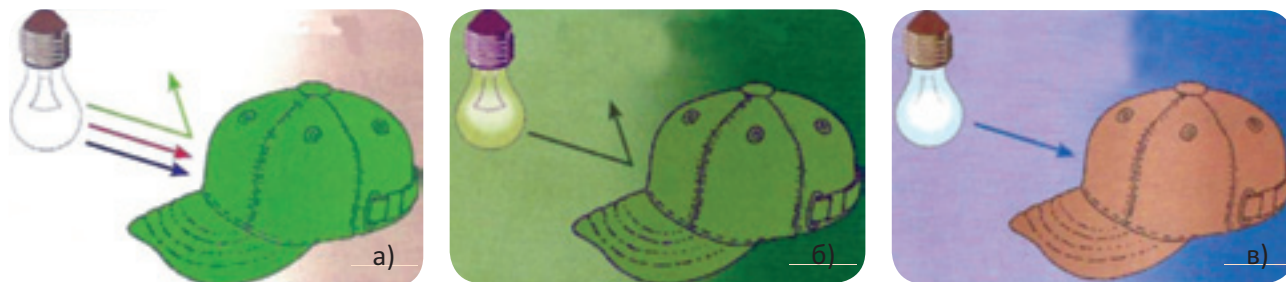
Сл. 9.10

Тело осветљено белом светлошћу (која садржи спектралне боје) ће изгледати бело. Ако тело одбија само црвену боју спектра светлости, изгледаће црвено (сл. 9.10 б). Ако апсорбује све спектралне боје беле светлости, онда 'е тело изгледати црно (сл. 9.10 в).

Ако тело не апсорбује једнако све боје спектра беле светлости оно ће бити обојено, а његова боја ће зависити од тога које делове спектра тело апсорбује. Ако се непрозирно тело осветљава таквом светлошћу у којој нема неких боја које оно рефлектује, тада се његова боја мења. Тиме може да се објасни зашто приликом вештачког осветљавања нека тела немају исту боју као при дневној светлости.

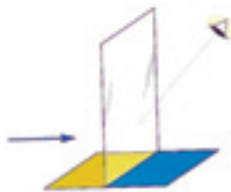
Када тела мењају боју?

Да би испитали ову појаву послужићемо се следећим огледом. Узмимо капу зелене боје и осветлимо је различитим врстама светлости (сл. 9.11 а, б, в). Ако зелену капу осветлимо основним бојама спектра (црвена, зелена и плава - сл. 9.11 а), видимо да капа апсорбује црвену и плаву светлост, а одбија зелену. Капу ћемо видети зелено обојену.



Сл. 9.11

Ако капу осветлимо само зеленом светлошћу (сл. 9.11 б), поново ћемо је видети зелено обојену. Али ако је осветлимо плавом светлошћу (сл. 9.11 в), капа ће изгледати црна.



Сл. 9.12



Сл. 9.13

Боја светлости код прозирних тела посматраних у одбијеној или у пропуштеној светлости може да буде различита (сл. 9.12). Тако на пример, ако прозирно тело јако одбија жуту светлост, а пропушта само плаву, у рефлектираној светлости ће изгледати жуто, а у пропуштеној светлости, плаво.

Мешање спектралних боја може да се добије механичким путем уз помоћ такозваног Њутновог диска (9.13) чији сектори су обојени различитим бојама. Боје површина спектралних боја нису исте. Брзим окретањем диска светлост коју прима из различитих сектора око региструје као белу.



Размислите. Решите.

1. Софија је отишла у дискотеку са жутом блузом. Како ће изгледати боја блузе када се дискотека осветли: а) белом светлошћу; б) црвеном светлошћу; в) зеленом светлошћу; и г) плавом светлошћу? Тела жуте боје пропуштају плаву светлост, а одбијају зелену и црвену светлост. Приликом мешања зелене и црвене светлости добија се жута светлост.

2. На слици 9.14 приказано је како светлост пролази кроз филтер љубичасте боје. Каква светлост пролази кроз овај филтер? Каква ће светлост проћи кроз филтер боје цијана? (плава или црвена?)



Сл. 9.14

3. Каква је боја плаве лопте ако је осветљена црвеном светлошћу?

4. Шта представља адитивно мешање боја?

5. Суптрактивно мешање је карактеристично за:

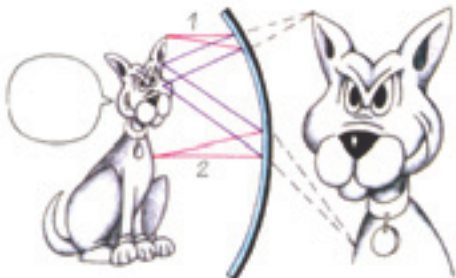
- а) спектралне боје
- б) пигментске боје



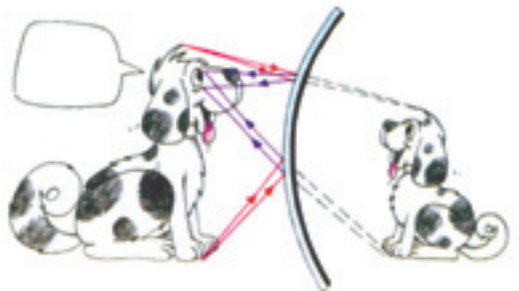
Проверите колико сте научили

1. Ако је лик код равног огледала удаљен 2 m, за колико метара треба да се помери огледало да би лик био удаљен 10 m?

2. Гледајући слике са псом (сл. 1 и 2) испред огледала, можеш ли да одговориш испред каквих огледала се налази пас? Упореди ликове и дај своје објашњење.



Сл. 1



Сл. 2

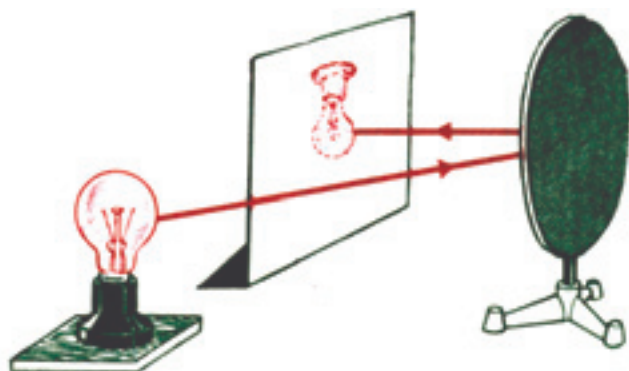
3. Шта се дешава са светлошћу кад прелази из једне оптичке средине у другу различитом брзином распрострањивања.

4. Колика је јачина оптичког сочива, ако фокусно растојање износи 5 cm?

5. Каквим оптичким сочивом се одстрањује кратковидост, а каквим далековидост?

6. Која оптичка сочива носе предзнак "+", а која "-"?

7. Разгледајући слику 3, одговори где се налази светлосни извор испред удубљеног огледала.



Сл. 3



Сл. 4

8. Објасни зашто ружу на слици 4 видимо црвену.

9. Лик и предмет су једнаки по величини и на једнаком растојању у оба случаја, и то:

а) код равног огледала - увек;

б) код сферног огледала - кад је предмет у дуплом фокусном растојању. По чему се разликују ликови у оба случаја?

10. Да ли су гвожђе и камен оптичке средине?

11. Шта је индекс преламања?

12. У којој средини је брзина светлости највећа?

13. Која је разлика између реалних и имагинарних ликова?

14. Једно оптичко сочиво има фокусно растојање 0,1 m, а друго 20 cm. Које сочиво има већу јачину?

15. Која појава је искоришћена приликом формирања дуге?

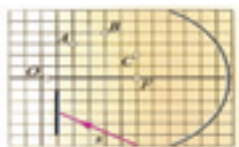
Тест (Светлост)

1. Топлотни извор светлости је:

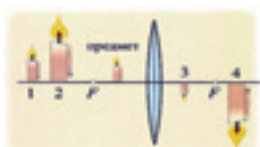
- а) ласер; б) светлећа диода;
в) обична сијалица; г) неонска сијалица.

2. На слици 1 приказан је систем од два огледала. Кроз коју од тачака ће проћи светлосни зрак након што се одбије од оба огледала?

- а) А; б) В; в) С; г) О.



Сл. 1



Сл. 2

3. Свећа на слици 2 се налази између леће и њеног фокуса. Који је лик свеће из леће?

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

4. Дисперзија светлости настаје због:

- а) различитог упадног угла;
б) различите оптичке густине;
в) различитог индекса преламања.

5. На слици 3 дат је светлосни зрак који се прелама на граници ваздух-вода. Колики је угао преламања?

- а) 60° ;
б) 20° ;
в) 30° ;
г) 40° .



Сл. 3

6. Приликом преласка беле светлости кроз оптичку призму највише се прелама:

- а) љубичаста; б) црвена; в) жута; г) зелена боја

7. Ако осветлимо зелени предмет црвеном светлошћу тада ће предмет изгледати:

- а) зелен; б) црвен; в) црн; г) плав.

8. Какво огледало ћете искористити ако треба да направите паралелни светлосни сноп у сноп који се расипа?

- а) испупчено сферно огледало
б) удубљено сферно огледало
в) равно огледало
г) таква промена није могућа само са сочивом

9. Колико је фокусно растојање сабирног сочива јачине 4D?

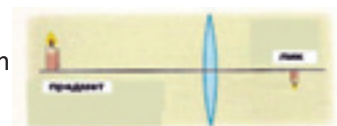
- а) 0,25 cm б) 4 cm в) 25 cm г) 4 m.

10. Отвор кроз који светлост улази у око назива се:

- а) зеница; б) рожњача; в) мрежњача; г) ирис.

11. Фокусно растојање сочива приказано на сл. 4 је 30 cm. На коликом растојању d од леће се налази предмет:

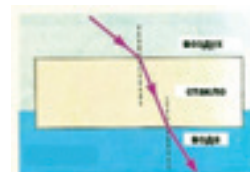
- а) $d > 60\text{cm}$
б) $30 < d < 60\text{cm}$
в) $d = 30\text{cm}$
г) $d < 30\text{cm}$



Сл. 4

12. Светлосни зрак пролази кроз три оптичке различите средине (сл. 5). У којој од тих средина је брзина светлости најмања?

- а) у ваздуху;
б) у стаклу;
в) у води;
г) брзина светлости је свуда иста.



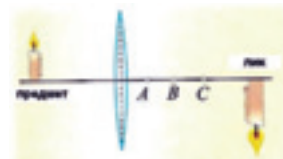
Сл. 5

13. Са каквим фокусним растојањем треба да буде сабирно сочиво да би га искористили као лупу за увећање од 3 пута?

- а) 1 m; б) 50; в) 25 cm; г) 12,5 cm

14. На слици 6 приказан је лик свеће у оптичком сочиву. Лик ће се налазити у пресеку светлосних зрака који пролазе кроз тачке:

- а) А
б) В
в) С



Сл. 6

15. На слици 7 представљено је мешање боја и то:

- а) спектралних боја
б) пигментских боја
в) комбинација спектралних и пигментских боја

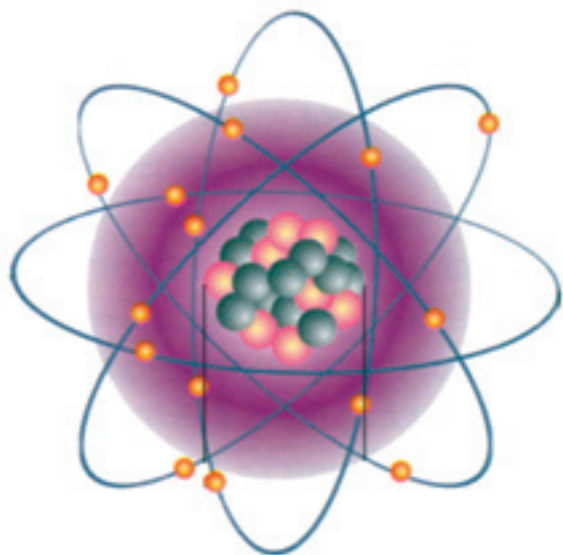


Сл. 7

16. Брзина светлости је највећа у

- а) дијаманту; б) води
в) ваздуху; г) вакууму.

АТОМСКА И НУКЛЕАРНА ФИЗИКА



1 Грађа атома. Изотопи

144

2 Радиоактивно зрачење

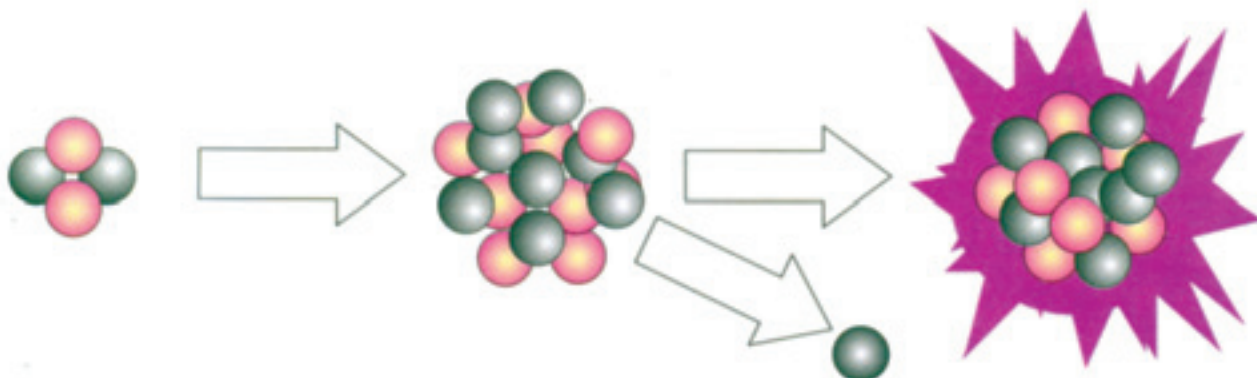
147

3 Откривање радиоактивног зрачења

151

4 Примена радиоактивног зрачења. Заштита од радиоактивног зрачења

153





Грађа атома. Изотопи

Према савременим сазнањима атом се састоји од позитивно наелектрисаног **језгра** (нуклеуса) и негативно наелектрисаних **електрона** који круже око језгра (електронски омотач).

Атомско језгро има сложену структуру. Оно је састављено од две врсте честица - **протона** и **неутрона**, са приближно истом масом. Протони и неутрони се заједничким именом се називају **нуклеони**. Један протон или један неутрон има 1840 пута већу масу од масе електрона.

Значи атом садржи три врсте честица: **протони и неутрони у језгру, и електрони**, који стално круже око језгра. Протони и електрони имају исту количину наелектрисања, али са супротним знаком. Протони су позитивно, а електрони су негативно наелектрисане честице, док су неутрони без електричног набоја.

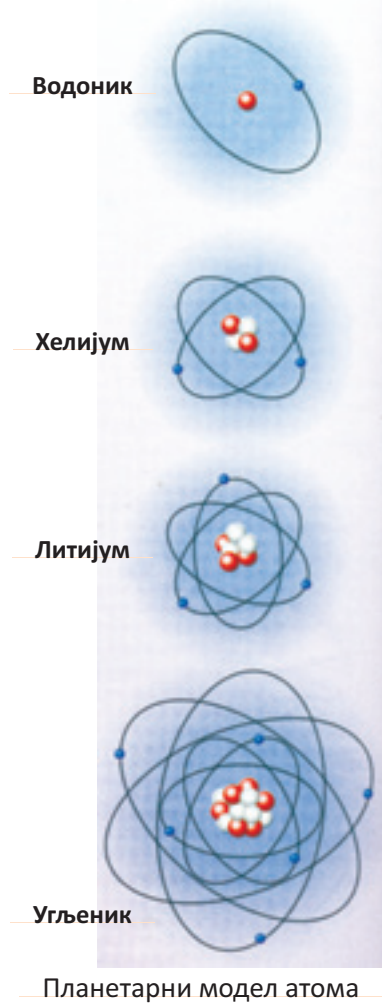
Количина наелектрисања протона или електрона је најмања количина наелектрисања која се сусреће у природи и назива се **елементарна количина наелектрисања**.

У унутрашњости атома делују привлачне силе - позитивно наелектрисано језгро и негативно наелектрисани омотач се привлаче између себе, међутим, велика брзина којом се крећу електрони спречава их да “падну” на атомско језгро (тако се одржава стабилност атома). Ово подсећа на Сунчев планетарни систем. Атомско језгро одговара Сунцу, а електрони у омотачу планетама. Електрони се крећу око језгра по одређеним кружним путањама (орбитама), слично као што планете круже око Сунца. Кретање планета је условљено гравитационом силом Сунца, а кретање електрона електричном силом атомског језгра. Зато се овај модел атома често назива **планетарни модел атома**.

Структура атома неких хемијских елемената - атом водоника, који је по структури најједноставнији атом, састоји се од једног протона у језгру и једног електрона у омотачу и као целина је електронеутралан. Атом хелијума има два протона и два неутрона у језгру, а три електрона у омотачу итд.

Из наведених примера се види, а то важи за све атоме, да је **број протона у језгру једнак броју електрона у електронском омотачу**, зато је сваки атом електронеутралан.

Међутим, у природи су могући процеси код којих се од електронеутралног атома одвајају један или више електрона. Одвојени електрони се називају **слободни електрони**, а они који су остали називају се **позитивни јони**. Дешава се и обрнут процес. Неки од слободних електрона могу да уђу у састав електронског омотача атома. Тако настају **негативни јони**.



Сл. 1.1

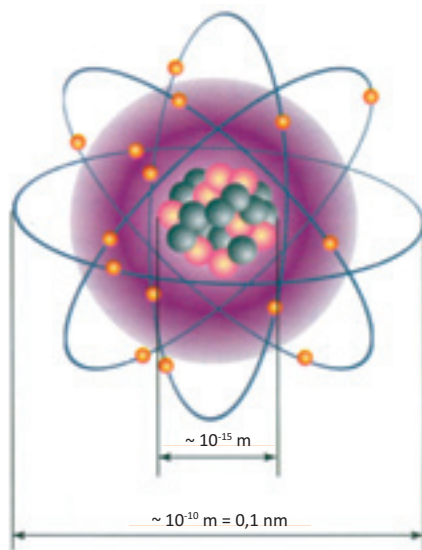
Приликом процеса одвајања електрона - јонизације, не мења се ни број протона ни број неутрона у језгру, већ се мења број електрона у омотачу.

Димензије атома и језгра

Пречник језгра је из реда 10^{-15} m, а атомски омотач око 10^{-10} m (сл. 1.2). Значи, пречник језгра је око 10^{-5} m (100 000) пута мањи од пречника атома.

Може да се добије боља представа о димензијама атомског језгра из следећег упоређивања: радијус протона (језгро водониковог атома) је приближно толико пута мањи од сантиметра, колико пута је сантиметар мањи од растојања од Земље до Сунца (око $150 \cdot 10^6$ km).

Број протона у језгру је основна карактеристика сваког атома, зове се **редни број** (атомски број) и најчешће се обележава са Z . Укупни број протона и неутрона, у језгру, назива се **масени број**, и обележава се са A .



Сл. 1.2

масени број = број протона + број неутрона

За наведене примере (сл. 1.1), Z и A су: за водоник $Z = 1$ и $A = 1$, за хелијум $Z = 2$ и $A = 4$ итд.

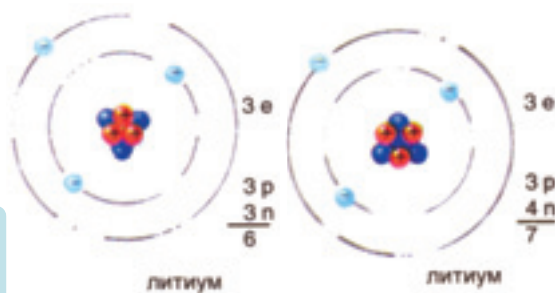
Ознаке за атоме (односно њихова језгра) садрже хемијски знак из Периодичног система елемената (X), редни број (Z) и масени број (A). Уобичајено је да се масени и редни број пишу са леве стране ознаке хемијског елемента (${}^A_Z X$).



Изотопи

Постоје случајеви у атомским језгрима да један исти елемент има исти број протона, а различити број неутрона.

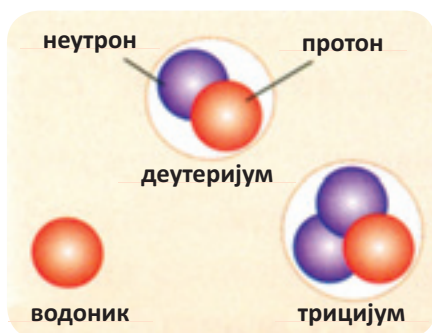
Атоми једног истог хемијског елемента који имају исти број протона, а различити број неутрона и који имају скоро исте хемијске особине и исто место у периодичном систему елемената (исти редни број), а различиту атомску масу, називају се **изотопи**.



Сл. 1.3

Већина хемијских елемената имају два или више изотопа.

Као пример изотопа узећемо хлор. У периодичном систему хлор има редни број 17. То значи да у језгру његовог атома има 17 протона. Међутим, атомска маса хлора је 35, што значи у језгру има 18 неутрона ($17 + 18 = 35$). Постоји хлор чији масени број је 37, што нам указује да у атомском језгру има 20 неутрона ($17 + 20 = 37$).



Сл. 1.4

Изотопи водоника имају сопствена имена. Водоник има три изотопа: обичан водоник, деутеријум и трицијум (${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$).

Кисеоник има три изотопа: ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$, олово има чак десет изотопа итд.

Пример

Природни уран има два изотопа: уран - 238 и уран - 235. Колико неутрона има у језгрима тих изотопа?

$$N = A - Z$$

$$N_1 = 238 - 92 = 146 \text{ неутрона}$$

$$N_2 = 235 - 92 = 143 \text{ неутрона}$$

Изотопи су нашли велику примену у индустрији, медицини и у производњи атомске енергије.

Између протона у језгру делује одбојна електрична сила. Одбијање је толико велико због тога што би ова сила за веома кратко време разорила свако језгро атома у природи. Међутим, то се ипак не дешава зато што између нуклеона у језгру делују **нуклеарне силе**. Нуклеарна сила је привлачна и око стотину пута јача од електричне силе. Нуклеарна сила делује између протона и протона, неутрона и неутрона, али и између протона и неутрона.

Нуклеарне силе не зависе од наелектрисаности нуклеона.

Деловање нуклеарних сила се не примећује у свакодневном животу зато што оне, за разлику од електричних сила, делују само на веома мала растојања (из реда 10^{-15} cm). Значи, оне делују само у унутрашњости атомског језгра и обезбеђују његову релативну стабилност.



Одговори на питања

1. Од чега је састављено атомско језгро?
2. Шта је редни број (атомски број), а шта је масени број?
3. Зашто се протони не разлећу из атомског језгра?
4. Шта су изотопи?
5. Какав је редни број, а каква је атомска маса код изотопа?
6. Какво наелектрисање имају протони, а какво електрони и да ли се та наелектрисања разликују по величини?
7. Колико протона, електрона и неутрона имају атоми уранијума ${}^{238}_{92}\text{U}$ и радијума ${}^{226}_{88}\text{Ra}$?

Радиоактивно зрачење

Природна радиоактивност

Године 1896 француски физичар Анри Бекерел, вршећи експерименте са урановим солима, открио је да оне емитују невидљиво зрачење које проузрокује поцрњење фотографског папира. Овакво својство показује и чисти уран, торијум и неки други елементи. Ова спонтана емисија зрачења назива се **радиоактивност**.

Елементи који зраче сами од себе називају се **радиоактивни елементи**, зраци који се добијају називају се **радиоактивни зраци**, а сама појава **природна радиоактивност**.

Физичари који су радили на овим експериментима су закључили да споменуте супстанце увек емитују зраке без било каквог спољашњег утицаја (температура, притисак и друго).

Каснија испитивања, нарочито она које су вршили Марија Склодовска - Кири и Пјер Кири, показала су да је радиоактивност код минерала које су испитивали условљена присутном количином уранијума (U) или торијума (Th). Али, констатовали су да је код неких минерала радиоактивност толико велика да може да се објасни само постојањем неког новог, дотад непознатог елемента, који су они назвали радијум (Ra). Касније су открили још један радиоактиван елемент, коме су дали име полонијум (Po).

Показало се да невидљиво зрачење има велики број необичних својстава:

- врши јонизацију у средини кроз коју пролази;
- проузрокује луминисценцију (код лиминисцентних супстанци);
- делује на фотографске материјале;
- показује биолошко дејство;
- хемијско дејство (под дејством зрачења шећер добија браон боју, дијамант прелази у графит, кисеоник у озон);
- има велику продорност итд.



међународни знак
радиоактивности

Сл. 2.1



Марија и Пјер Кири

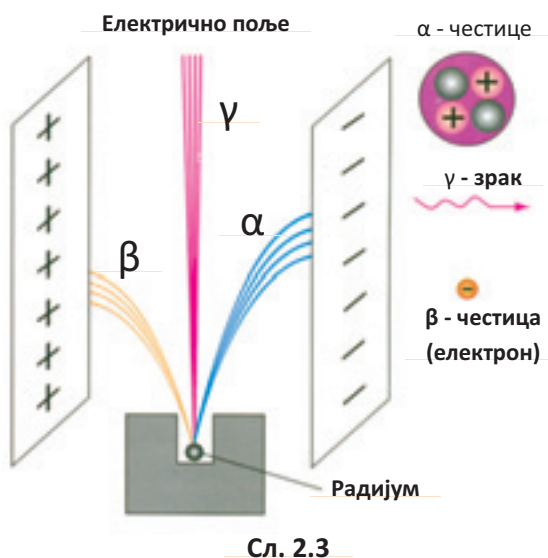
Сл. 2.2



Констатујмо:

Радиоактивност је својство атома неких елемената приликом чега спонтано (без спољног утицаја) атомска језгра се распадају прелазећи у језгра других елемената и притом се емитује зрачење.

Зрачење, због својства да проузрокује јонизацију у средини где пролази, обично се назива и **јонизирачко зрачење**.



Испитивања су показала да радиоактивно зрачење није једнородно. Да би се утврдила његова истинита природа вршени су експерименти са којима се прати понашање у електричном и магнетном пољу. Типичан експеримент је овај: Мала количина неког радиоактивног препарата - *Ra* постављена је у оловну кутију са малим отвором *O* кроз који излази зрачење, док је у другим правцима оно апсорбовано из оловних зидова. На изласку из кутије постављене су две металне плоче наелектрисане супротном врстом наелектрисања, тако да између њих постоји снажно електрично поље. У продужетку се поставља неки уређај који може да региструје зрачење. Такви уређаји се називају **детектори**. Један од њих је фотографска плоча, која се прво излаже зрачењу, затим се развија и разгледају се трагови зрачења, тако да може да се констатује да се радиоактивно зрачење које емитује радиоактивна супстанца поделило на три дела.

- Према негативно наелектрисаној плочи су се отклонили позитивно наелектрисани зраци, названи **α (алфа) - зраци**.

- Према позитивно наелектрисаној плочи су се отклонили негативно наелектрисани зраци, названи **β (бета) - зраци**.

- Зраци који се нису отклонили названи су **γ (гама) - зраци**, било је очигледно да нису наелектрисани.

Даљим испитивањима утврђено је следеће:

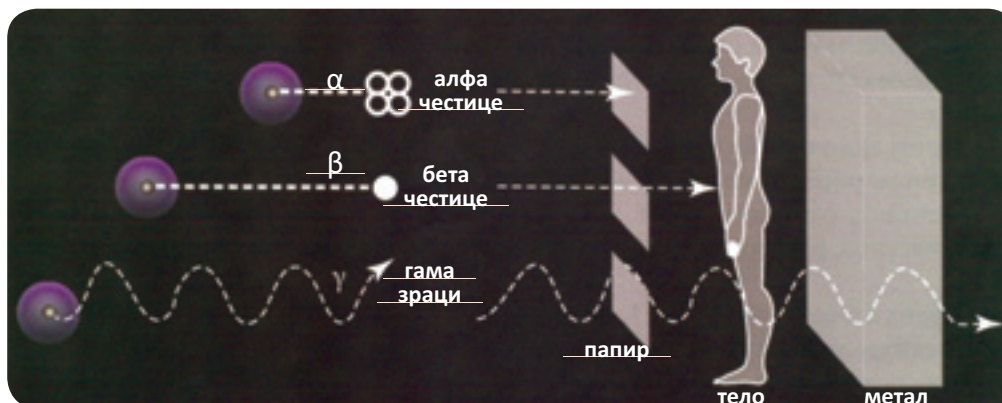
α - зраци су језгра атома хелијума, односно они садрже два протона и два неутрона. Зато се они понекад називају **α - честице**. Њихова позитивна наелектрисаност долази од наелектрисаности два протона. Они из атома излазе великом брзином, али се у ваздуху брзо успоравају. Нису продорни, заустављају их неколико листова папира, кожа или неколико сантиметара ваздуха.

β - зраци су брзи електрони и називају се **β - честице**. Могу да пролазе кроз 20-30 сантиметара ваздуха и кроз танке металне листове. Такође продиру и кроз кожу.

γ - зраци су електромагнетни таласи, као и светлосни, али са веома мањом таласном дужином (великом фреквенцијом), зато је енергија веома велика. Ови зраци су најпродорнији. Пролазе неколико метара ваздуха, продиру кроз дебеле металне листове - осим кроз олово које их зауставља. Они могу да продру дубоко у човеково тело, γ - зраци су електронеутрални.

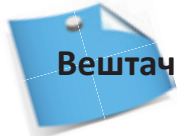
Сви ови зраци, кад пролазе кроз човеково тело, могу да проузрокују много штетних биохемијских реакција.

Продорност ових радиоактивних зрака најбоље је објашњена на слици 2.4.



Сл. 2.4

Радиоактивни извори, када нису у употреби, се чувају у оловним кутијама са дебелим зидовима, при чему се зраци апсорбују у зидовима кутије. За чување α и β радиоактивних извора могу да се користе кутије од пластичне масе или алуминијума, будући да њихова зрачења нису толико продорна као зрачење α - извора.

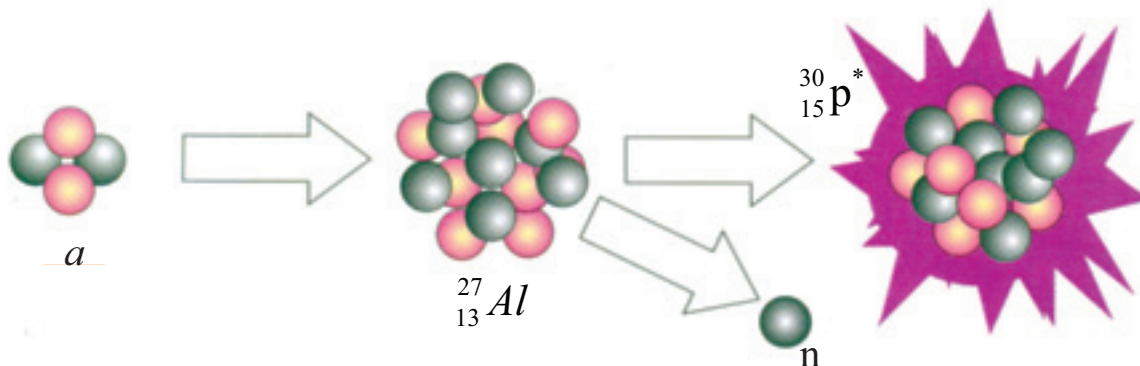


Вештачка радиоактивност

Ирена Жолио - Кири и Фредерик Жолио - Кири су 1934 године, вршећи експерименте са бомбардовањем више лаких језгара (алуминијум - Al , магнезијум - Mg , бор - B друге) приметили да бомбардована супстанца продужава да зрачи и након што се одстрани извор α - честица. Ово је значило да се добијају **радиоактивни изотопи** од елемената који су у природи стабилни. Појава је названа **вештачка радиоактивност**.

Ове нуклеарне реакције симболично се дају у форми: $A + a \rightarrow B + b$ или $A(a, b)B$, где су A и B почетно и коначно језгро, док су a и b полазна (честица "пројектил") и коначна честица у реакцији.

Као "пројектили" за проузроковање нуклеарне реакције могу да се користе α - честице, β - честице (електрон), протон, неутрон и друге честице.



Сл. 2.5

Претварање (преименовање) стабилних атомских језгара у нестабилна језгра подложна радиоактивном распадању назива се вештачка радиоактивност.

Ирена и Фредерик Жолио - Кири су α - честицама бомбардовали језгра атома алуминијума и добили су радиоактивни изотоп фосфора и један неутрон (сл. 2.5).

Изотоп фосфора се даље распада и прелази у стабилан изотоп силицијума.

Приликом радиоактивног распадања нестабилна атомска језгра се трансформишу у релативно стабилна и ослобађа се енергија. Значи, број радиоактивних атома се смањује, смањује се и интензитет зрачења тог извора. За сваку врсту радиоактивних атома карактеристична је величина названа **период полураспадања**.

Период полураспадања је време за које се почетни број атома неког радиоактивног елемента смањује на пола. Обично се обележава са T .

Након два периода полураспадања остаје још једна четвртина нераспаднутих језгара, након три - осмина, након четири - шеснаестина итд. Сваки радиоактивни изотоп има карактеристично време полураспадања на које не може да се утиче спољним деловањем (распадање не може да се убрза, успори или заустави).

Радиоактивна језгра се распадају, спонтано, сами од себе.

Вештачка радиоактивност, односно радиоактивни изотопи, све више налазе примену у науци и техници, посебно у медицини за лечење малигних обољења.

Под дејством радиоактивног зрачења мењају се физичка, хемијска и биолошка својства средина кроз које пролазе.

У процесу јонизације, као што је познато, од неутралних молекула и атома настају јони и слободни електрони.

Број јона по јединици дужине пут назива се **специфична јонизација**. Највећа је код α - честица, мања је код β - честица, а најмања је код γ - честица.

Радиоактивно зрачење, јонизирајући молекуле и атоме у живим организмима, доводи до промена у ћелијама при чему се смањује њихова нормална функција, због чега долази до нарушивања здравља човека.

Енергија зрачења, коју је апсорбовала нека средина, има главну улогу за било какве промене које настају у тој средини.

Деловање радиоактивног зрачења неке супстанце карактерише се величином **апсорбоване дозе зрачења или дозе озрачења**.

Величина чија вредност је одређена односом апсорбоване енергије зрачења и масе озрачене супстанце назива се **апсорбована доза зрачења или доза озрачења**.

Ако се за енергију узме 1 J, а за масу 1 kg, тада је јединица апсорбоване дозе у SI је G_y (**греј**):

$$G_y = 1 \frac{J}{kg}.$$

Доза од 1 G_y је присутна кад у сваком килограму масе озраченог материјала, јонизирачко зрачење уноси енергију од једног џула.

У живим организмима иста доза различитих врста зрачења има различите ефекте, због тога, за одређивање степена озрачења користи се такозвана еквивалентна доза. Мери се јединицом мером - **сиверт (S_v)**, и изражава се на исти начин у $\frac{J}{kg}$. $\left(1 S_v = 1 \frac{J}{kg} \right)$

Ова јединица је уведена да би се разликовало биолошко деловање одређеног зрачења од енергетских карактеристика дозе дате у јединици греј (G_y).

Апарати за мерење дозе радиоактивног зрачења (као и било које јонизирачко зрачење) називају се **дозиметри**.



Откривање радиоактивног зрачења

За регистровање (откривање, детекцију) радиоактивних зрака конструирано је више врста уређаја, чији принцип рада се базира на неким од њихових својстава, као на пример, јонизирачко деловање на фотографску плочу, способност да проузрокују луминисценцију (сијање) кад падну на неки луминисцентан материјал и друго.

Уређаји (детектори) за откривање радиоактивних зрака имају за задатак да изврше појачање јонизирачких ефеката до потребног нивоа, како би могли уз помоћ наших чулних органа да их забележимо.

Фотографска емулзија

И само откривање радиоактивности било је направљено путем фотографске емулзије - изложена зрачењу она црни. Касније је откривено да на фотографској емулзији радиоактивне честице које су прошле остављају траг у облику микроскопских црних тачака (сребрна зрна). Да би се добили јасни трагови, емулзије је требало усавршити, требало је направити дебље емулзије, са повећаним процентом сребро бромида AgBr.



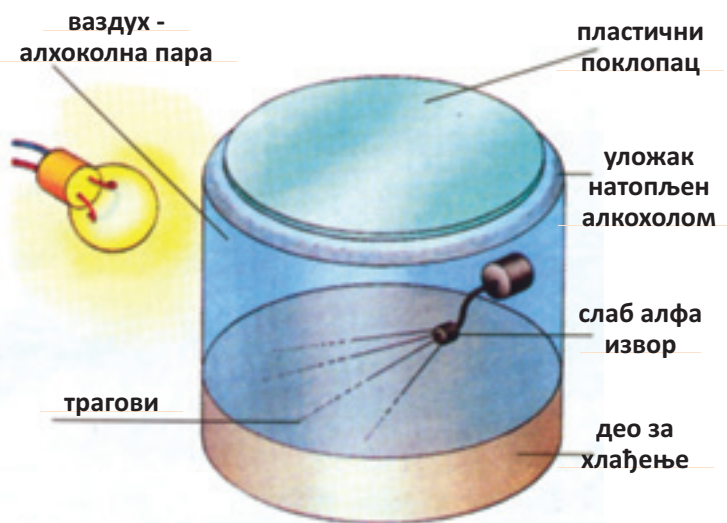
Сл. 3.1

Према изгледу и дужини трагова, као и растојању између зрна, може да се утврди којим честицама припада. Из трагова може да се оцени величина наелектрисања и енергија која је имала честицу. На једној истој нуклеарној емулзији може да се добије више трагова чије испитивање може дати податке о карактеристичним атомским процесима, распадању, сукобима које је направила честица итд.

Вилсонова комора

Вилсонова комора је уређај за детекцију јонизирачког зрачења.

Ова комора се користи за проучавање α - честица. У њој можете да видите трагове α - честица. Комора има хладну алкохолну пару помешану са ваздухом. α - честице врше јонизацију и око створених јона се кондензује пара. Тамо где је прошла α - честица може да се види линија од ситних капи. Трагови показују да α - честице у ваздуху имају домет од само неколико сантиметара.



Сл. 3.2

Информације које могу да се добију из трагова у комори су следеће:

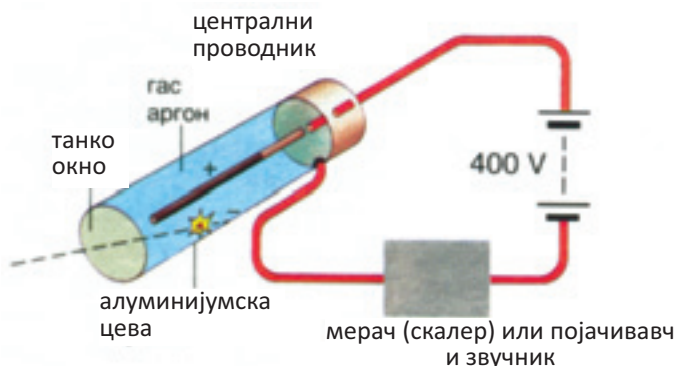
- утврђује се број честица и правац њиховог кретања;
- према домету се одређује енергија;
- према закривљености путање кад је комора у магнетном пољу одређује се наелектрисање честице и њеног импулса.

Гајгер - Милеров бројач

То је веома ефикасан и економичан уређај који се често користи. Са њим се врши детекција радиоактивног зрачења, али не и идентификација (која врста зрачења је детектирана).

Типична конструкција Гајгер - Милеровог бројача је следећа: у цеви од метала или стакла (на стакло, на унутрашњој страни се наноси танак металан слој) кроз средину је затегнута танка (дијаметар 0,02 - 0,05 mm) метална

жица, која је изолована од цеви са изолатором. Жица је анода, а метална цев је катода. Између њих је прикључен високи напон. На предњем делу цилиндра налази се танак прозорчић кроз који могу да прођу радиоактивни зраци. Цев је испуњена гасом или смесом од гасова.



Окно на крају цеви је доста танко, чак и α - честице могу да прођу кроз њега. Ако α - честица уђе у цев она је јонизирала гас у цеви. Због тога се ствара искра са високим напоном која проузрокује протицање краткотрајне струје у колу.

β - честица или талас γ - зрака би имали исти ефект.



Гајгер - Милеров бројач може да се повеже са:

Мерачом. Игла показује одбројавање у секундама. Ако се у цеви открију 50 алфа честица, показују се 50 одбројавања у секунди.

Скалером. Он показује укупан број честица или γ - зрака који улазе у цев.

Појачивачем или **звучником.** Звучник даје сигнал ("клик") увек када честица или талас γ - зрака улази у цев.

Примена радиоактивног зрачења Заштита од радиоактивног зрачења

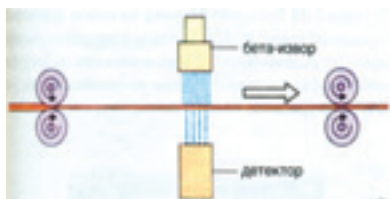
Примена радиоактивног зрачења

Релативно једноставно добијање вештачких радиоизотопа је омогућило њихову широку примену у науци и практичној дејности. Користе се у физици, техници, медицини, биологији, земљорадњи итд.

Зависност апсорпције зрачења од дебљине и састава материјала искоришћена је у индустрији и техници за откривање дефеката у материјалима. На металну траку пада сноп β - честица, чија пробивност кроз лим зависи од његове дебљине (сл. 4.1). Ако детектор прими више честица значи да је лим ту танак и обратно.

Други пример “гледања” кроз челик (сл. 4.2):

γ - зраци се користе за снимање заварених места код метала. Овде је извор γ - зрака унутра, у цеви. Радиографски филм се обавија са спољне стране цеви.



Сл. 4.1



Сл. 4.2

У медицини радиоизотопи се користе за дијагностичку и терапеутску намену.

У оба случаја се користи својство селективне апсорпције радиоизотопа у здравом или оболелом ткиву или органу.

Њихово зрачење које се прати и контролише има лековито дејство. Користи се за:

- Лечење поремећаја рада тироидне жлезде коришћењем радиоактивног изотопа јода-131;
- Дијагностицирање тумора у мозгу и других обољења;
- Дијагностицирање кардиоваскуларних обољења;
- Лечење рака третманом зрачења кобалтом-60 приликом чега се уништавају оболеле ћелије;
- Уништавање карценогених ћелија (сл. 4.3). Са овим уређајем се концентришу γ -зраци на оболеле ћелије на само једном малом делу тела.

За прегледање груди радиоактивним гасом пацијент удише малу количину радиоактивног гаса криптона (сл. 4.4). На екрану се посматра кретање гаса, а затим се поставља и дијагноза.

Помоћу радиоактивних изотопа се прате токови подземних вода, евентуални пропусти на бранама хидроцентрала и друго.

У земљорадњи се примењују за обележавање неких састојака вештачких ђубрива да би се утврдиле оптималне количине које су потребне.



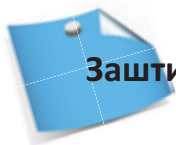
Сл. 4.3



Сл. 4.4

Изотоп угљеника-14 користи се за проучавање фотосинтезе и других процеса код биљака.

Радиоизотопи се користе као извори енергије за напајање малих уређаја и инструмената где другачије то није могуће. Њихова енергија се претвара у топлоту, а затим у електричну струју. То су такозване атомске батерије које трају више година.



Заштита од радиоактивног зрачења

Радиоактивно зрачење је опасно. Опасно је радити са радиоактивним супстанцама или им се приближавати без одговарајуће заштите.

Радиоактивно зрачење, приликом преласка кроз супстанце, врши јонизацију атома и молекула, због чега долази до промене њихових хемијских активности. Ако овакво зрачење пролази кроз живи организам (човеков организам - човеково тело), то у ћелијама проузрокује различите промене и оштећења.

Ако се акумулише већа доза зрачења у организму се јавља **радијациона болест** при чему настаје тровање организма и губљење одбрамбене моћи због оштећења имунолошког система, унутрашњих жлезда, коскене сржи и крвних састојака. У најтежим случајевима долази до смрти. Посебно је опасно ако радиоактивни препарат уђу у организам преко дисања, преко рана, гутањем итд.

Интензивно α и β - зрачење које проузрокује значајну јонизацију у ћелијама живог организма прво проузрокује тешке изгоретине, оштећења очију, коже, опадање косе, општу слабост, повраћање.



Сл. 4.5

γ - зраци, који се веома продорни, уништавају ћелије у унутрашњости организма. Зато је за руковање радиоактивним изворима потребна посебна обука, заштита и радна дисциплина.

Утврђено је да релативно слабо зрачење, чија енергија код потпуне апсорпције смањује температуру човековог тела за око 0,0010C, може да проузрокује осетне повреде ћелија, због којих се нарушава њихова нормална функција. Ако зрачење буде интензивније може да се деси да све живе ћелије изумру. Опасност од озрачења је утолико већа што то не проузрокује болове приликом изумирања организма.

Због свих ових опасности, за руковање радиоактивним изворима потребна је посебна обука, заштита и радна дисциплина.

Због заштите становништва, али и људи који су непосредно ангажовани радом са јонизирачким зрачењем, прописане су строге мере којих сви треба да се придржавају. Најважније је да се зна да без веће потребе није препоручљиво да се људи излажу зрачењу (терапија радиоизотопима, рендгенска снимања, а посебно поновљена снимања, задржавање у просторијама где има зрачења итд.).

Будући да радиоактивно зрачење делује, пре свега штетно на човеков организам, поставља се питање колика је максимална доза коју може да прими човеков организам а да притом нема штетне последице по њега.

Одређене су максималне дозе за различите категорије становништва и различите професије.

Количина радиоактивног зрачења или количина енергије коју ослобађа то зрачење у некој материјалној средини назива се **радиоактивна доза D**. Уређаји који служе за мерење радиоактивне

дозе називају се **дозиметри**. Дозиметри су најчешће минијатурне јонизацијске коморе. Израђују се претежно у облику налив пера у својству личних дозиметара. Најчешће их користе радници који раде у нуклеарним погонима, институтима, у индустрији која употребљава радиоактивне материјале, као и у свим другим случајевима где радници могу да дођу у контакт са радиоактивним зрачењем.

Данас, у општем случају, се сматра да нема безопасне дозе, свака носи одређени ризик и зато треба да се избегава излагање јонизирачким зрачењима.

Задаци

1. Одреди састав ${}^{238}_{92}\text{U}$; ${}^A_Z\text{X}$.

$Z = 92$ - у језгру има 92 протона; $A = 238$; $A - 92 = 238 - 92 = 146$ - број неутрона

2. Језгро сребра има масени број 108. Уколико је број неутрона у овом језгру 61, одреди број електрона у омотачу атома сребра. $A = 108$; $A - Z = 61$.

Ако је познат масени број и број неутрона, лако се одређује број протона у језгру. $Z = A - 61 = 47$.

Ако је атом у нормалном (неутралном) стању, број електрона у омотачу је једнак броју протона у језгру. Значи, у омотачу има 47 електрона.

3. Ако је почетни број радиоактивних језгара 800000, колико језгара ће се распасти за време од три полупериода за дат елемент.

Познато $N_0 = 800000$, $t = 3T_{1/2}$; Тражи се број распаднутих језгара.

У првом полупериоду ће се распасти $N_1 = \frac{1}{2}N_0$; У другом полупериоду $N_2 = \frac{1}{2}N_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}N_0\right) = \frac{1}{4}N_0$;

У трећем полупериоду $N_3 = \frac{1}{2}N_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{4}N_0\right) = \frac{1}{8}N_0$. Укупни број распаднутих језгара за време од три полупериода је $N = N_1 + N_2 + N_3 = \frac{1}{2}N_0 + \frac{1}{4}N_0 + \frac{1}{8}N_0 = \frac{7}{8}N_0 = \frac{7}{8} \cdot 800000 = 700000$.

За дато време ће се распасти 700000 језгара.



Реши задатке

1. Молекула воде (H_2O) се састоји од два атома водоника и један атом кисеоника. Колико електрона има у молекули воде.

2. Колико неутрона има у језгру ${}^{202}_{82}\text{Pb}$:

а) 82; б) 202; в) 160; г) 120?

3. Који је састав језгра изотопа кобалта са атомским бројем 27 и масеним бројем 59?

4. Које радиоактивне честице (α или β) имају већу масу?

5. Језгро ${}^A_Z\text{X}$ емитује једну α и три β честица, приликом чега настаје језгро ${}^{A_1}_{Z_1}\text{Y}$. Одреди редни и масени број језгра Y ?

6. За колико времена се првобитни број радиоактивног језгра (N_0) смањује на $\frac{1}{4}N_0$? Период полураспадања је 15 дана.

Тест (Атомска и нуклеарна физика)

1. Атомско језгро је састављено од:
 - а) протона и неутрона
 - б) протона и електрона
 - в) неутрона и електрона
 - г) протона, електрона и неутрона
2. Изотопи се називају атоми једног истог хемијског елемента који имају:
 - а) једнак број протона, различити број неутрона
 - б) различит број протона, једнак број неутрона
 - в) различит број неутрона, једнак број протона
 - г) једнак број неутрона, различит број електрона.
3. Нуклеони се називају:
 - а) електрони и протони
 - б) протони и неутрони
 - в) јони и електрони
 - г) неутрони и јони.
4. У атомском језгру нема:
 - а) протона б) електрона
 - в) енергије г) неутрона
5. Колико електрона има атом елемента алуминијума са масеним бројем 27 и редним бројем 13?
 - а) 40 б) 27 в) 20 г) 13
6. Приликом које врсте зрачења се не мења масени број?
 - а) α ; б) β ; в) γ ; г) нема такво зрачење,
7. Изотопи водоника су са масеним бројем 1, 2, 3. Колико неутрона има у језгру сваког од њих?

а) 1, 2, 3	б) 0, 1, 2
в) 1, 2, 2	г) 1, 1, 1
8. Колико неутрона има у атому $^{238}_{92}\text{U}$?
 - а) 46 б) 92 в) 146 г) 192
9. Колико електрона садржи један атом кисеоника? ($Z = 8, A = 18$).
 - а) 8 б) 10 в) 18 г) 26
10. Деутеријум и трицијум су:
 - а) различити хемијски елементи
 - б) исти хемијски елементи
 - в) изотопи водоника
 - г) изотопи кисеоника.
11. Које честице имају највећу продорну моћ?
 - а) α - честице
 - б) β - честице
 - в) γ - зрачење
 - г) три врсте исте моћи.
12. Која од набројаних честица има највећу масу?

а) електрон	б) протон
в) α - честице	г) неутрон.
13. Период полураспадања радијума је $T_{1/2} = 1600$ година. Након колико година ће се смањити за четири пута?
 - а) $t = 320$ години б) $t = 2500$ години
 - в) $t = 3200$ години г) $t = 250$ години.
14. Које језгро хемијских елемената на које је указано има 7 протона и 9 неутрона?

а) $^{14}_7\text{N}$;	б) $^{15}_7\text{N}$;
в) $^{16}_7\text{N}$;	г) $^{17}_7\text{N}$.

Решења задатака

Електричне и магнетне појаве

1. Привући ће их.
2. Статичан.
4. Негативно.
5. Истовремено да се приближе електроскопу. 6. Ако се одбијају.
7. Нетачни.

1. Електрично поље.
2. Електрони и јони.
3. Наелектрисање електрона.
4. 1 С.

2. 2 А. 3. 6).
4. 9 А. 5. а).

2. Не. 3. Затворено коло.
4. Прекид кола.
5. Кретање кроз извор.
6. Прекинуто коло.

3. Грејач. 4. Загрејаће се.
6. Усијани гасови.
7. Издвајање гасова.

1. 3,6 V ; 18 V; 24 V.
3. Напон 1,2 V.
6. 0,1 V. 7. Смањује се.

1. 2,58 kΩ; 800 Ω; 40 000 Ω;
1200 MΩ. 3. а) повећава се 4 пута б) смањује се 3 пута в) смањује се 5 пута.

1. 0,25 А
2. Да; $R_1 = 25 \Omega$; $R_2 = 50 \Omega$.
3. $R_{Fe} = 0,5 \Omega$; $R_{Con} = 50 \Omega$.

2. Паралелно; $R_1 = 2,4 \Omega$;
 $R_2 = 0,6 \Omega$. 3. $R = 4,5 \Omega$.
4. $R_1 = 100 \Omega$; $I = 2,2 \text{ A}$.

1. 4 микрофарада.
2. Вишак прихвата кондензатор.
3. Не, разелектрисаће се.
4. Зато што се повећава активна површина „S”

1. $I = 7 \text{ A}$. 2. $I = 9,1 \text{ A}$; 4,5 kWh.
3. $P = 30,4 \text{ kW}$; $U = 380,6 \text{ V}$.
4. 7,5 kWh. 5. $P = 1000 \text{ W}$.
6. $P = 0,6 \text{ W}$. 7. $P = 36 \text{ W}$.
8. $P = 0,0016 \text{ MW}$. 9. $P = 101,2 \text{ W}$.
10. $I = 4 \text{ A}$. 11. $P = 1,5 \text{ kW}$.

2. 100 mA. 4. До 5 mA.
5. Различита јачина.

1. Јаче је прилепљивање истог пола другог магнета, слаби привлачењем супротном полу другог магнета.

2. Растуриће се спајалице. 3. Зато што крајеви игала имају супротне магнетне половине. 4. Привлаче се на слици В, а одбијају се на слици А и С.
5. На доњим крајевима се образују истоимени магнетни полови.
7. а) онај који више истеже опругу; б) да, ако су издужења једнака.

Размисли и одговори (стр. 56)

1. Према положају магнетне игле се одређује смер линија сила магнетног поља, а правилном десне руке и смер струје. 3. Одређује се правилном десне руке. 4. б)
Размисли и одговори (стр. 61)

1. Сијалица ће опет сијати. 2. Магнетна игла ће се окренути. 3. в).
4. Калем са језгром гвозђа.
5. На блиским крајевима калема постоје истоимени магнетни полови и због тога се калем међусобно одбијају.
7. $B = 0,6 \text{ T}$. 8. б).
9. а) привлаче се; б) одбијају се.

1. а) 110 V; б) 11 V; в) 220 kV.
2. 48 навоја. 3. $I = 110 \text{ A}$.
4. $U_2 = 24 \text{ V}$.
5. 1,2 V; 120 V; 12 V;

Осцилације и таласи. Звук

1. А, трансвезален; Б, лонгитудинален. 2. а) Б; б) А; в) В.
3. а) $\lambda = 3 \text{ m}$; б) $f = 2 \text{ Hz}$;
в) $v = 4 \text{ m/s}$. 4. а) $f = 2 \text{ Hz}$; б) $v = 4 \text{ cm/s}$.

Светлост

1. Да; 2. Правопропорционално
3. Не. 6. Прозирно.
9. 0,14 h. 10. Не. 11. Не. 13. Да.
14. Затамњење Месеца. 15. Затамњење Сунца.

1. б). 2. б).
4. 7 m. 6. Да.

1. Огледала су различита.
2. Конвексно. 3. У фокусу.
4. Равно. 5. 5,13 cm. 6. 20 cm.

1. Не мења га. 2. Промена брзине. 3. Упадни угао, нула степени. 4. Однос брзина.
5. 1,81. 6. а) оптички гушћа; б) мења оптичку средину; в) 0,7.

1. Тотална рефлексија.
5. Гранични угао. 8. Зрак “3”.
13. г) Зрак “4”.

1. Континуиран; линијски.
2. б) Главни. 3. Љубичаста, црвена. 4. Различите брзине.

2. Тања. 3. 16,7 D. 4. 2 m.
5. а), 7. Реални. 8. 2F.
9. Имагинаран. 10. 30,3 cm.
12. а) и б) сабирна, а) и г) расипна.
14. До 12 пута.

1. Жута, црвена, зелена, црна.
2. Црвена и плава.
3. Љубичаста.

Атомска и нуклеарна физика

1. 10. 2. г) 120.
3. 27 протона и 32 неутрона
4. Алфа честице и то око
 $4 \cdot 1840$ пати. 5. $Z_1 = Z + 1$, $A_1 = A - 4$.
6. $t = 2 \cdot T_{1/2} = 2 \cdot 15 = 30$ дана.

Величине, јединице, појмови

А

алфа зраци
амперметар
амперова сила
амплитуда
анијон
анода
апсорпција
атом
атомска бомба

Б

батерија
бета зрачење
брзина

В

ватметар
везивање
вештачка радиоактивност
волт
волтамперски вакуум
волтметар

Г

гама зрачење
гасови
генератор
график
грејач
гром

Д

далековидост
далековод
деклинација
диода
диопртрија
диполи
дисоцијација
дозиметри
дужина
дурбин

Е

електрицитет
енергија
електричан напон
електрична струја
електролиза
електрично коло
електролит
електрода
електрохемијски
еквивалент
електрична искра
електрична цев
емисија
елонгација
еластичне средине
ехо
електрон
электромагнет

З

зеница
зрак
звук
звучни таласи

И

изолатор
извор струје
извор светлости
изолација
имагинаран
испаривач
индекс преламања
извор таласа
индукцијски генератор
инфра звук

Ј

јачина
јон
јонизација
јонизатори
језгро
јонизирачко зрачење
јужни пол
јачина струје

К

кондензатор
калориметар
кристал
катијон
катода
карактеристика
конкавно
конвексно
кратковидост
кулон
коефицијент размножавања
калем
комутатор
коллектори

Л

ланчана реакција
лик
Ленц
леће (оптичка сочива)
ласер
линије сила магнетног поља
лупа
лонгитудинални таласи

М

муња
микроскоп
масени број
магнет
магнетни меридијан
магнетни полови
магнетно поље

Н

наелектрисање
наочаре
недостаци ока
неутрони
нуклеони
негативни јони
нуклеарне силе
нуклеарна експлозија
нуклеарне централе
наизменична струја
нулти проводник

О

отпор
ом
отпорници
осигурач
омметар
огледало
одбијање
оптичка
окулар
око
објектив
осцилирање

П

попречни пресек
паралелно
појачивач
посматрање
проводник
полупроводник
пражњење
примесна
полупроводљивост
појаве
призма
преламање
плампаралелна плоча
периодично кретање
период осцилирања
протони
позитивни јони
планетарни модел
природна радиоактивност
позитрон
природни магнет
привремени магнети
перманентни магнети
примул

Р

рад
рекомбинација
раван
рефлексија
растојање
рефлектори
реалан
расипна
редни број
радиоактивност
радиоактивни зраци

радиоактивни елементи
радиоактивни изотопи
радиоактивна болест
радиоактивна доза

С

специфичан отпор
супрапроводљивост
сијалица
струја
струјомер
сноп
сопствена
светлост
сунце
сфера
спектар
сферни
сабирни

Т

таласно кретање
таласна дужина
тотална рефлексија
тубус
течности
термоелектронска емисија
транзистор
трансмисија
табела
термометар
триода
трансверзални таласи
трофазни

У

угао
ултразвук

Ф

фотон
фокус (жижа)
фарад
Фарадеј
фокусно растојање
фреквенција
фотографска емулзија
фискони фрагменти
фаза
фазни проводници

Ц

цепане језгра

Ч

чип

Ш

шема
шупљина