

МИЛАН О. РАСПОПОВИЋ

БОГДАН Д. ПУШАРА

ФИЗИКА 8

СА ЗБИРКОМ ЗАДАТАКА, ЛАБОРАТОРИЈСКИМ
ВЕЖБАМА И ТЕСТОВИМА

ЗА ОСМИ РАЗРЕД ОСНОВНЕ ШКОЛЕ



АрхиКњига - Завод за уџбенике

Рецензенти

Проф. др Драгомир Крпић, Физички факултет, Београд
Јовица Милосављевић, професор физике, Математичка гимназија, Београд
Ненад Головић, професор физике, ОШ „Милош Црњански”, Београд

Уредник

Татјана Бобић

Одговорни уредник

Слободанка Ружичић

За издавача

Др. Милорад Марјановић, в. г. директор

Министар просвете Републике Србије решењем број 650-02-00204/2020-07
од 02. 11. 2020. године одобрио је издавање и употребу овог уџбеника у
8. разреду основне школе.

ISBN 978-86-17-18285-2

© ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, Београд (2020)

© АРХИКЊИГА, Стара Пазова (2021)

ПОШТОВАНИ НАСТАВНИЦИ,

Уџбеник који је пред вама урађен је у складу са актуелним (коригованим) наставним планом и програмом. Тематске целине, као и појединачне теме, обрађене су по реду назначеном у програму.

Примењен је концепт по којем су урађени уџбеници физике за VI и VII разред основне школе аутора Милана О. Распоповића.

Обрађене су следеће тематске целине:

Осцилаторно и таласно кретање
Светлосне појаве
Електрично поље
Електрична струја
Магнетно поље
Елементи атомске и нуклеарне физике
Физика и савремени свет

Свака целина почиње обнављањем дела градива из претходног разреда значајног за стицање новог знања. Тиме се вертикално повезују наставни садржаји и омогућава се ученику да сагледа физику као кохерентну наставну дисциплину.

На основу одабраних примера из свакодневног живота и демонстрационих огледа, поступно се уводе нови појмови и величине. На основу резултата огледа долази се до дефиниција физичких величина и сагледава се њихова повезаност изражена кроз физичке законе. Закони се проверавају помоћу експеримената у којима се мере вредности величина. Тематска целина се завршава са систематизацијом и обнављањем пређеног градива.

Садржај уџбеника се повезује и конкретизује кроз поступно урађене квалитативне и квантитативне задатке. Претходно усвојено теоријско знање верификује се кроз самостално извођење лабораторијских вежби (обрађене према прописаном програму).

На крају сваке тематске целине налази се тест за проверу и (само)оценјивање знања.

Упутство за коришћење тестова дато је на почетку, а решење на крају књиге.

У уџбенику су обједињено изложени сви основни елементи наставе: теоријска предавања, демонстрациони огледи, квалитативни и квантитативни задаци, лабораторијске вежбе и тестови знања (до сада су постојале посебне књиге). Такав приступ омогућује ученику да сагледа физику као јединствену науку.

Настојали смо да уџбеник буде пријатељски настројен према ученику. Трудили смо се да ученика упутимо, да научи да учи, да више размишља него памти, да његово знање не буде формално него активно и да служи као основа за стицање нових знања и решавања практичних проблема.

Аутори

УПОТРЕБА ТЕСТОВА

Основне предности ових тестова су: поуздана и објективна оцена квантитета и квалитета знања. Они треба да помогну да стекнете јасну представу о свом знању уз изграђивање једног критичног односа према том знању. Зарађена оцена ће задовољити своју информациону и мотивациону улогу, и подстаћи вас више на размишљање него на памћење.

Тестови у уџбенику садрже задатке – питања различитих облика:

а) Задатке – питања са више понуђених одговора. Само један одговор је тачан. Заокружујете онај који сматрате тачним. У случају да не знате да решите задатак, заокружујете слово н (не знам).

б) У задацима – питањима понекад недостају неке речи које треба да унесете на предвиђена места.

в) Постоје задаци којима се упоређују вредности физичких величина изражене у различитим мерним јединицама. У празан кружнић уписују се знакови: веће (>), мање (<) и једнако (=).

г) У тестовима има и задатака – питања у којима се тражи прелазак од табеларних података на графички приказ зависности једне од друге величине (најчешће од времена).

Код сваког задатка – питања у „кућици“ је уписан број поена.

Максималан број поена у сваком тесту знања је 100.

На основу укупног броја зарађених поена, користећи приложену табелу, добијете оцену теста самооценјивања.

Број поена	Оцена
0 – 20	1
21 – 40	2
41 – 60	3
61 – 80	4
81–100	5

За већину задатака – питања постоје решења или одговори, али због посебног задовољства, подстицања мисаоне активности и стицања самопоуздања, најпре сами покушајте да дођете до решења (одговора), како би процена вашег знања, као и оцена, били што објективнији.

ПОДСЕТИМО СЕ ГРАДИВА ИЗ СЕДМОГ РАЗРЕДА

Драги ученици,

После летњег распуста поново се враћате у школу. У току лета имали сте разне области интересовања и занимања. У већини случајева физика (као и остали наставни предмети) била је запостављена. Свако стечено знање подложно је забораву. Стога је потребно обновити прошлогодишње градиво, делове који су од посебног значаја за даље изучавање физике.

- **Сила је мера узајамног деловања (интеракције) тела.** Конкретније: **сила је узрок промене стања кретања, промене брзине (појаве убрзања) тела или деформације (промене облика и димензија) тела.**

У једноставном облику израз за интензитет силе је:

$$F = ma$$

Интензитет сile једнак је производу масе и убрзања тела (Други Њутнов закон)*.

Претходни израз за силу може се написати у облику:

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

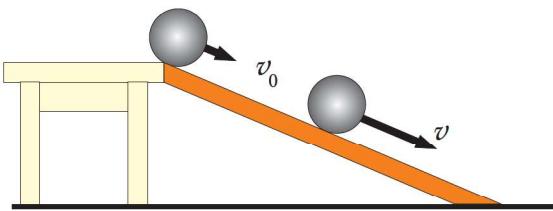
Интензитет убрзања тела сразмеран је интензитету сile, а обрнуто сразмеран његовој маси.

Јединица сile је **њутн [N]**.

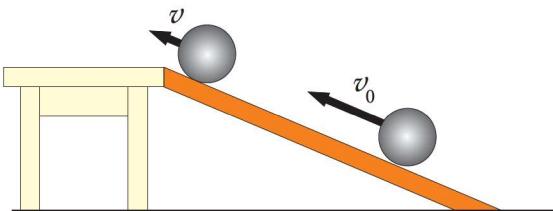
Вредност сile која тело од једног килограма убрзава један метар у секунди за секунду (у секунди на квадрат) износи један њутн ($N = kg \frac{m}{s^2}$).

- Из Другог Њутновог закона који се записује у облику: $a = \frac{F}{m}$ следи, да под деловањем сталне сile тело изводи равномерно праволинијско променљиво кретање, односно кретање код кога се убрзање тела не мења у току времена ($a = \text{const.}$).

Ако се смер сile поклапа са смером кретања, односно са смером брзине, тело се креће равномерно убрзано, а у случају да је смер сile супротан смеру кретања (смеру брзине), тело се креће равномерно успорено.



Равномерно убрзано јраволинијско кретање



Равномерно усјорено јраволинијско кретање

* Сила (као брзина и убрзање) је потпуно одређена ако се познају интензитет, правац и смер.

Преглед формул, односно закона којима се описује равномерно променљиво праволинијско кретање (стално убрзање) дат је у табели.

РАВНОМЕРНО ПРОМЕНЉИВО ПРАВОЛИНИЈСКО КРЕТАЊЕ		
ВЕЛИЧИНА	Равномерно убрзано кретање $a > 0; a = \text{const.}$	Равномерно успорено кретање $a < 0; a = \text{const.}$
Брзина	$v = v_0 + at$	$v = v_0 - at$
Средња вредност брзине	$v_s = v_0 + \frac{1}{2}at$	$v_s = v_0 - \frac{1}{2}at$
Пут	$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$
Крајња брзина (брзина на крају пута)	$v^2 = v_0^2 + 2as$	$v^2 = v_0^2 - 2as$
Итензитет сile	$\vec{F} > 0; \vec{F} = \text{const.}$	$\vec{F} < 0; \vec{F} = \text{const.}$

Закони равномерно променљивог праволинијског кретања

- Механички рад сталне сile једнак је производу интензитета сile и дужине пређеног пута, ако се кретање тела врши у правцу деловања сile:

$$A = F \cdot s$$

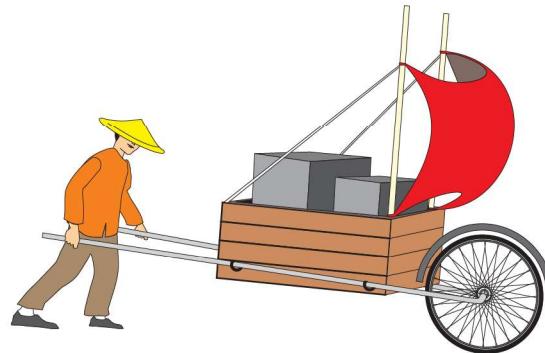
Јединица рада је цул (J): рад од једног цула изврши сила од једног њутна на путу од једног метра када она делује дуж пута ($J = N \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$).

Вредност рада, зависно од угла између правца сile и правца кретања тела, може да буде позитивна ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$), негативна ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$) или једнака нули ($\alpha = 90^\circ$).

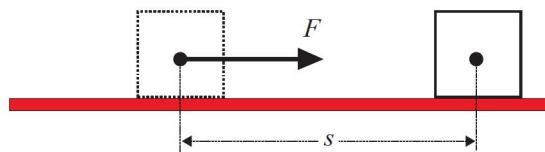
Максимална вредност рада је када правац сile и правац пута заклапају угао $\alpha = 0^\circ$, а рад је једнак нули ако је $\alpha = 90^\circ$.

Позитиван рад се врши на пример, када коњ вуче кола, рад сile затезања којим дизалица подиже терет на неку висину, рад Земљине теже при спуштању скијаша низ падину, итд.

Сила трења или сила отпора средине (ваздуха или воде) увек делује у супротном смеру од смера кретања тела и рад тих сile је негативан. Негативан рад је и рад Земљине теже при подизању тела на одређену висину или при ходању уз степенице итд.



Илустрација механичког рада



Рад сile дуж праволинијског пута

- У механици постоје два основна облика енергије: **кинетичка и потенцијална енергија**.

Кинетичка енергија тела једнака је половини производа његове масе и квадрата брзине:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2.$$

Енергија условљена узајамним положајем тела (честица) која међусобно делују или деформацијом тела (сабијена или истегнута опруга), назива се потенцијална енергија.

Зависно од врсте међусобног деловања тела или његове деформације, постоје: потенцијална енергија гравитационе силе, потенцијална енергија сile еластичности, потенцијална енергија електростатичке (електричне) силе итд.

Потенцијална енергија тела Земљине гравитационе силе (Земљине теже) једнака је производу масе тела, убрзања Земљине гравитационе силе и висине положаја изнад Земљине површине (или у односу на неки други изабрани ниво):

$$E_p = mgh$$

Обично се узима да је на површини Земље потенцијална енергија једнака нули ($E_p = 0$).

Повезивањем механичког рада са кинетичком и потенцијалном енергијом гравитационе силе, добија се општа формулатија:

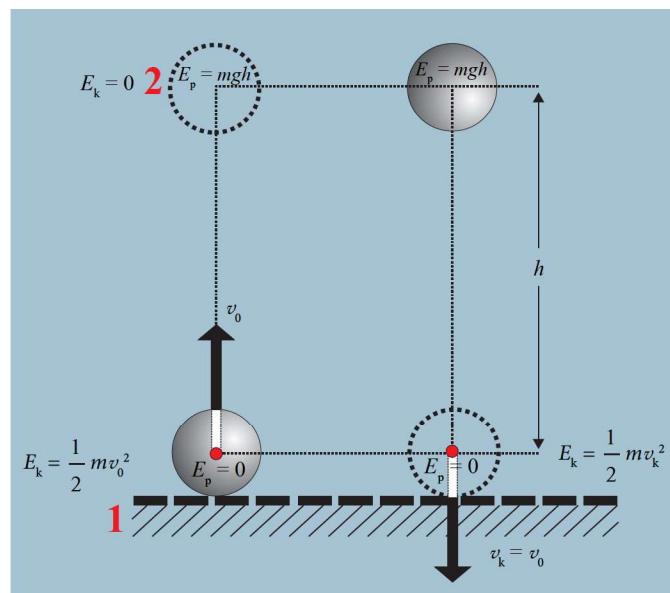
Механички рад једнак је промени механичке енергије. Или: рад је мера промене механичке енергије тела:

$$A = \Delta E.$$

- **Закон одржања енергије у механици: механичка енергија (кинетичка и потенцијална енергија гравитационе силе) може се преносити са једног на друго тело или се претварати из једног у други облик, али тако да укупна вредност енергије остаје стална (непромењена):**

$$E_{\text{укупно}} = E_k + E_p = \text{const.}$$

Закон одржања енергије односи се не само на механичку енергију, него и на остале врсте енергије (топлотну, електричну, светлосну, хемијску итд.). **Закон одржања енергије** је основа за описивање и тумачење не само физичких појава него и свих процеса у природи уопште. На бази тог закона заснивају се научне теорије, а у технички представља полазиште за пројектовање уређаја и машина као и њихових система.



Одржавање кинетичке и потенцијалне енергије тела

- Величина којом се одређује брзина вршења рада назива се **снага**. Дефинише се односом рада и времена за које се тај рад обавио. Или: снага је једнака раду извршеном у јединици времена:

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

Јединица снаге је **ват** [W]: снага је једнака једном вату ако се рад од једног цула изврши за једну секунду ($W = \frac{J}{s}$).

У техници и пракси често се користе веће јединице: киловат ($kW = 1000 W$) и мегават ($MW = 1\,000\,000 W$).

За изражавање снаге аутомобила, трактора, моторних чамаца итд. користи се и коњска снага ($ks \approx 735 W$).

ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ

Кључне речи:

осцилаторно кретање (осциловање), таласно кретање, период осциловања, фреквенција (учестаност) осциловања, амплитуда осцилација, зрак, брзина таласа, таласна дужина, лонгитудинални и трансверзални таласи, звук, резонанција

Осим механичких кретања тела (честица) која смо упознали у седмом разреду често срећемо и друге врсте кретања. Овом приликом размотримо **осцилаторно и таласно кретање**.

Вероватно сте имали прилику да посматрате сат са клатном. Радознало сте пратили кретање клатна и размишљали о начину рада сата. Запазили сте да се кретање клатна понавља после одређеног времена (једне секунде). Клатно врши такозвано **осцилаторно кретање**. Обично се каже да клатно осцилује.

Временска поновљивост је основна карактеристика осцилаторног кретања.

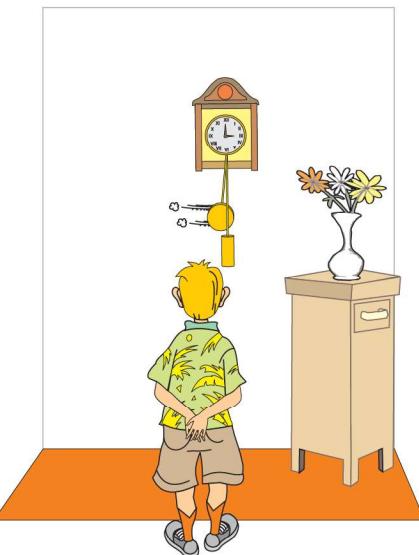
Посебну врсту осцилаторног кретања изводе и честице (молекули) ваздуха када водимо разговоре или слушамо музiku.

Преношење осцилација (осцилаторног кретања), а тиме и одговарајуће енергије од једних на друге честице дате средине испољава се као **таласно кретање**.

Сигурно сте били у прилици да посматрате и да се дивите таласима на површини воде (језера, мора, океана).

Детаљније ћемо обрадити механичке таласе које опажамо као **звук**, посредством којег се остварују комуникације међу људима.

У овом поглављу проучава се, dakle, **осцилаторно кретање, таласно кретање и звук** (посебан облик таласног кретања).



Дечак прати осциловање клатна на зидном сајту.

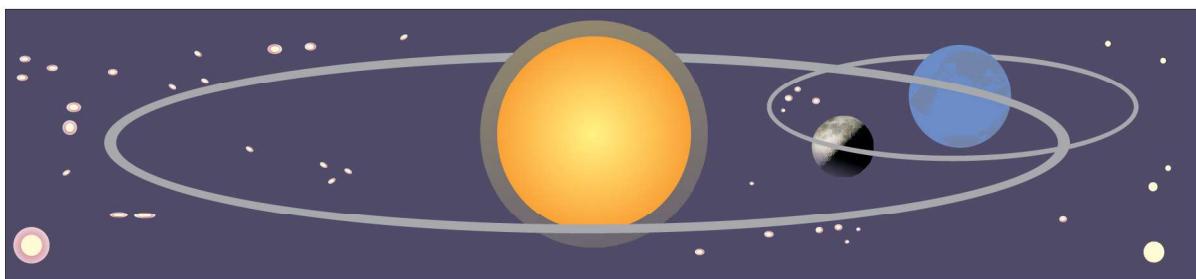


Девојчица и дечак уживају у посматрању таласа на површини воде.

ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ

УВОД

У настави географије имали сте прилику да сазнате да се Земља обрће око своје осе (замишљене линије која пролази кроз центар Земље и продире кроз северни и јужни географски пол). Смена дана и ноћи, излазак и залазак Сунца су последице обртања (ротације) Земље око своје осе. Годишња доба су условљена кретањем Земље око Сунца. Време за које се Земља обрне око своје осе износи 24 сата, колико траје један дан. Земља превали пут (по путањи приближно кружног облика) око Сунца за годину дана, Месец око Земље за око 28 дана (сл. 1.1).



Сл. 1.1. Земља обиђе Сунце за око једину дана, а Месец Земљу за око 28 дана

Свако небеско тело Сунчевог система има карактеристично време обиласка око Сунца. Исто се може казати и за вештачке сателите који круже око Земље, као и за многе друге облике кретања и процесе у природи.

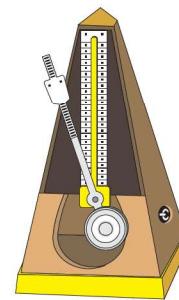
Знамо да врх минутне казаљке на сату опише круг за један сат, а врх казаљке секундаре за један минут (сл. 1.2), метроном се подешава да откуцава (обично) секунде (сл. 1.3).

Ако се љуљашка покрене из најнижег положаја у којем се налазила у стању мiroвања и пусти, она ће се кретати час у једном час у другом смеру (сл. 1.4, а). То кретање се понавља више пута приближно на исти начин. На сличан начин се креће метална куглица везана концем као на слици 1.4, б). Када се таква куглица учврсти за доњи крај металне еластичне опруге, а затим опруга истегне (или сабије) и пусти, она ће се кретати горе – доле по правој путањи (сл. 1.4, в).

Шта је општа карактеристика свих набројаних и многих сличних примера кретања? Њихово заједничко својство је да се после одређеног времена понављају, тј. да



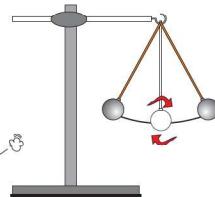
Сл. 1.2. Сат



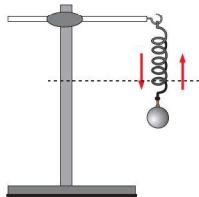
Сл. 1.3. Метроном



а)



б)



в)

Сл. 1.4. Кретање тела која се понављају њосле одређеној времену

имају периодичност. Периодично кретање постоји и код живих бића: откуцаји срца, треперење гласних жица при говору, циркулација крви у организму итд.

Кретање тела (честице) које се после одређеног времена понавља на исти (или приближно исти) начин назива се периодично кретање.

ОСЦИЛАТОРНО КРЕТАЊЕ

Посебан облик периодичног кретања је **осцилаторно кретање**.

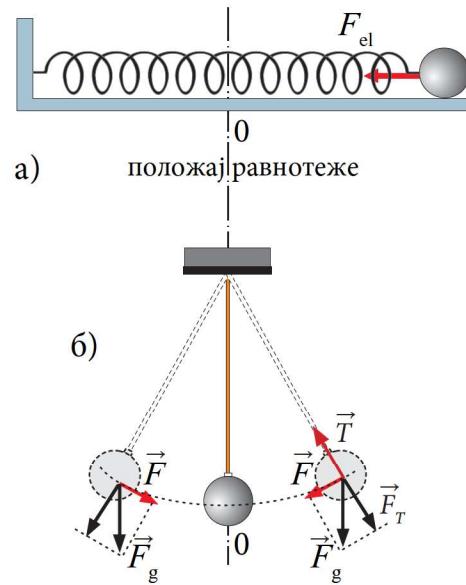
Осцилаторно кретање је кретање тела по правој линији, наизменично у једном и другом смеру око равнотежног положаја. Тело које се креће на тај начин зове се **осцилатор**. За кретање осцилатора обично се каже да осцилује.

Типични примери осцилаторног кретања су кретање куглице закачене на металну опругу по хоризонталној подлози (сл. 1.5, а) или обешене о опругу и осцилоовање куглице о танак конац, тј. клатна (сл. 1.5, б).

Осциловање тела закаченог о опругу

Метална куглица закачена је за један крај еластичне металне опруге, док је други крај опруге учвршћен. Када опруга није деформисана (истегнута или сабијена), куглица је у равнотежном положају 0.

Осциловање куглице око равнотежног положаја изазива деловање спољашње силе (нпр. сила мишића руке), а осциловање куглице одржава деловање (унутрашње) силе еластичности која је на слици обележена са F_{el} . Сила еластичности у равнотежном положају је једнака нули. Интензитет силе еластичности металне опруге сразмеран је растојању тела (куглице) од равнотежног положаја и усмерена је ка том положају (сл. 1.5, а).



Сл. 1.5. Осцилаторно кретање тела

Осциловање куглице обешене о конац

На слици 1.5, б) приказано је тело обешено о танак конац занемарљиве тежине (клатно). У стању равнотеже (вертикални положај) на тело делује Земљина гравитационија сила и сила затезања конца које се међусобно поништавају. Када се тело изведе из равнотежног положаја (означен са 0), Земљина тежа има две компоненте: једна у правцу конца F_T која се уравнотежава са силом затезања конца T и друга (означена са F) нормална на правац конца која представља активну компоненту. Интензитет

активне компоненте је већи што је већи отклон тела и усмерена је према равнотежном положају. Активна компонента изазива осциловање обешеног тела о конац (аналогна сили еластичности металне опруге).

Кад се куглица везана за један крај металне еластичне опруге (сл. 1.5, а) или тело обешено о танак конац (сл. 1.5, б) изведу из равнотежног положаја и препусте сами себи ова тела почињу да осцилују. Доспевају до најудаљеније тачке од равнотежног положаја, краткотрајно се заустављају, враћају се у равнотежни положај, а затим, услед инерције, настављају да се крећу до најудаљенијег положаја са друге стране и поново се враћају у равнотежни положај. Тада су тела извршила једну **осцилацију** (завршен циклус кретања). После тога тела понављају кретање (осциловање) на исти начин (ако се губици енергије, услед трења или отпора средине, могу занемарити).

Величине којима се описује осцилаторно кретање

Осим величина: брзина, убрзање, сила, енергија за описивање осцилаторног кретања користе се и посебне величине.

Карактеристичне величине којима се описује осциловање тела су: **елонгација, амплитуда, период и фреквенција**.

Тренутна (било која) удаљеност тела (честице) од равнотежног положаја при осциловању назива се **елонгација**.

Највећа вредност елонгације, односно максимално растојање тела (куглице, честице) од равнотежног положаја је амплитуда.

Период осциловања је време за које тело (честица) изврши једну осцилацију. Обично се обележава са T .

Фреквенција (учестаност) је број осцилација које тело (честица) изврши у јединици времена (једној секунди). Означава се са v или f . Користићемо ознаку v (ни).

Ако тело за време t изврши n осцилација, период (T) и фреквенција (v) су:

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{и} \quad v = \frac{n}{t} .$$

Мерна јединица за период је **секунда** (s), а за фреквенцију **херц** (Hz): $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$. Веће јединице су килохерц ($\text{k}\text{Hz} = 10^3 \text{ Hz}$) и мегахерц ($\text{MHz} = 10^6 \text{ Hz}$).

Период и фреквенција осциловања датог тела имају сталне вредности у току времена ако нема губитака енергије (трење, отпор средине), односно ако се они могу занемарити. У реалним условима губици енергије се не могу потпуно избећи. Услед тога постоје само **пригушене (амортизоване) осцилације** чије се амплитуде осциловања смањују у току времена све док се тело не заустави у равнотежном положају.

Осцилације са сталном (непромењеном) амплитудом могу постојати само ако се телу које осцилује (осцилатору) непрестано доводи енергија (којом се надокнађују губици енергије).

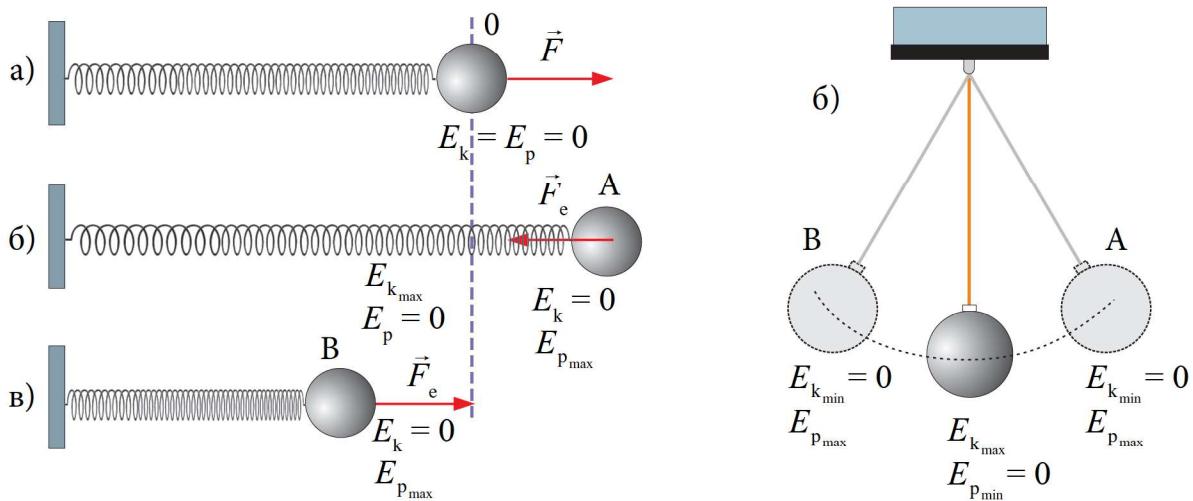
Закон одржања механичке енергије при осциловању тела

Поново ћемо посматрати тело закачено за металну еластичну опругу, које осцилује по хоризонталној подлози без трења (сл. 1.6, а) и тело обешено о танак конац занемарљиве тежине које осцилује у вертикалној равни (сл. 1.6, б). Отпор ваздуха се не узима у обзир.

При осциловању куглице на еластичној опрузи, у амплитудним положајима (А и В) кинетичка енергија куглице је једнака нули ($v = 0$), али је опруга највише развучена, односно сабијена, па је њена потенцијална енергија сile еластичности максимална. При кретању куглице из амплитудног према равнотежном положају смањује се деформација опруге (тиме и сила еластичности) и одговарајућа потенцијална енергија. Када се тело (куглица) приближава равнотежном положају смеш сила еластичности је исти као и смеш брзине па се његова брзина повећава тако да тело у проласку кроз равнотежни положај има највећу брзину, односно кинетичку енергију (потенцијална енергија сile еластичности једнака је нули).

У амплитудном положају А (сл. 1.6, б) тело нема кинетичку енергију ($v = 0$), али је тада у положају највеће висине, па има максималну гравитациону потенцијалну енергију. При кретању тела према равнотежном положају смањује се висина и тиме његова гравитациона потенцијална енергија, а на рачун тога повећава се брзина и кинетичка енергија тела. Кроз равнотежни положај тело пролази максималном брзином и има максималну вредност кинетичке енергије (потенцијална енергија је једнака нули). После проласка кроз равнотежни положај тело се креће ка амплитудном положају В и при томе смањује кинетичку енергију, а повећава се његова гравитациона потенцијална енергија. У положају В тело има максималну гравитациону потенцијалну енергију, а његова кинетичка енергија је једнака нули.

Код осцилаторног кретања кинетичка енергија се претвара у потенцијалну енергију и обратно, потенцијална у кинетичку енергију, али тако да укупна механичка енергија остаје непромењена (стална). То је још једна потврда Закона одржања механичке енергије.

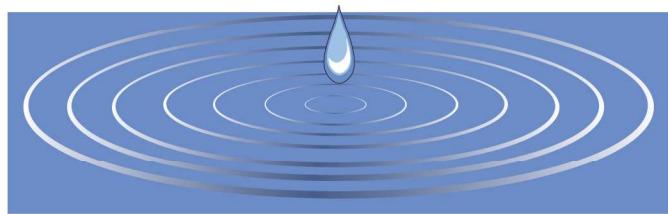


Сл. 1.6. Доказивање Закона одржања механичке енергије
код осциловања тела

Ако постоји трење или отпор средине тело (осцилатор) врши рад савлађујући одговарајуће силе. Зато се смањује механичка енергија тела (осцилатора), а тиме и амплитуда осциловања и то утолико брже уколико је веће трење или отпор средине. Тело везано за опругу дуго осцилује у ваздуху, што се односи и на тело обешено о конац, а у води њихова осциловања би брзо ишчезла (пригушила се).

ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ (МЕХАНИЧКИ ТАЛАСИ)

Проучавали смо осцилације поједињих тела (честица). Сада ћемо размотрити случајеве када осциловање једних честица узрокује осциловање других (суседних) честица. Последица таквог кретања честица дате средине је **таласно кретање**. На пример, ако бајсимо камен на мирну површину воде њене честице (делићи) почињу да осцилују. То се осциловање поступно преноси на суседне честице водене средине. Кретање се шири све даље у концентричним круговима (сл. 1.7).



Сл. 1.7. Таласи на површини воде

Око места на којем је пао камен видимо наизменична кружна удубљења и испупчења. Удубљења се зову **таласне доље**, а испупчења **таласни брегови**.

Како се образују таласне доље и таласни брегови? Честице које се налазе истовремено у једном амплитудном положају (доњем у односу на површину воде пре настанка таласа) су доље таласа, а честице које су у другом амплитудном положају (горњем у односу на мирну (хоризонталну) површину воде) формирају таласне брегове.

Од места где је камен пао, простиру се, dakле, наизменично кружни брегови и кружне доље. На тај начин настаје **таласно кретање**, односно **таласти**.

Звук је такође врста таласног кретања. Радио-, телевизијске емисије и телефонски разговори (укупљајући, наравно, и мобилне телефоне) остварују се посредством електромагнетних таласа. Посебна врста електромагнетних таласа су светлост, топлотно и рендгенско зрачење...

Шта називамо таласом? Шта узрокује таласе? Одговори су различити за разне врсте таласног кретања. Таласно кретање је сложен облик кретања материје. Стога ћемо овом приликом размотрити само таласе у механици као најједноставнији облик таласног кретања (електромагнетне таласе изучаваћемо у средњој школи).

Као што знамо, међу молекулима (атомима) било ког тела у чврстом, течном или гасовитом стању постоји одређена повезаност која се остварује молекулским силама. Ове сile условљавају својство еластичности супстанце (средине). На основу тог општег својства оне се једним именом називају **еластичне средине**. Могу бити у чврстом, течном и гасовитом стању.

Када се честице (молекули) неке средине деловањем, спољашње сile, доведу у осцилаторно кретање, њихове осцилације захваљујући молекулским силама, преносе се и на суседне честице, а тиме и одговарајућа енергија.

Процес преношења осцилаторног кретања (осцилација) од једне на друге честице (молекуле) дате средине, а тиме и одговарајуће (механичке) енергије, назива се механичко таласно кретање или кратко, механички таласи.

Место у коме започиње таласно кретање, назива се извор таласа (нпр. место упада камена на мирну површину воде).

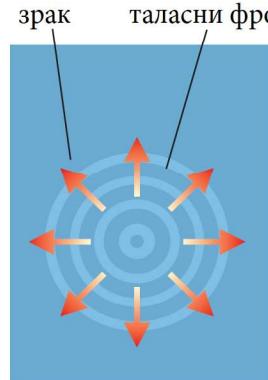
Ако је средина хомогена и има иста физичка својства у свим деловима, брзина кретања таласа једнака је у свим правцима. У таквим срединама таласи се формирају у облику концентричних сфера са центром у извору таласа или кружнице ако се таласно кретање посматра у равни (сл. 1.8). Ове сфере односно кружнице су **таласни фронтови**: места на којима све честице осцилују на исти начин (истовремено се удаљавају, приближавају и пролазе кроз равнотежни положај). Такви таласи су **сферни таласи** (сл. 1.8).

Правац простирања таласа дефинише се помоћу зрака.

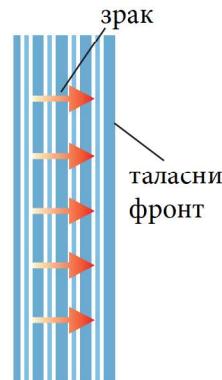
Зрак је линија (правац) дуж које се преноси енергија таласа. Скуп више зрака назива се спон. Зраци су нормални на таласни фронт (сл. 1.8 и сл. 1.9).

Када су таласни фронтови равне међусобно паралелне површине, онда су то **равни таласи**. Таласи који потичу од удаљених извора могу се (приближно) посматрати као равни таласи (сл. 1.9).

Иако се талас нпр. на води простире одређеном брзином, честице средине (воде) које изазивају тај талас само осцилују по вертикални практично остајући на истом месту (хоризонтално се не померају). Парче дрвета (или хартије) које плута на усталасаној води креће се такође горе – доле (осцилује) и не удаљава се од датог места (наравно, ако нема ветра или струјања воде).



Сл. 1.8. Сферни таласи



Сл. 1.9. Равни таласи

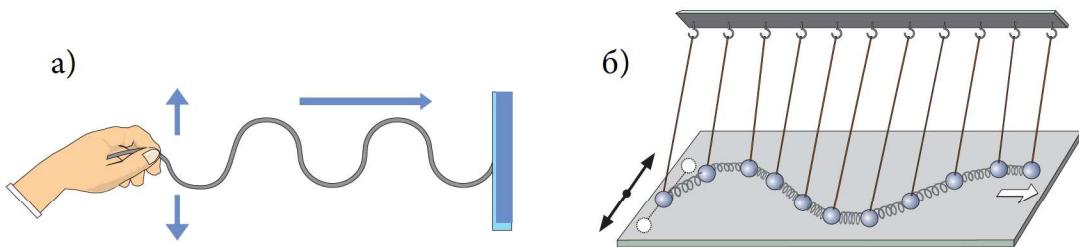
Врсте механичких таласа

У зависности од правца осциловања честица у односу на правац простирања таласа, таласи могу да буду **попречни (трансверзални)** и **уздужни (лонгитудинални)**.

Када честице (делићи) средине осцилују нормално на правац кретања таласа, настају **попречни (трансверзални)** таласи.

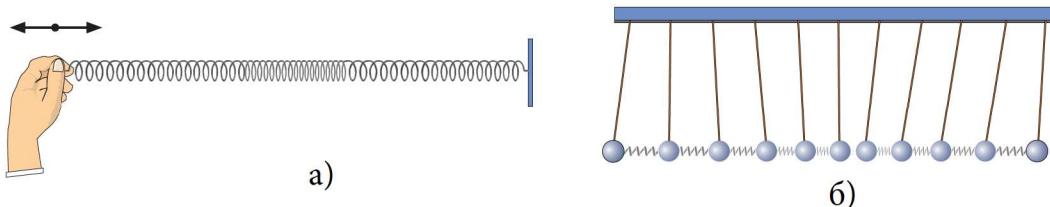
Трансверзални таласи могу се илустровати помоћу конопца, што је приказано на слици 1.10, а) или помоћу низа куглица међусобно повезаних металним спиралним опругама (сл. 1.10, б).

Таласи код којих честице осцилују у правцу (дуж) простирања таласа називају се **уздужни (лонгитудинални)** таласи.



Сл. 1.10. Трансверзални (йојречни) таласи

Уздушни (лонгитудинални) таласи могу да се демонстрирају помоћу металне завојнице (сл. 1.11, а) и помоћу низа куглица повезаних еластичним опругама (сл. 1.11, б).



Сл. 1.11. Уздушни (лонгитудинални) таласи

Повлачењем еластичне металне завојнице у правцу њене осе наизменично на једну и другу страну у једнаким временским интервалима формирају се **уздушни (лонгитудинални) таласи**. Они се испољавају у наизменичном скупљању и истезању навојака завојнице (сл. 1.11, а). Осциловање сваког навојка завојнице врши се у правцу њене осе, односно у правцу кретања таласа. Ако се уздушни (лонгитудинални) таласи приказују помоћу модела на слици 1.11, б), онда се у правцу кретања таласа преноси наизменично згушњавање и разређивање куглица. У делу низа где се куглице крећу једне другима у сусрет, настаје збијеност, а у делу где се куглице удаљавају једне од других, разређеност (сл. 1.11, б).

Основне величине којима се описује таласно кретање

Величине којима се описује осцилаторно кретање као што су: **период, фреквенција (учестаност) и амплитуда**, односе се и на **таласно кретање (таласе)**. Поред тих величине користе се и карактеристичне величине: **таласна дужина и брзина таласног кретања (таласа)**.

Таласна дужина. Период осциловања је време после кога се осциловање честица понавља на истоветан начин (временска периодичност), а растојање после ког се осциловање честица понавља на исти начин (просторна периодичност) је **таласна дужина**.

Таласна дужина је растојање које пређе талас за време док појединачна честица изврши једну осцилацију (за један период). Или: **таласна дужина је рас-**

тојање између две најближе честице (тачке) у правцу кретања таласа, које осцилују на исти начин (истовремено се удаљавају, приближавају и пролазе кроз равнотежни положај, тј. које су у фази). Још једноставније: таласна дужина је растојање између два суседна таласна брега, или између две суседне таласне доље (сл. 1.12). Таласна дужина обично се обележава са грчким словом λ (ламбда). На слици 1.12 таласна дужина λ је растојање између тачака А и В. Таласна дужина изражава се у метрима (m).

Брзина таласа. Повезана је са таласном дужином и фреквенцијом. Да бисмо ту везу боље разумели, упоредићемо (формално) талас са композицијом воза, где сваком вагону одговара једна таласна дужина (λ).

Нека посматрач стоји поред железничке пруге којом пролази воз сталном брзином v (сл. 1.13). Дужина сваког вагона је λ . (Дужина вагона одговара таласној дужини таласа.)

На свом сату посматрач мери време за које поред њега прође један вагон (сл. 1.13). Означићемо то време са T . У нашем упоређењу (анalogiji) то би време одговарало периоду таласа.

Вагон дужине λ прође поред посматрача за време T , па је брзина вагона:

$$u = \frac{\lambda}{T}.$$

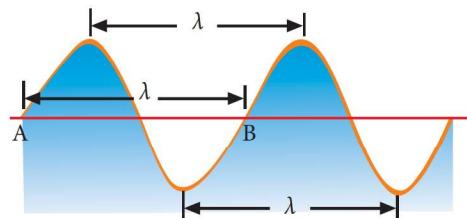
Иста формулатија за брзину важи и за таласно кретање. Она повезује брзину таласа са таласном дужином λ и периодом T . Ако се период изрази прско фреквенције: $v = \frac{1}{T}$, добија се релација која повезује брзину, таласну дужину и фреквенцију таласа:

$$u = \lambda v$$

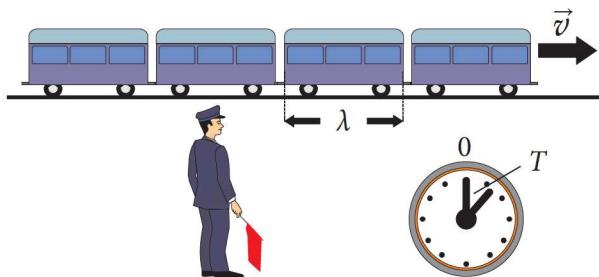
Брзина таласа једнака је производу таласне дужине и фреквенције осциловања.

Претходна формула важи за обе врсте таласа: попречне (трансверзалне) и уздужне (лонгитудиналне).

На основу израза $u = \lambda v$ не сме се закључити да је брзина таласа већа што је већа таласна дужина или фреквенција. Таласи већих таласних дужина имају мању фреквенцију, а таласи мањих дужина имају већу фреквенцију, тако да њихов производ (брзина таласа) за дату хомогену средину и врсту таласа има сталну вредност.



Сл. 1.12. Приказ таласне дужине



Сл. 1.13.

ЗВУК



Облик механичког таласног кретања који се опажа чулом слуха, назива се **звук**. Свакодневно чујемо говор људи, цвркут птица, звук гитаре, клавира, звукове мотора аутомобила, авиона, завијање ветра, жуборење потока итд. Многи од тих звукова су веома пријатни за слушање, док други могу бити не само непријатни него и штетни по човеково здравље.

Област физике, у којој се изучавају настанак звука, његова основна својства, звучне појаве и њихови закони као могућности њихове практичне примене, назива се **акустика**.

Човек чује звучне таласе чије су фреквенције у границама од 20 Hz до приближно 20 000 Hz. То су границе **човекове чујности**. Ако су фреквенције звучних таласа изван тог опсега, њихово деловање на органе слуха не може да се региструје.

Звучни таласи чије су фреквенције мање од 20 Hz назива се **инфразвук**, а чије су фреквенције веће од 20 000 Hz – **ултразвук**.

До човекових органа слуха звук доспева углавном кроз ваздух, а може и кроз чврсте и течне средине. Када ронимо у води, чујемо галаму са обале или звук мотора чамца који пролази поред нас. Прислањањем уха на железничке шине можемо да чујемо кретање воза који је далеко изван нашег видокруга. Није ретко да се љутимо на комшије који пуштају сувише гласну музiku или на власнике аутомобила који укључују сирену иако се налазимо у стану са затвореним прозорима...

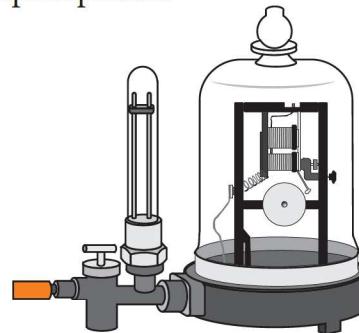
Звук се не може формирати нити простирати у вакууму.

Претходна тврђња може да се провери огледом (сл. 1.14). Испод стакленог звона, спојеног са пумпом за исисавање ваздуха, налази се електрично звонце. Постепеним исисавањем ваздуха, односно смањивањем његовог притиска под звоном, звук се све слабије чује, док се на крају сасвим не изгуби (ишчезне).

Слушају се разноврсни звукови, али међу њима се разликују **тонови** од **шумова**. Први се, нпр., односе на певање, звукове затегнутих струна или жица музичких инструмената. Код човека изазивају пријатно осећање. Ако неко лепо пева или свира на виолини, говори се о лепом гласу или **тону**, односно уметнику.

Када се налазимо испод дрвећа, а лишће трепери, чујемо **шум**. Чује се шум водопада и жубор воде у потоку (реци). Шумови се јављају при раду мотора различних возила, при ударима, експлозијама, шкрипању, гребању. Пуцањ је посебна врста шума која настаје услед нагле промене притиска у ваздуху, због чега долази до израженог згушњавања и разређивања ваздуха, односно његових честица.

Шумови, углавном изазивају непријатна осећања. Ипак, не постоји оштра граница између музичких звукова и шумова. Оштећени музички инструменти или излизане грамофонске плоче производе деформисане звукове: брујање, гребање или друге звукове који више личе на шумове него на тонове. С друге стране, одређену мелодичност (музикалност) опажамо у жуборењу потока, приликом пада кише или

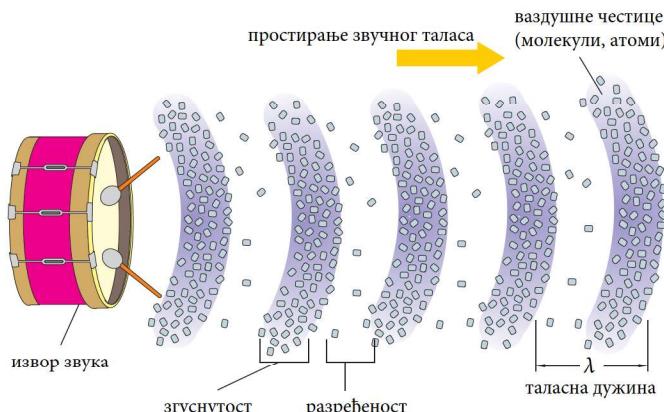


Сл. 1.14.

у завијању (фијукању) ветра итд.

Како настаје звук?

Од звучног извора који се налази у ваздуху осцилације се преносе на честице (молекуле) ваздуха. Ваздушне честице (молекули) осцилују тако да настаје њихово наизменично згушњавање и разређивање, што се испољава у облику звучног таласа (сл. 1.15). Таласна дужина звучног таласа је растојање између два суседна максимума згуснутости или разређености ваздушних честица. Када звучни таласи доспеју до уха, изазивају осциловање бубне опне, што ствара осећаје чујности звука.



Сл. 1.15. Настајање звучног таласа (звука)

Извори звука

Свако тело које може да осцилује с фреквенцијом у интервалу чујности, у принципу, може да буде **извор звука**. У техници и пракси, ипак, користе се само такви извори који задовољавају одређене услове. Пре свега, извор звука мора бити добар емитер звучних таласа, тј. треба да ефикасно и у довољној мери предаје енергију осциловања околној средини. Поред тога, звучни извори треба да имају и својство репродукције, тј. да при коришћењу производе истоветне звукове. Димензије извора звука треба да буду прилагођене практичној примени.

У човечијем грлу звук се производи на тај начин што ваздушна струја из плућа изазива осциловање гласних жица које се преносе на честице околног ваздуха. Код добоша, бубњева и слично звук се производи ударцима у мембрани. Дувачки инструменти, као и разне пиштаљке, производе звук треперењем ваздуха који струји кроз различите цеви. Код жичаних извора звук се производи трзањем жице (гитара, харфа). Код виолине, гусала користи се гудало које се повлачи преко струна итд.

У једноставније звучне изворе спадају: разна звона, затегнуте жице (струне), ваздушни стубови, штапови, плоче, мембрane итд.

У физичким лабораторијама често се као извор звука користи **звукна виљушка**. То је метална шипка искривљена у облику U – слова постављена на призматичну дрвену кутију која је на једном крају отворена (сл. 1.16). Ударом чекића о један од крајева звучне виљушке чује се продоран и јасан звук. Фреквенција осциловања звучне виљушке зависи од њених димензија. Свака звучна виљушка осцилује одређеном (сопственом) фреквенцијом. Звучна виљушка већих димензија, односно веће масе производи звук мање фреквенције (нижи тон).

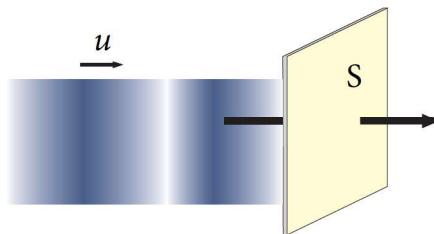


Сл. 1.16. Звучна виљушка

КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗВУКА

Јачина звука. Једна од најважнијих карактеристика звука је његова **јачина (интензитет)**.

Јачина звука одређена је енергијом звучног таласа која се у јединици времена пренесе честицама које осцилују кроз јединичну површину нормалну на правца кретања таласа (сл. 1.17).



Сл. 1.17.

Мерна јединица јачине звука је ват по квадратном метру $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$.

Ако се нпр. мембрана добоша удара јаче, чује се и јачи звук. Јаче ударена мембра на осцилује са већом амплитудом па има и већу енергију осциловања, тј. звук има већу јачину.

Да би се звучни талас могао регистровати чулом слуха, мора да има неку минималну јачину која се зове **праг чујности**. Стандардни праг чујности узима се да је $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ при фреквенцији 1000 Hz.

Највећа јачина звука која се може опажати износи око $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Звук изнад те јачине осећа се као бол.

Брзина звука. Зависи од својства средине кроз коју звук пролази и од њене температуре.

Брзина звука у ваздуху на температури од 0°C је око $330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а на 20°C је око $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Брзина звука у слаткој води чија је температура 17°C је $1430 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у морској води исте температуре брзина звука је $1510 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

У челику и бетону брзина звука је око $5000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у бакру око $3600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Брзина звука већа је у чврстим телима и течностима него у ваздуху, јер су у њима молекули, који преносе осциловање, ближи једни другима, збијенији, и зато се осцилације брже преносе. Долазак воза на станицу, много раније се чује када се ухо прислони на шине, него када се „нормално“ стоји поред пруге.

Општа формула за брзину кретања механичког таласа

$$u = \lambda v,$$

важи и за звучне таласе. Познавајући брзину звука (u) и фреквенцију осциловања (v), на основу претходне формуле може да се израчуна брзина звука у разним срединама и на различитим температурама.

Висина звука. Висина звука зависи од фреквенције. Знатно виши звук нпр. еmitује комарац који зуји него бик који риче. Доказано је да је фреквенција зујања комарца 10 kHz, а рика бика 30 Hz.

Највиши тонови оперских певачица, имају фреквенцију до око 2300 Hz, а најнижи тонови, које певају баритони су до око 45 Hz...

Фреквенција осциловања звучних таласа дефинише висину звука; што је већа фреквенција то је већа и висина звука и обратно, што је мања фреквенција то је мања и висина звука.

Боја (тембр). Карактеристична је за сваку врсту звука. Говор пријатеља и преко телефона препознајемо. Разликујемо звукове гитаре, виолине, клавира... Боја звука зависи од међусобног односа амплитуда и фреквенција његових компонената.

ЗВУЧНА РЕЗОНАНЦИЈА

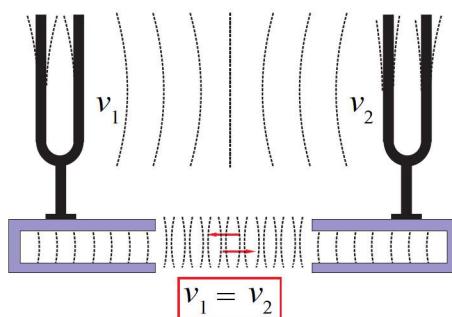
Појава наглог повећања јачине (интензитета) звучног таласа у случају када се фреквенција звучног извора поклопи са фреквенцијом тела (резонатора), тј. тела које је изазвано на принудно осциловање, назива се **резонанција**.

Појава звучне резонанције може да се демонстрира помоћу звучне виљушке (сл. 1.18). Ударом гуменим чекићем о звучну виљушку започиње њено осциловање. Те осцилације изазивају звук малог интензитета, који врло брзо нестаје. Међутим, ако се звучна виљушка у стању осциловања постави на дрвену кутију или на радни сто, чуће се звук знатно већег интензитета (јачине).

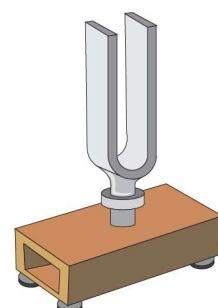
Дрвена кутија или сто осцилују принудно – фреквенцијом звучне виљушке. Дрвена кутија у облику призме са отвором на једној страни за коју је причвршћена звучна виљушка назива се **резонаторска кутија** или **резонатор** (сл. 1.18).

Свака дрвена кутија, међутим, не појачава једнако звук исте виљушке. То се може и огледом потврдити. Максимално појачање звука производи кутија у чијој шупљини осцилује ваздушни стуб исте фреквенције као што је и фреквенција виљушке. Тада настаје звучна резонанција ваздушног стуба под утицајем (принудом) осциловања виљушке.

Ако две звучне виљушке са резонаторским кутијама осцилују истим фреквенцијама, онада се осцилације једне звучне виљушке могу пренети кроз ваздух и на другу звучну виљушку (сл. 1.19).



Сл. 1.19. Резонанција две звучне виљушке са резонаторским кутијама



Сл. 1.18. Звучна виљушка са резонаторском кутијом



Сл. 1.20. Резонанција звучне виљушке и ваздушног стуба

Појава звучне резонанције једноставно се показује и помоћу звучне виљушке и ваздушног стуба у цилиндричном суду са водом (сл. 1.20)

Када се принесе звучна виљушка која осцилује, ваздушни стуб у цилиндричном суду изнад воде доводи се у принудно осциловање. При промени дужине ваздушног стуба у суду (изливањем или доливањем воде, а може спуштањем или подизањем уже цеви (отворене на оба краја) у суду са водом), једног тренутка настаје резонанција. То се испољава највећом јачином (интензитетом) звука звучне виљушке.

Појава звучне резонанције посебно се користи у музичи. Употреба многих музичких инструмената заснива се на резонантним ефектима.

Питање: зашто виолина и гитара имају тако компликоване облике? Зашто нису у облику кутије као код звучне виљушке?

Заштита од буке

Човек је свакодневно, нарочито у већим градовима, изложен деловању буке, која при дужем трајању може веома негативно да утиче на његово здравље.

Бука може имати веома штетне последице: њено дуже деловање на органе слуха слаби чујност уха, а може доћи и до делимичног или потпуног губитка слуха. Делујући на нервни систем, бука (звукна загађеност) изазива повишени замор, разна нервна оболења, главобољу, повишену телесну температуру итд., а самим тим снижава радну способност.

Предузимају се разне мере заштите човековог здравља и његове радне способности од „звучне загађености“.

Од звучне загађености штитимо се на више начина. Најефикасније је одстранити њене изворе или смањити јачину звука помоћу разних пригушивача, облагањем зидова просторија материјалима који добро упијају звук, утрагивањем у зидове специјалних звучних апсорбера итд. На пример, челик и бетон апсорбују звук веома слабо, док су порозни и шупљикави материјали (вата, земља и др.) добри апсорбери звука.

У градском саобраћају обично се забрањује употреба аутомобилских сирена (осим у изузетним ситуацијама), док се у најужим центрима великих градова у појединачним улицама забрањује кретање камиона, аутомобила, мотоцикла. Због велике буке коју стварају саобраћајна средства при кретању, праве се путеви (аутостраде) који заобилазе градска насеља, а лево и десно од њих се подижу дрвореди који спречавају ширење звука.

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Кретање тела (честице) које се после одређеног времена понавља на исти (или приближно исти) начин назива се **периодично кретање**.

Посебан облик периодичног кретања је **осцилаторно кретање**.

- **Осцилаторно кретање је кретање тела (честице) по правој линији наизменично у једном и другом смеру око равнотежног положаја.**

Типичан пример осцилаторног кретања је осциловање куглице закачене за један крај еластичне металне опруге. Када опруга није деформисана (истегнута или сабијена), она је у **равнотежном положају**.

Осциловање куглице око равнотежног положаја изазива се деловањем спољашње силе, а осциловање куглице одржава сила еластичности.

Тренутна (било која) удаљеност тела (честице) од равнотежног положаја при осциловању назива се **елонгација**.

Највећа вредност елонгације, односно максимална удаљеност тела (куглице, честице) од равнотежног положаја је **амплитуда**.

Време за које тело (честица) изврши једну осцилацију је **период осциловања**. Обично се обележава са T .

Број осцилација у јединици времена (у једној секунди) назива се **фrekвенција (учестаност осциловања)**. Обично се означава са ν или са f .

Јединица фrekвенције је **херц** ($\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$).

Веза између фrekвенције (ν) и периода (T):

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Ако тело за време t изврши n осцилација, тада је:

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{и} \quad \nu = \frac{n}{t} .$$

Код тела које осцилује кинетичка енергија се претвара у потенцијалну енергију и обратно, потенцијална у кинетичку енергију, али тако да укупна механичка енергија остаје непромењена (стална). То је још једна потврда Закона одржања механичке енергије.

• Процес преношења осцилаторног кретања (осцилација) од једне на друге честице (молекуле) дате средине, а тиме и одговарајуће (механичке) енергије, назива се **механичко таласно кретање, механички таласи**.

Место на коме започиње таласно кретање је **извор таласа**.

У зависности од правца осциловања честица у односу на правац простирања таласа, таласи могу да буду **попречни (трансверзални)** и **уздужни (лонгитудинални)**.

Када честице (делићи) средине осцилују нормално на правац кретања таласа, настају **попречни (трансверзални) таласи**, а ако честице осцилују у правцу прос-тирања таласа – **уздужни (лонгитудинални)**.

• Величине: период, фреквенција (учестаност) и амплитуда, односе се (важе) и за таласно кретање. Поред тих величина, користе се и карактеристичне величине **таласна дужина и брзина таласног кретања (таласа)**.

Растојање које пређе талас за време (од једног периода) док дата честица изврши једну осцилацију је **таласна дужина**. Обично се означава са λ (ламбда).

Брзина таласа једнака је производу таласне дужине и фреквенције осцило-вања: $u = \lambda v$

• Облик механичког таласног кретања који се опажа чулом слуха назива се **звук**. Чулом слуха опажамо (региструјемо) звучне таласе фреквенције од 20 Hz до 20 kHz.

Звучни таласи чије су фреквенције мање од 20 Hz назива се **инфразвук**, а чије су фреквенције веће од 20 kHz – **ултразвук**.

Звук се може формирати и простирати у свим срединама (чврстим, течним и гасним) осим у вакууму.

Јачина звука одређена је енергијом која се преноси честицама кроз јединичну површину нормалну на правац кретања таласа у јединици времена.

Брзина звука зависи од својства средине кроз коју звук пролази и њене температуре.

Брзина звука у ваздуху зависно од температуре је између $330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ и $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у води од $1400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ до $1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. У челику и бетону око $5000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; у бакру око $3600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Општа формула за брзину кретања механичког таласа, а тиме и звука је:

$$u = \lambda v$$

Висина звука зависи од фреквенције; што је већа фреквенција то је већа и висина звука и обратно.

Боја (тембр) звука зависи од међусобног односа амплитуда и фреквенције његових саставних компонената.

• **Звучна резонанција** је појава наглог повећања јачине (интензитета) звучног таласа у случају када се фреквенција звучног извора поклопи са фреквенцијом резонатора (тела које је изазвано на принудно осциловање).

ПРВА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

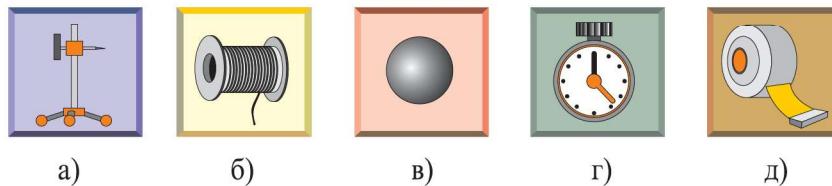
МЕРЕЊЕ ПЕРИОДА ОСЦИЛОВАЊА КЛАТНА

Задатак

Одредити период осциловања тела (куглице) обешеног о конац (нит) занемарљиве масе.

Прибор

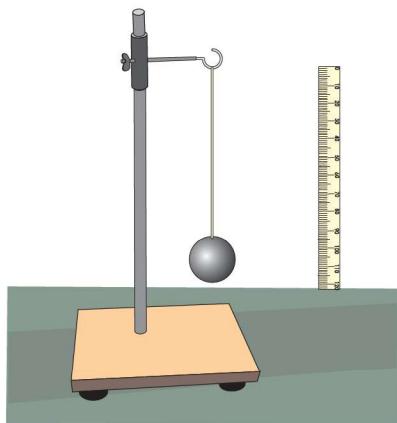
- а) сталак
- б) конац
- в) куглица
- г) хронометар (штоперица)
- д) метарска трака



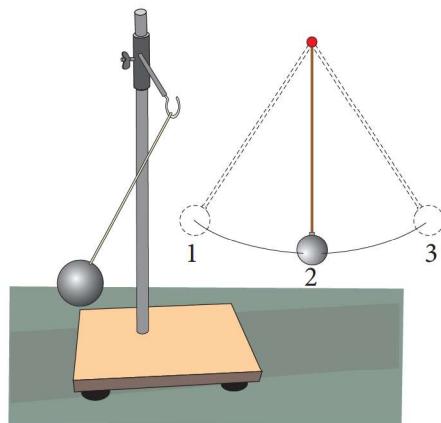
Упутство

Поставити сталак на сто и за њега везати конац са куглицом (слика 1). Затим измерити дужину клатна, односно дужину конца од тачке вешања до средине куглице.

Куглица се изведе из равнотежног положаја и пусти да слободно осцилује. Куглица изврши једну осцилацију кад из почетног положаја (1) прође кроз равнотежни положај (2), пређе на другу страну до тачке (3), врати се кроз равнотежни положај (2) и дође до почетне тачке отклона (1), слика 2.



Слика 1



Слика 2

Мерити време трајања одређеног броја осцилација куглице нпр., 10 осцилација ($n = 10$). После 10 осцилација искључити хронометар (штоперицу) и очитати време t .

Период осциловања износи:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{t}{10}$$

Мерење поновити за различите дужине клатна. За исту дужину клатна може се извршити већи број мерења и наћи средњу вредност његовог периода осциловања.

Приказивање резултата

Добијене резултате унети у табелу.

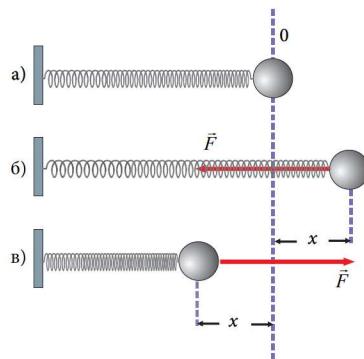
Редни број мерења	Дужина клатна l [cm]	Време трајања осцилације t [s]	Број осцилација n	Период осциловања T [s]
1.				
2.				
3.				

Закључак

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Како се дефинише осцилаторно кретање?

Кретање тела (чесиће) по правој линији наизменично у једном и другом смеру око равнотежног положаја (0), назива се осцилаторно кретање (слика).



2. Које су величине карактеристичне за осцилаторно кретање?

Осцилаторно кретање карактеришу: период и фреквенција осциловања, амплитуда осцилација и одговарајућа механичка енергија (кинетичка и потенцијална).

3. Најмањи временски интервал после ког се осцилаторно кретање понавља на исти начин је:

- а) амплитуда;
- б) фреквенција (учестаност) осциловања;
- в) период осциловања;
- г) не знам.

Под в)

4. Осцилације које се одржавају деловањем спољашње силе, односно доношењем енергије осцилатору, називају се:

- а) слободне осцилације;
- б) пригашене осцилације;
- в) принудне осцилације;
- г) не знам.

Под в)

5. У којим тачкама путање тело које се осцилаторно креће има:

- а) брзину једнаку нули;
- б) убрзање равно нули?

Одговор:

а) тело које се осцилаторно креће има брзину једнаку нули у амплитудном положају;

б) убрзање тела које се осцилаторно креће једнако је нули у тренутку проласка кроз равнотежни положај (јер је сила која одржава кретање једнака нули (равнотежни положај)).

- 6.** У којим тачкама путање тело које врши осцилаторно кретање има:
- максималну брзину;
 - максимално убрзање?

Одговор:

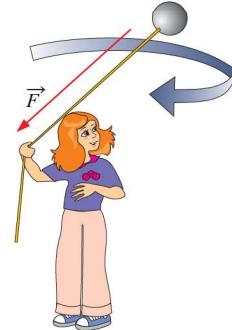
- a) тело које се осцилаторно креће има максималну брзину при проласку кроз равнотежни положај;
 б) убрзање има највећу вредност у амплитудном положају (јер је у том положају највећи интензитет сила која изазива осциловање).

- 7.** Које ефекте узрокују сила трења и сила отпора средине (ваздуха, воде) код осцилаторног кретања тела? Какве осцилације условљавају ове силе?

Сила трења и сила отпора средине (ваздуха или воде) код осцилатроног кретања узрокују смањене енергије осцилатора, а тиме и амплитуде осциловања све док осцилације не ишчезну.

- 8.** Да ли је кружно кретање тела (слика) осцилатроно?

Кретање тела по кружној путањи брзином сталне вредности је периодично, али није осцилаторно (путања није права линија).



- 9.** Куглица масе 0,02 kg везана је за металну опругу и осцилује дуж хоризонталне праве. При проласку кроз равнотежни положај брзина куглице је $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Наћи укупну механичку енергију куглице и одредити највећу вредност потенцијалне енергије током кретања.

Подаци: $m = 0,02 \text{ kg}$, $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $E = ?$, $E_{\text{p}_{\text{max}}} = ?$

Укупна механичка енергија куглице једнака је највећој вредности кинетичке енергије (енергија куглице када пролази кроз равнотежни положај):

$$E = E_{\text{k}_{\text{max}}} = \frac{1}{2} mv^2 = 0,16 \text{ J.}$$

Максимална вредност потенцијалне енергије куглице је у амплитудном положају и износи:

$$E_{\text{p}_{\text{max}}} = E = E_{\text{k}_{\text{max}}} = 0,16 \text{ J.}$$

- 10.** Куглица везана за металну еластичну опругу начини 5 осцилација за 1 s. Наћи период осциловања и фреквенцију осциловања куглице?

Подаци: $n = 5$, $t = 1 \text{ s}$; $T = ?$ $\nu = ?$

Период осциловања кулице је:

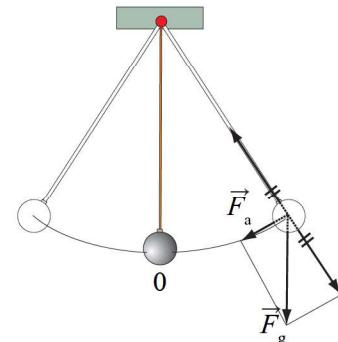
$$T = \frac{t}{n} = 0,2 \text{ s}, \text{ а њена фреквенција } \nu = \frac{n}{t} = 5 \text{ Hz.}$$

11. Чему је једнака укупна механичка енергија тела које врши осцилаторно кре-тање у произвољној тачки путање?

Укупна механичка енергија тела које осцилује (нпр. клајно или тело везано за еластичну оруђу) у било којој тачки йуштање једнака је збиру кинетичке и потенцијалне енергије тела (Закон одржавања енергије).

12. Која сила изазива осцилације тела обешеног о та-нак конац?

Осцилације тела (кулице) обешеној о танак конац (ниш) одржава комбинација Земљине правилационе сile интензитета F_a која делује у правцу тангенције на йуштању. Ова комбинација сile усмерена је према равнотежном положају 0 (слика).

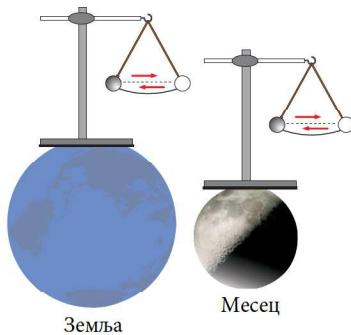


13. Како се могу одржавати осцилације тела (осцилатора) са сталном амплиту-дом?

Осцилације тела са сталном амплитудом могу се одржати довођењем енергије стопља осцилатору којом се надокнађује изгубљена енергија услед терења и оштора средине.

14. Где је већа фреквенција клатна (тела обешеног о конац): на површини Земље или на површини Месеца?

Исти клајно осцилује већом фреквенцијом на по-вршини Земље него на површини Месеца, јер је Земљи-на тежка око 6 пута већа од Месечеве теже.



15. Растојање између два суседна таласна брега (или између две узастопне талас-не доље) на води је:

- а) амплитуда таласа;
- б) таласна дужина;
- в) двострука таласна дужина;
- г) не знам.

Пог 6)

16. Који таласи настају када честице средине осцилују нормално на правац кретања таласа?

Када честице средине осцилују нормално на правац простирања таласа, настају и/orечни (трансверзални) таласи.

17. Шта је таласна дужина?

Таласна дужина је распојање до које се осциловање пренесе за време од једног периода осциловања.

18. Како космонаути одржавају међусобну комуникацију на Месецу?

Месец нема атмосферу, па космонаути нису у могућности да одржавају међусобну везу посредством звучних таласа (звук се не преноси у вакууму), већ то чине радио – везом.

19. Од чега зависи брзина звука кроз дату средину?

Брзина звука зависи од својстава средине и од њене температуре, нпр. брзина звука кроз ваздух зависи од температуре је између $330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ на 0°C и $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ на обичним температурама.

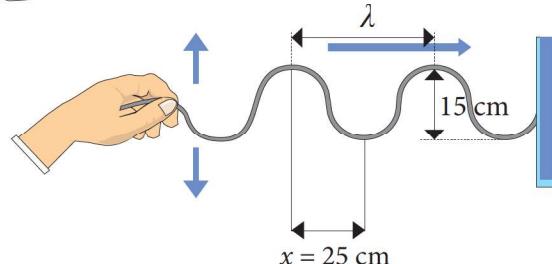
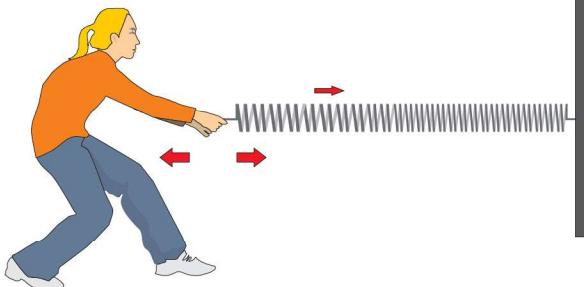
20. Како се називају таласи код којих честице средине осцилују у правцу кретања таласа (слика)?

Таласи код којих честице средине осцилују дуж кретања таласа називају се уздужни (лонгitudinalни) таласи.

21. Талас се простире дуж затегнутог конопца. Хоризонтално растојање између врха таласног брега и дна суседне доље је 25 cm .

- Одредити таласну дужину.
- Колика је амплитуда таласа ако је вертикално растојање између врха брега и дна суседне доље износи 15 cm .

Подаци: $x = 25 \text{ cm}$, $y = 15 \text{ cm}$; $\lambda = ?$ $a = ?$



a) Са слике се види да је: $x = \frac{\lambda}{2}$, односно

$$\lambda = 2x = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m.}$$

б) Амплитуда таласа: $a = \frac{y}{2}$; $a = 7,5 \text{ cm.}$

22. Брзина таласа једнака је производу _____ и _____ осциловања: $u = \underline{\quad} \cdot \underline{\quad}$.

Брзина таласа једнака је производу **таласне дужине** и **фреквенције** осциловања:

$$u = \lambda \cdot v.$$

23. Таласна дужина таласа који слепи миш еmitује је $3,3 \text{ mm}$. Колика је фреквенција тог таласа? Да ли тај талас може човек да региструје? Брзина звука у ваздуху је $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Подаци: $\lambda = 3,3 \text{ mm} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $u = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v = ?$

Брзина звука, таласна дужина и фреквенција везани су релацијом:
 $u = \lambda \cdot v$

Одавде је фреквенција $v = \frac{u}{\lambda} \approx 103\,000 \text{ Hz} = 103 \text{ kHz}$

Пошто је фреквенција таласа који еmitује слепи миш већа од 20 kHz , чулом слуха не може се рејисирати.

24. Зидар испусти чекић са скеле високе $78,48 \text{ m}$ и истовремено узвикне, „пази“. Колико је времена остало да се склони радник испод скеле од тренутка када чује глас зидара? Узети да је брзина звука у ваздуху $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а убрзање Земљине гравитационе силе $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Подаци: $h = 78,48 \text{ m}$, $u = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $t = ?$

Време преостало раднику да се удаљи од месета где чекић йада је:

$$t = t_1 - t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \frac{h}{u} = 3,77 \text{ s.}$$

25. Са обале океана емитују се два звучна сигнала: кроз воду и ваздух. На преко-океанском броду сигнали су примљени у размаку од 15 s. Одредити растојање од обале до брода. Брзина звука у ваздуху је $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у води $1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Подаци: $t_1 - t_2 = 15 \text{ s}$, $u_1 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $u_2 = 1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $s = ?$

Време за које звучни талас кроз ваздух стигаје до брода је:

$$t_1 = \frac{s}{u_1}, \text{ а кроз воду } t_2 = \frac{s}{u_2}.$$

Разлика тих времена износи:

$$t_1 - t_2 = \Delta t = \frac{s_1}{u_1} - \frac{s}{u_2} = \frac{s(u_2 - u_1)}{u_1 \cdot u_2},$$

одакле је: $s = \frac{u_1 \cdot u_2}{u_2 - u_1} \cdot \Delta t \approx 6648 \text{ m.}$

26. Када војници прелазе преко мањег моста не би требало да марширају. Зашто?

Када би војници корачали истовремено преко моста, моћи би изазвати његово осциловање, а тиме и резонанцију која може довести до рушења моста.

27. Које су основне карактеристике звука и од чега оне зависе?

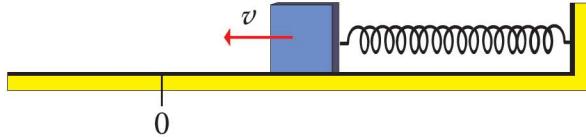
Основна својства звука су: брзина, јачина, висина и боја звука. Брзина звука зависи од природе средине кроз коју се звук простира и од температуре. Јачина звука сразмерна је енергији која се у јединици времена пренесе честицама (молекулама, атомима) кроз јединичну површину нормалну на правца крећања звука. Висина звука сразмерна је фреквенцији осциловања честице. Звук веће фреквенције има већу висину од звука мање фреквенције. Боја звука зависи од односа амплитуда и фреквенција његових саставних компонената.

ТЕСТ ЗНАЊА

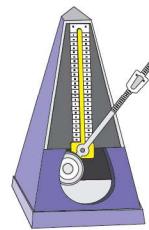


1. Тело везано за један крај металне еластичне опруге осцилује дуж хоризонталне праве (слика) под дејством:

- а) Земљине теже;
- б) тежине тела;
- в) неке спољашње силе;
- г) силе еластичности опруге;
- д) не знам.



2. Метроном начини 10 осцилација за 5 s. Одредити период фреквенције осциловања метронома.



Број поена 5

Број поена 5

3. Колики је период осциловања тела са фреквенцијом од 50 Hz?

- а) 20 s; б) 20 min; в) 10 min; г) 20 ms; н) не знам.

Број поена 5

4. У којим тачкама путање тело које осцилује има:

- а) само потенцијалну енергију;
- б) само кинетичку енергију?

Број поена 10

5. Куглица обешена о конац занемарљиве масе осцилује око равнотежног положаја. Да ли се разликују њени периоди осциловања на Земљи и Месецу?

Број поена 10

6. Када је опруга хемијске оловке максимално сабијена, потенцијална енергија мине је 2 J. Колика ће бити брзина мине у тренутку проласка кроз равнотежни положај (недеформисано стање опруге) ако је маса мине 10 g?

Број поена 10

7. Колика је таласна дужина звучног таласа чија је фреквенција 2000 Hz:

- а) у води;

- б) у ваздуху?

Брзина звука у води је $1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у ваздуху $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

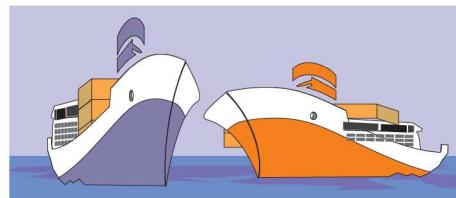
Број поена 10

8. Зашто се звук боље чује у затвореном простору (у сали) него на отвореном простору?

Број поена 5

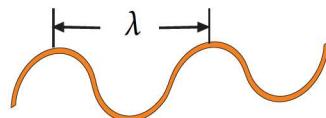
9. Са једног брода су истовремено упућени звучни таласи кроз воду и ваздух. На другом броду ови таласи су примљени у размаку од 5 s.

Брзина звука у ваздуху је $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у води $1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Одредити растојање између бродова?



Број поена 10

10. Рибар са усидреним чамцем избројао је да поред крме његове лађе прође 15 таласних брегова током једног минута. Растојање између врхова суседних брегова износи 34 m. Одредити брзину таласа.



Број поена 10

11. Посетилац концерта налази се 34 m од места (бине) на коме се изводи програм. Концерт се преноси преко сателита и прати га слушалац на удаљености 5100 km. До којег од тих слушалаца доспевају пре звуци музике? Брзина простирања звука у ваздуху је $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а брзина радио – таласа $300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Број пона 10

12. Које карактеристике мења звучни талас при проласку из једне у другу средину, нпр. из ваздуха у воду?

Број појна 5

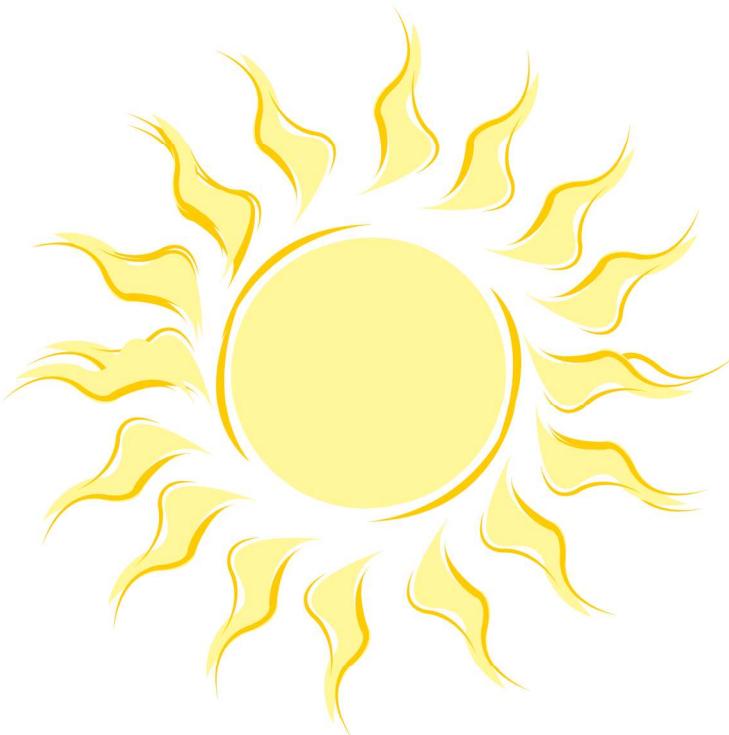
13. Које природне изворе ултразвука познајете?

Број појна 5

СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ

Кључне речи:

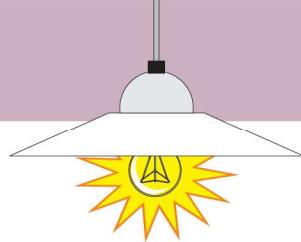
геометријска оптика, праволинијско простирање светлости, сенка и полусенка, закони одбијања светлости, лик, равна и сферна огледала, жижка огледала, брзина светлости, индекс преламања, преламање светлости, тотална рефлексија, призме, сабирна и расипна сочива, жижка сочива, увећање, лупа, микроскоп



Без (Сунчеве) светлости не би постојао живот на нашој планети. Земља (као и остale планете Сунчевог система) била би „мртво“ небеско тело. О светлости која живот значи говорили су и писали не само физичари него и многи други научници, уметници и књижевници. То је и разумљиво, с обзиром да највећи део информација о свету који нас окружује примамо чулом вида посредством светлости.

У историји физике постојале су разне теорије о светлости. Али потпунија теорија светлости могла се формирати, тек после упознавања структуре атома (молекула). Почетком XX века дошло се до сазнања да се светлост „рађа“ у атому (молекулу) као резултат процеса који се одвијају на том нивоу материје. (О томе ћете више сазнати у средњој школи.)

Сада ћемо светлосне појаве и њихове основне законе упознати са становишта **геометријске оптике** (област физике заснована на геометријским појмовима).



СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ

УВОД

Област физике у којој се изучавају светлосне појаве и њихови закони назива се **оптика**. Дели се на **геометријску** и **физичку оптику**. У овом поглављу упознаћемо основе геометријске оптике, а физичка оптика изучаваће се у средњој школи.

Светлосне појаве су изузетно значајне. Без (Сунчеве) светlostи не би постојао живот на нашој планети. Земља би била „мртво“ небеско тело. Под дејством светlostи изазивају се, подстичу и одржавају сложени биолошки, хемијски, физички и други процеси без којих би се живот угасио. То је било познато људима од давнина, још у почетку развоја цивилизације. Зато су о светlostи (која живот значи) говорили и писали многи научници, књижевници, уметници...

На питање шта је у ствари светlost, није једноставно одговорити. У тражењу одговора треба да „завиримо“ у структуру атома. Упознавање атомског света омогућава да се потпуније говори о настајању и природи светlostи. (О томе ћemo више сазнати у средњој школи.) Сада ћemo светлосне појаве и њихове законе упознati само са становишта геометријске оптике.

Када још нису били познати порекло и природа светlostи, уведени су (а касније и прихваћени) неки геометријски појмови на којима се заснива геометријска оптика. **Основни појмови геометријске оптике су: тачкасти светлосни извор, светлосни зрак, светлосни сноп** и чињеница да се **светlost у хомогеној средини простире праволинијски**.

Услов за постојање светlostи је извор који еmitујe светlost.

Извор светlostи чије се димензије могу занемарити у односу на растојање на коме се посматрају светлосне појаве, односно њихови ефекти назива се **тачкасти светлосни извор**. То је на пример мала електрична сијалица у лабораторији или кабинету физике. Чак и огромно Сунце, може се посматрати као тачкасти светлосни извор у односу на његову удаљеност од Земље.

Под **светлосним зраком** подразумева се правац простирања светlostи. Приказује се оријентисаном полуправом која полази од светлосног извора.

Скуп светлосних зрака чини **светлосни сноп**.

Геометријски појмови који се користе за описивање светлосних појава су идеализовани модели. Идеализовани модели су се користили и при описивању механичког кретања: материјална тачка, референтно тело и други. На основу геометријских појмова описују се светлосне појаве као што су одбијање и преламање светlostи. Успешно се користе и при конструкцији ликова предмета код равних и сферних огледала, сочива и у оптичким инструментима (лупа, микроскоп, дурбин и телескоп, о којима ће посебно бити речи).

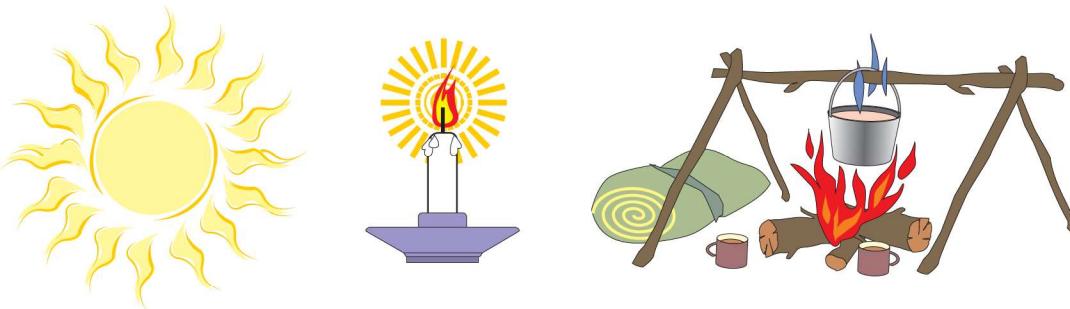
СВЕТЛОСНИ ИЗВОРИ

Врсте светлосних извора. Појам светлости (користи се и термин зрачење) у ширем значењу обухвата видљиви и невидљиви део светлости. Под видљивим делом светлости, који се често назива бела или дневна светлост, подразумева се светлост коју опажа људско око. Посредством тог дела (облика) светлости видимо свет око нас. У невидљиво зрачење (светлост) спадају, на пример топлотни зраци, рендгенски зраци и други. Не опажају се чулом вида, али се могу детектовати посредним путем на основу њихових ефеката.

Из претходног следи да се може говорити о изворима видљиве и невидљиве светлости. У нашем разматрању ограничићемо се само на изворе видљиве (беле) светлости (сл. 2.1).

При дневној светлости, или при светлости електричне сијалице, видимо око нас и тела која нису светлосни извори (зграде, дрвеће, намештај, књиге). Ова тела видимо, јер и од њих до ока стиже одбијена светлост која потиче од извора који их осветљава. Месец је, на пример, тамно небеско тело, али га видимо јер се од њега одбија Сунчева светлост, која доспева до посматрача. То су тзв. **посредни или секундарни извори светлости**.

Сунце и звезде су **природни светлосни извори**, док су остала тела, нпр. загрејано и усијано метално тело, пламен свеће, светлећи гас у стакленим цевима, **вештачки светлосни извори**.



Сл. 2.1. Извори светлости

Најчешће се користе **термички** (топлотни) светлосни извори који настају загревањем тела. Метално тело се може поступно загрејавати, најпре до црвеног, потом жутог и најзад белог усијања (изнад $1\,500^{\circ}\text{C}$). Оно тада зрачи енергију у облику беле (видљиве) светлости.

У светлосним изворима се топлотна, хемијска и други облици енергије, претварају у светлосну енергију.

Сви светлосни извори емитују светлост која је иста по природи, на пример, Сунце, упаљена сијалица и инсект свитац емитују светлост исте природе.

Метал, дрво, земља, камен и друга тела која одбијају или упијају светлост су **непровидна тела**, а вода, стакло, лед, дијамант и друга тела кроз која светлост пролази су **провидна тела**.

Праволинијско простирање светлости

У хомогеним срединама (свуда иста густина), као што су ваздух и вода, светлост се од извора простира праволинијски у свим правцима. Светлост се простира праволинијски и кроз вакуум и космички простор. Праволинијско простирање светлости доказују једноставни огледи који се могу извести и у обичним условима.

Пламен свеће посматрамо кроз отворе избушене на два картона (може три и више) који су постављени на сталцима. Светлосни извор можемо да видимо само онда ако су оба отвора на правцу светлосног зрака (сл. 2.2). Дакле, **од извора у хомогеној средини (ваздуху) светлост се простира праволинијски**.

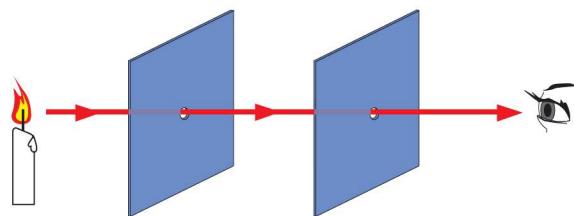
Праволинијско простирање светлости потврђује се и огледом. Ако упаљену свећу посматрамо кроз издужену гумену цев, онда видимо њену светлост. Када се цев савије, светлост свеће се више не види (сл. 2.3).

Сигурно сте имали прилику да посматрате Сунчеву светлост пропуштену кроз мале отворе у замрачену просторију (лабораторију или кабинет физике). Тада се јасно уочавају праволинијски снопови светлости.

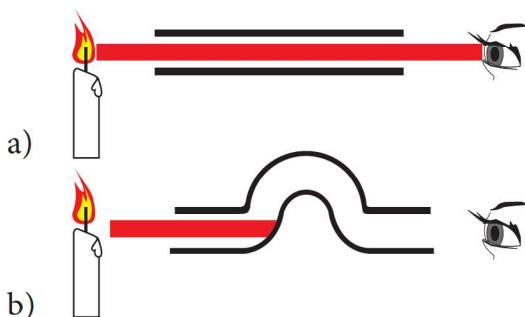
Праволинијско простирање светлости може се запазити ујутро приликом изласка Сунца, када се прође шумом или парком. Тада се сунчеви зраци пробијају кроз јутарњу измаглицу (сл. 2.4).

Сноп светлости најједноставније се добија помоћу електричне батеријске лампе (сл. 2.5).

У хомогеној средини светлост се од извора простира праволинијски.



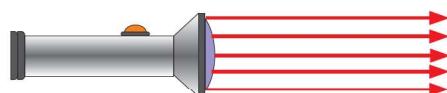
Сл. 2.2. Светлост се простира праволинијски



Сл. 2.3. Доказ да се светлост простира праволинијски



Сл. 2.4 Зраци сунчеве светлости кроз јутарњу измаглицу

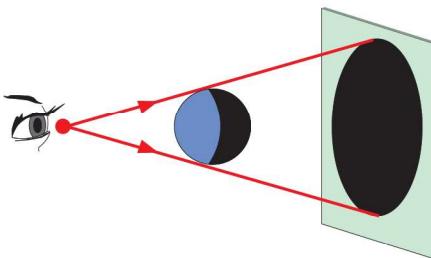


Сл. 2.5. Сноп светлости електричне лампе

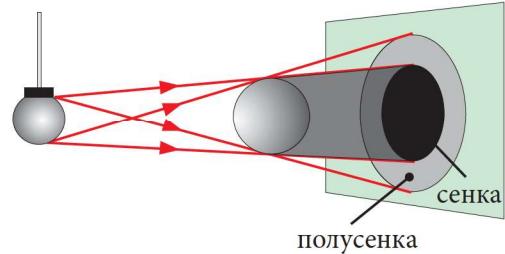
СЕНКА И ПОЛУСЕНКА

Када светлост пада на непровидан предмет (тело) иза њега настаје **сенка** и **полусенка**. То је последица праволинијског простирања светлости. Величина сенке и полусенке, њихов облик и оштрина зависе од величине светлосног извора и величине осветљеног предмета, као и од њиховог узајамног положаја и удаљености. Из а непровидног предмета осветљеног тачкастим светлосним извором јавља се **сенка** са оштрим границама између осветљеног и неосветљеног дела простора (сл. 2.6). У простору сенке не стиже ни један светлосни зрак.

Ако се мала лопта осветли неким извором већих димензија, на пример, сијалицом у великој млечној кугли (сл. 2.7), на застору ће се појавити таман простор – сенка, а око ње појавити јакојак простор, који се назива **полусенка**. У **полусенку** продире мањи део светлости од светлосног извора, и то само са неких његових тачака, па је то подручје само делимично осветљено. Таква сенка нема оштре границе већ неосветљени простор постепено прелази у осветљени (сл. 2.7).



Сл. 2.6. Сенка тела осветљеног тачкастим извором



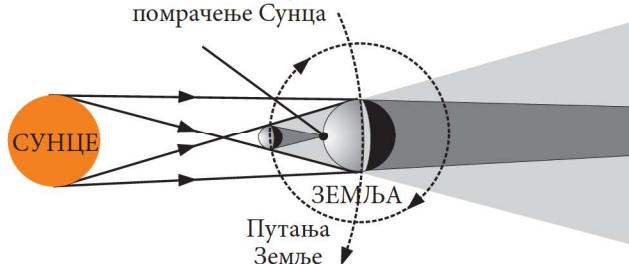
Сл. 2.7. Поява сенке и йолосенке

Помрачење Сунца и Месеца

Познате појаве у природи – помрачење Сунца и Месеца, последица су праволинијског простирања светлости. Ове појаве могу да настану када се Сунце, Месец и Земља нађу на истом правцу.

Помрачење Сунца. Настаје када се у правој линији нађу Сунце – Месец – Земља. Тада сенка Месеца „прелази“ преко Земљине површине (сл. 2.8). Како је Месечева сенка мања од Земље, помрачење Сунца може се посматрати само са мањег дела Земљине површине. На тим местима, Месец делимично, а у неким случајевима и у потпуности заклања Сунце.

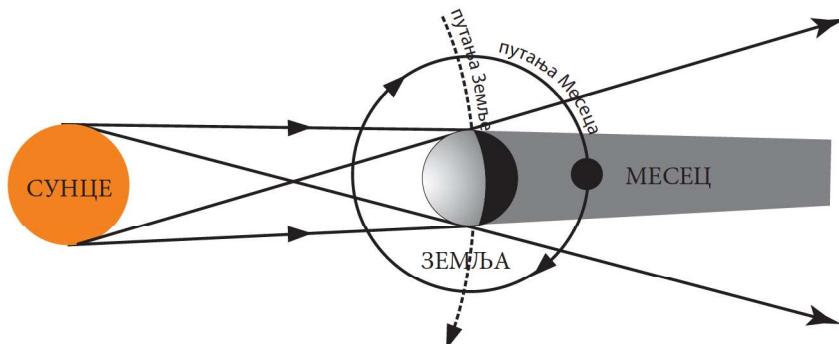
Само са овог места на
Земљи види се потпuno
помрачење Сунца



Сл. 2.8. Помрачење Сунца

Помрачење Месеца. Појављује се кад Месец уђе у Земљину сенку. То настаје онда када се Месец, при кретању око Земље, нађе на правцу Сунце – Земља (сл. 2.9). Месец је тамно небеско тело и постаје видљиво само ако га осветле Сунчеви зраци. При помрачењу Месец се налази у сенци Земље, где нема Сунчеве светлости. Како је сенка Земље много већа од Месеца, помрачење Месеца траје и по неколико сати, тј. док Месец не изађе из сенке.

Сл. 2.9. Помрачење
Месеца



ОДБИЈАЊЕ СВЕТЛОСТИ

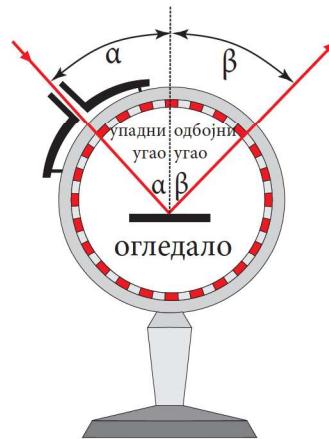
Светлост од Сунца и других извора не доспева директно до нас, осим када те изворе директно посматрамо. До нашег чула вида углавном долази одбијена светлост од околних тела. Када не би постојала појава одбијања светлости, многа тела би била невидљива. Међу тим телима био би и Месец јер он није извор светлости. Он постаје видљиво тело само зато што се од њега одбија Сунчева светлост посредством које га видимо.

Најчешће, пред зајазак Сунца, када гледамо према прозору удаљене куће на страни супротној Сунцу, прозор забљешти као да гледамо у Сунце (зашто баш тада?). Слично се дешава ако гледамо у мирну површину воде према лику Сунца које залази, она бљешти. Сунчева светлост се огледалима може управити да пада на разне предмете.

На површини мирне воде или обичног огледала можемо се огледати (видети свој лик). Све те, и многе друге, појаве настају као последица **одбијања светлости**.

Одбијање светлосних зрака од граничне површине која раздваја две средине различитих густина назива се одбијање светлости.

За проучавање Закона одбијања светлости користи се апарат који се зове **оптичка плоча**. То је кружна плоча, на чијем ободу су обележени угаони степени. У центар плоче постављено је равно огледало. Светлост се пропушта кроз узан отвор који се може померати по ободу. Светлост (узан сноп, зрак) пада на огледало и одбија се. Угао између упадног зрака и нормале подигнуте у тачку у којој зрак погађа огледало зове се **упадни угао**, а угао између одбијеног зрака и нормале – **одбојни угао**.



Сл. 2.10. Оптичка плоча –
одбијање светлости

(сл. 2.10). При одбијању светлости ова два угла су увек једнака. Када се светлосни извор постави тако да упадни зрак има правац нормале, упадни угао је једнак нули, што значи да је и одбојни угао нула. На уређају се тада види само један зрак – упадни и одбојни зрак имају исти правац (поклапају се), али супротне смерове.

Закон одбијања светлости гласи:

$$\alpha = \beta$$

Упадни угао једнак је одбојном углу. Упадни зрак, нормала и одбојни зрак леже у истој равни, која је нормална на површину од које се одбија светлост.

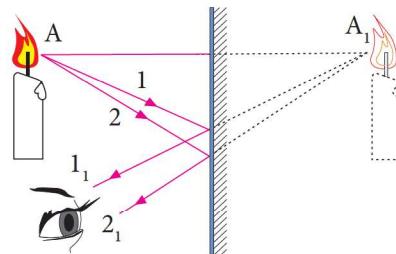
РАВНА ОГЛЕДАЛА

Углачана равна површина, која одбија највећи део упадних зрака, назива се **равно огледало**. Служи за промену правца светлосних зрака. Својства равног огледала има добро углачана метална површина или стакло које је с једне стране метализовано. Огледала која користимо најчешће су израђена од посребреног стакла. Од равне површине светлосни зраци се одбијају по законима одбијања светлости.

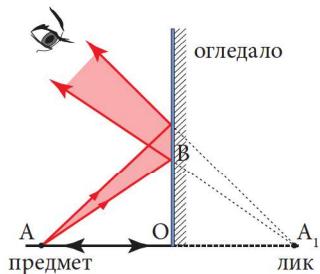
Лик предмета у равном огледалу. Предмет на слици 2.11 је упаљена свећа. Њен лик у равном огледалу добија се тако што се из тачке A повуку најмање два светлосна зрака који се од равног огледала одбијају под различитим угловима (међусобно се разилазе). На пресеку продужених праваца одбијених зракова налази се тачка A_1 . На сличан начин добијају се ликови и осталих тачака свеће. Њиховим повезивањем добија се лик свеће у целини.

Лик предмета у равном огледалу је усправан, нереалан (имагинаран), јер се добија на пресеку продужених праваца одбијених зракова (нереални зраци). Исте је величине као предмет. Привидно је удаљен иза огледала колико је предмет испред огледала.

Лик тачкастог предмета. Конструкција лика тачкастог предмета у равном огледалу показана је на слици 2.12. Од тачке A полазе два светлосна зрака који погађају огледало под разним угловима. Одбијају се од огледала, такође под различитим угловима. Продужени правац одбијених зрака секу се у тачки A_1 која представља лик предмета (тачке A).



Сл. 2.11. Лик свеће ког равното огледало



Сл. 2.12. Лик тачкастог предмета ког равното огледалу



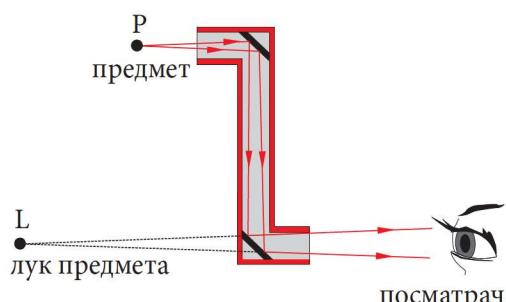
Сл. 2.13. Лик дечака у равном огледалу

Дечак стоји испред равног огледала и у њему види свој лик (сл. 2.13). Очito је да светлосни зраци не могу да прођу кроз непровидну подлогу огледала. То значи да лик који даје равно огледало није стваран; он је **привидан** или **виртуалан (нереалан) лик**.

Левој страни предмета одговара десна страна у његовом лицу код равног огледала и обрнуто. Ако особа испред огледала подметне десну руку, тада је код њеног лица (у равном огледалу) подигнута лева рука.

Употреба равног огледала. Равно огледало је у свакодневној употреби, а налази значајну примену у разним оптичким апаратима, на пример код **перископа**.

Перископ је цев у којој су постављена два равна огледала која су међусобно паралелна. Једно огледало је постављено при врху, а друго при дну цеви (сл. 2.14). Перископ се примењује у подморницима за посматрање предмета изнад површине воде или кретање бродова, и у рововима за посматрање заклоњених објеката.



Сл. 2.14. Перископ са равним огледалима

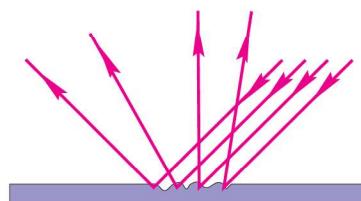
ДИФУЗНА СВЕТЛОСТ

Сунчеви зраци, који су практично паралелни (долазе од удаљеног Сунца), када падају на равно огледало одбијају се тако што су и одбијени зраци паралелни. Међутим, када Сунчеви зраци падају на површину која није равна, на пример на снежну површину, они се такође одбијају или неправилно (расипају се) и не може се видети лик Сунца. Површина снега је неравна па одбијени зраци имају различите правце. То је **дифузна светлост** (сл. 2.15).

Када светлост, на пример, електричне сијалице, падне на страницу књиге, она се дифузно одбија. Кажемо да се та светлост распршује (неправилно расипа). Таква светлост нам омогућује читање књиге. Шта би се десило да се светлост од листа хартије одбија као од равног огледала?

Код дифузног одбијања важе исти закони одбијања светлости као и од равног огледала, само што рапаве површине чине велики број малих различито оријентисаних површина, због чега се упадни паралелни зраци одбијају у различитим смеровима. Дифузно одбијање светлости омогућује нам посматрање предмета око нас.

Дневна светлост је последица дифузног одбијања Сунчеве светлости на честицама у атмосфери и на околним предметима. Вечерњи смирај и рана зора последица су дифузног одбијања Сунчеве светлости у вишим слојевима атмосфере, док је Сунце још испод хоризонта.

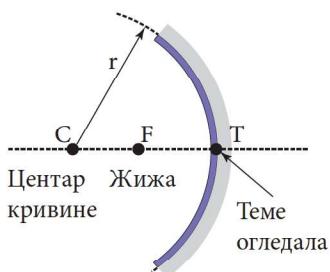


Сл. 2.15. Дифузно одбијање светлости

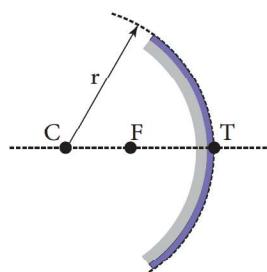
СФЕРНА ОГЛЕДАЛА

Осим равних огледала постоје и огледала чије су углачане површине закривљене, најчешће сферног облика.

Сферна огледала представљају делове (одсечке) сферних површина (површине лопте). Постоје издубљена (конкавна) и испупчена (конвексна) сферна огледала, зависно од тога која је страна углачана, тј. са које стране се одбија светлост (сл. 2.16 и сл. 2.17).



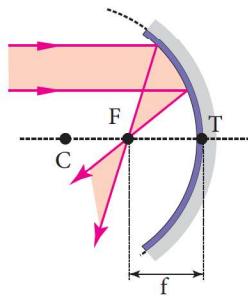
Сл. 2.16. Издубљено (конкавно) огледало



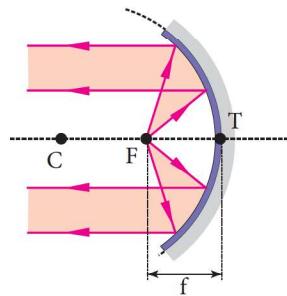
Сл. 2.17. Испупчено (конвексно) огледало

Елементи сферног огледала су: **центар кривине** С који је центар лопте, чији је одсечак сферно огледало, **теме огледала** Т – врх сферног одсечка, **полупречник кривине** r и **главна оптичка оса** – права која пролази кроз теме огледала и центар кривине (ТС).

Издубљено (конкавно) огледало. За сваки зрак светlostи, који се одбија од површине сферног огледала важи закон одбијања (упадни угао једнак је одбојном). Паралелни зраци, који падају на сферно издубљено огледало у правцу главне оптичке осе, после одбијања секу главну оптичку осу у тачки F која се назива **жижка** или **фокус** (сл. 2.18). Одбијени зраци се сабирају, а пресечена тачка се налази приближно на средини између темена и центра кривине. Растојање од темена до жиже је жижна даљина f , па је $f = r / 2$.



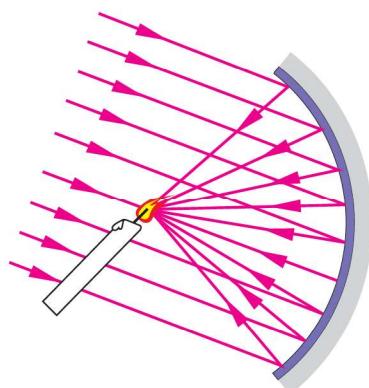
Сл. 2.18. Лик удаљеној предмета (на пример, Сунца) налази се у жижи издубљеног (конкавног) огледала



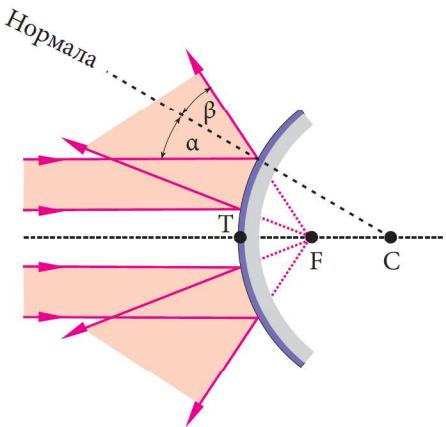
Сл. 2.19. Лик тачкастог предмета који је у жижи, у издубљеном огледалу је веома удаљен (у бесконачности)

Ако се тачкасти светлосни извор налази у жижки издубљеног конкавног огледала, онда су светлосни зраци после одбијања паралелни са главном осом (сл. 2.19).

Светлосни зраци су носиоци топлотне енергије што се може показати скупљањем одбијених зрака у жижу. Стављањем резервоара термометра у жижу издубљеног огледала, температура нагло порасте, а хартија или палидрвце се запали (сл. 2.20). Сунчеви зраци који падају на издубљено огледало дају лик Сунца у пресеку одбијених зрака (приближан положај жиже). Испробајте паљење хартије помоћу издубљеног огледала.



Сл. 2.20. Паљење палидрвца помоћу издубљеног (конкавног) огледала



Сл. 2.21. Лик удаљеног предмета у искривленом (конвексном) огледалу је у имагинарној жижи

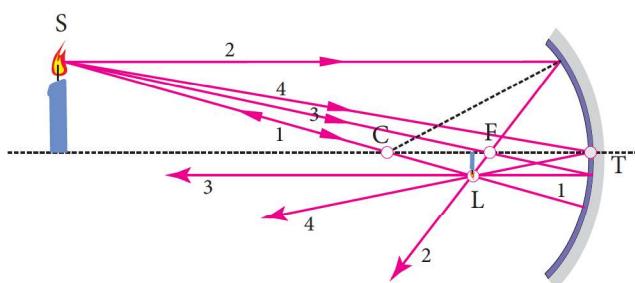
Испупчено (конвексно) огледало.

Када светлосни зраци падају паралелно главној оси на испупчено (конвексно) огледало, они се од њега одбијају тако, да њихови продужени правци секу главну осу у жижи (имагинарна жижка), као на слици 2.21.

ЛИК ПРЕДМЕТА КОД СФЕРНИХ ОГЛЕДАЛА

Лик код издубљеног сферног огледала. Предмет нека буде упаљена свећа, чији лик пратимо на заклону (мутно стакло, лист хартије, картон).

За конструкцију ликова код сферних огледала користе се карактеристични зраци који полазе од предмета, и то најмање два зрака. Обично се узимају крајње тачке па се њихови ликови спајају да би се добио одговарајући лик целог предмета. Може се узети и више од две тачке. Како се конструкције лик једне тачке, тако и све остале тачке предмета. Узимају се четири карактеристична зрака (сл. 2.22), мада су за конструкцију лица једне тачке предмета довољна само два зрака. Карактеристични упадни и њихови одбојни зраци на слици су обележени бројевима 1–1, 2–2, 3–3, 4–4.

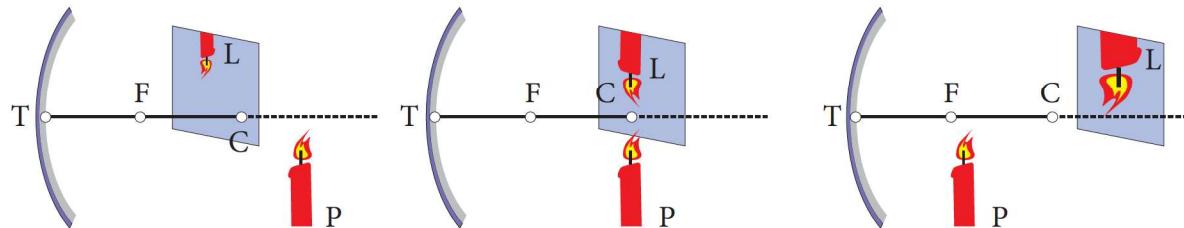


Сл. 2.22. Карактеристични зраци издубљеног (конкавног) огледала

- Зрак 1–1 полази од тачке светлосног извора (свеће, предмета) и пролази кроз центар кривине C, пада нормално на огледало (правац полуупречника) и одбија се у истом правцу, али у супротном смеру.
- Зрак 2–2 паралелан је са главном (оптичком) осом, после одбијања пролази кроз жижу F.
- Зрак 3–3 пролази кроз жижу, а после одбијања паралелан је са главном оптичком осом.
- Зрак 4–4 пада у теме огледала под извесним углом са главном оптичком осом и одбија се под истим углом.

Сада ћемо пратити лик код издубљеног сферног огледала зависно од растојања предмета од темена огледала. За предмет ћемо узети упаљену свећу, а као заклон на коме се посматра лик – лист папира или мутно стакло. Размотрићемо неколико случајева:

- Предмет се налази на већем растојању од центра кривине.** Лик је реалан и налази се између жиже и центра кривине. Он је изврнут и умањен (сл. 2.23).
- Предмет је у центру кривине.** Лик је такође у центру кривине, реалан је, изврнут и исте величине као и предмет (сл. 2.24).
- Предмет се налази између жиже и центра кривине.** Лик је на већем растојању од центра кривине, реалан, изврнут и увећан (сл. 2.25).

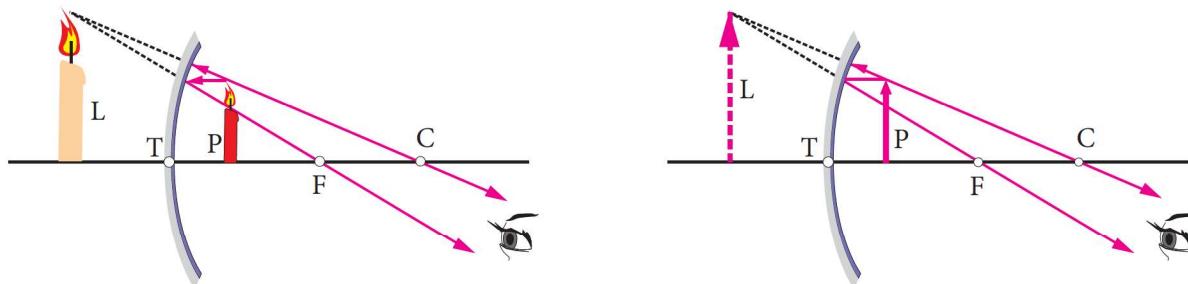


Сл. 2.23. Лик предмета који се налази на већем растојању од центра кривине издубљеној огледала

Сл. 2.24. Лик предмета који се налази у центру кривине издубљеној огледала

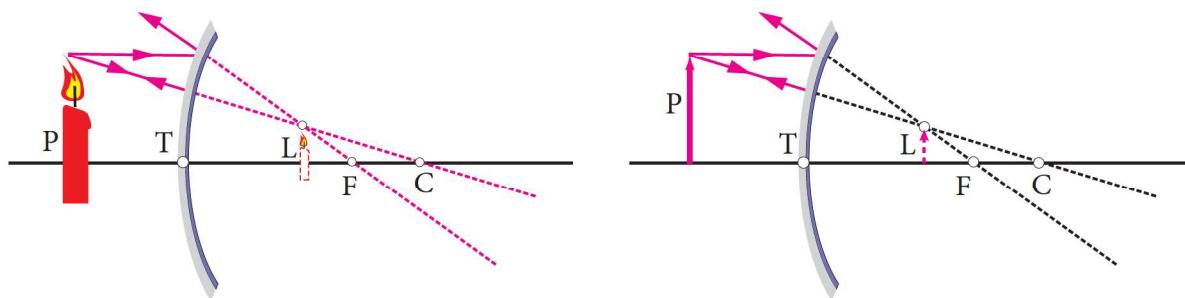
Сл. 2.25. Лик предмета који се налази између жиже и центра кривине издубљеној огледала

- Предмет је између жиже и темена огледала.** Лик се формира са друге стране издубљеног огледала, имагинаран, усправан и увећан (сл. 2.26).



Сл. 2.26. Лик предмета који се налази између жиже и темена издубљеној огледала

Лик предмета код испупченог огледала. Конструкција лика предмета (свеће) P код испупченог (конвексног) огледала приказана је на слици 2.27. Узета су два карактеристична зрака. Један зрак је паралелан са главном оптичком осом и одбија се од огледала тако да његов продужени правац пролази кроз жижу F. Други светлосни зрак упада на огледало у правцу полупречника сферног огледала. Он се одбија, такође, у правцу полупречника, али у супротном смеру. Одбијени зраци се разилазе (нигде се не секу) тако да да може настати стваран лик. Продужени правац првог одбијеног зрака пресеца продужени правац другог зрака. Тачка њиховог пресека одређује врх лика свеће. На сличан начин могу да се одреде ликови и осталих тачака предмета (свеће). Тако се добија коначан лик L предмета P. Лик је усправан, умањен и привидан (имагинаран).

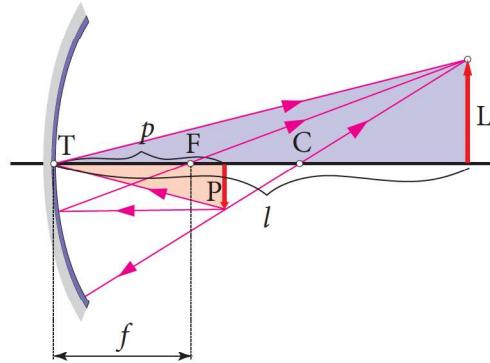


Сл. 2.27. Лик предмета (свеће) у испућеном (конвексном) огледалу

Једначина сферног огледала. Повезује удаљености предмета, лика и жиже од темена огледала. На слици 2.28 даљина предмета означена је са p , а даљина лика са l . Даљина лика зависи од даљине предмета p и жижне даљине огледала f , а њихов однос изражава се једначином:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

где је $r = 2f$ – полупречник сфере чији је део сферно огледало.



Сл. 2.28. Извођење једначине издубљеној сферној огледалу

Збир реципрочних вредности даљине предмета и даљине лика код издубљеног (конкавног) огледала једнак је реципрочној вредности жижне даљине.

Код испупченог огледала, независно од положаја предмета који је увек реалан, лик и жижа су привидни (налазе се на пресеку продужених праваца одбијених зракова). Због тога се у једначини испупченог огледала испред чланова у којима су жижна даљина и даљина лика налазе негативни предзнаци. На основу тога, једначина испупченог (конвексног) огледала има облик:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f}.$$

Увећање огледала. Увећање огледала одређује се односом дужине лика и дужине предмета, тј. односом удаљености лица и предмета од темена огледала. Најчешће се обележава са u . Из сличности троуглова (сл. 2.28), налази се:

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

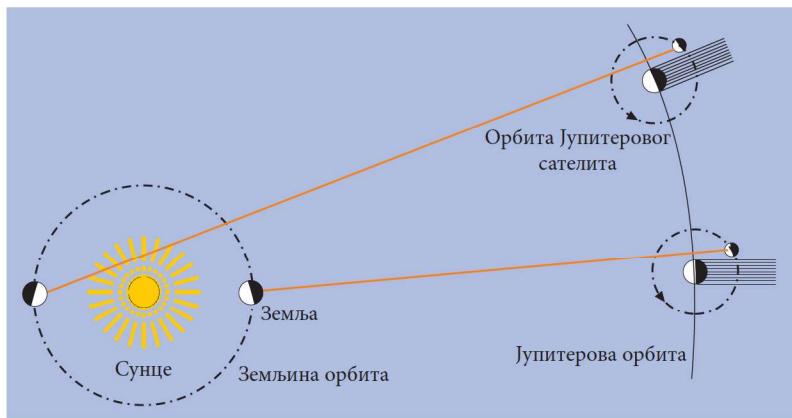
Ово је тзв. **линеарно увећање огледала**: однос линеарних димензија (дужина) лица и предмета, односно њихових удаљености од темена огледала.

БРЗИНА СВЕТЛОСТИ

У античким временима и средњем веку се сматрало да се светлост тренутно простире, то јест, да је њена брзина бескрајно велика и да се не може мерити. Тек у другој половини XVII века је схваћено да је брзина светлости, иако велика, ипак коначна. Пошто је вредност брзине светлости веома велика, прва мерења нису могла да се изврше на Земљи, јер светлост прелази земаљска растојања за кратка времена која нису могла да се мере. Зато су прве методе за одређивање брзине светлости биле **астрономске методе**.

Астрономска метода мерења брзине светлости. У XVII веку дански астроном Олаф Ремер је успео да одреди брзину светлости (1675) и то на следећи начин.

Са Земље је посматрао кретање Јупитеровог Месеца. Установио је да тај месец (сателит) на путу (орбити) око Јупитера улази и излази из Јупитерове сенке. Олаф Ремер је мерио време између два узастопна изласка (заласка) месеца из Јупитерове сенке. На основу тога направио је табелу тих излазака и залазака за неколико месеци, почевши у тренутку када је Земља била најближа Јупитеру. Међутим, после шест месеци, открио је да његова предвиђања „журе“ за око 1000 секунди. Познато је да Земља обиђе орбиту око Сунца за 1 годину, а Јупитер за нешто више од 12 година. Док је Земља обишла половину своје путање око Сунца, Јупитер је прешао само део своје путање. Стога се може сматрати да растојање између ова два гранична положаја Земље приближно одговара пречнику Земљине путање око Сунца (сл. 2.29).



Сл. 2.29. Ремерова (астрономска) метода одређивања брзине светлости

Време од 1000 s је било потребно да светлосни зрак пређе пут приближно једнак пречнику Земљине путање (орбите) око Сунца. Пошто растојање од Земље до Сунца износи око 150 милиона километара (полупречник Земљине путање око Сунца), брзина светлости која се обично означава са c , износи:

$$c = \frac{s}{t} = \frac{2 \cdot 150000000}{1000} = 300\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Методе одређивања брзине светлости временом су усавршене и добијени су прецизнији резултати, али се не разликују битно од вредности која је добијена астрономским методама.

Претходно добијена вредност брзине светлости односи се на вакуум, приближно и за ваздух ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). То је, према савременој физици, највећа могућа брзина у природи.

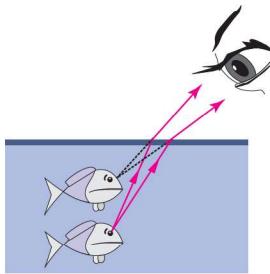
Брзина светлости у разним срединама има различите вредности. У вакууму (приближно и у ваздуху) као што смо казали, има највећу вредност ($c = 300\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$), а у води око $225\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, стаклу приближно $200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

За две средине, у којима се светлост простира различитим брзинама, кажемо да имају различите оптичке густине. Провидна средина у којој се светлост брже простира оптички је рећа, и обратно. Ваздух је, нпр., оптички рећа средина од воде и стакла, а стакло је оптички гушће од ваздуха и воде.

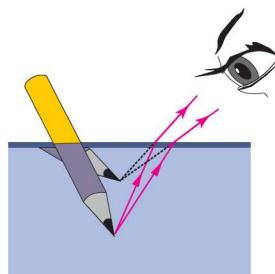
ПРЕЛАМАЊЕ СВЕТЛОСТИ. ИНДЕКС ПРЕЛАМАЊА

Промена правца светлосних зрака на граничној површини која раздваја две средине различитих оптичких густина, назива се **преламање светлости**. Појава преламања светлости изазива разне последице. Навешћемо неке примере који су вама (верујемо) познати.

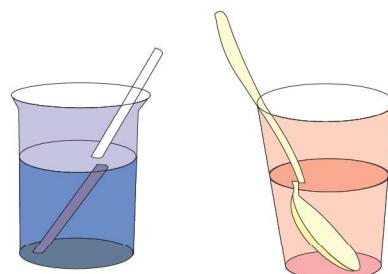
Када загазимо у воду, ноге нам изгледају краће. Камен или риба (сл. 2.30) посматрани у бистрој води изгледају као да су подигнути, а дно реке – плиће. Предмет (оловка, штап, кашика) постављен косо, тако да један његов део буде у води, изгледа као преломљен на граничној површини воде и ваздуха (сл. 2.31).



Сл. 2.30. Стварни и привидни положај рибе у води



Сл. 2.31. Предмети (оловка, штап и кашика) постavljeni u води

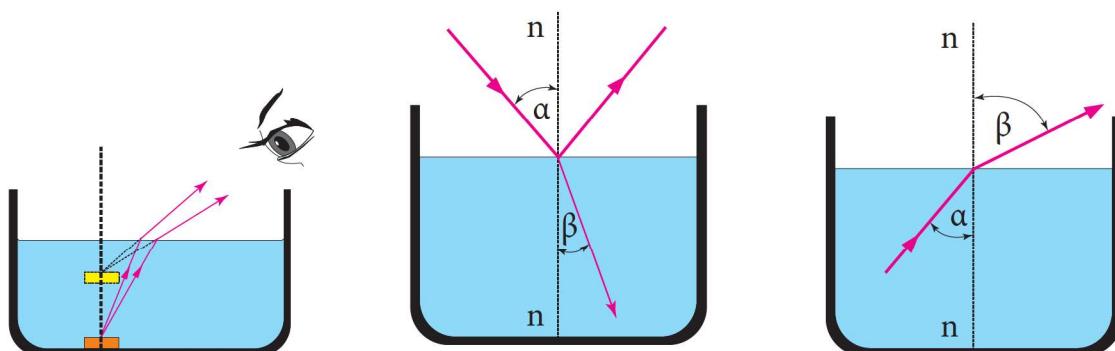


На дну празног суда налази се метални новчић (или неки други предмет). Преко ивице суда посматрач управи поглед тако да се види само део новчића. Ако се сипа вода у суд, онда се види цео новчић (сл. 2.32). Изгледа као да је подигнут односно да је на мањој дубини. Ова појава настаје због тога што светлосни зраци прелазећи из воде у ваздух мењају правац кретања.

На слици 2.33 приказано је преламање светлости при преласку из ваздуха у воду. Упадни зрак са нормалом n гради **упадни угао** (α), а преломљен зрак са нормалом – **преломни угао** (β). У овом случају светлост прелази из оптички ређе у оптички гушћу средину. Тада је упадни угао (α) већи од преломног (β), тј. преломни зрак „скреће ка нормали“.

Слично се дешава при преласку светлости из било које оптички ређе средине у оптички гушћу средину, на пример, из ваздуха у стакло, из ваздуха у провидну пластику, из ваздуха у дијамант, из воде у стакло, итд.

Ако светлосни зрак прелази из оптички гушће средине у оптички ређу, на пример из воде у ваздух, тада је преломни угао већи од упадног (сл. 2.34). Преломни зрак „скреће од нормале“.



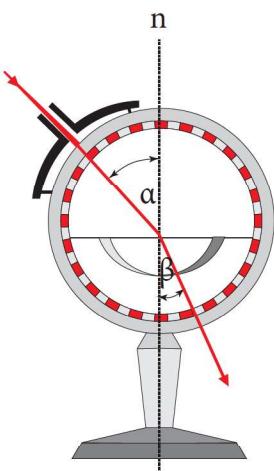
Сл. 2.32. Лик предмета (новчића) који се налази на дну суда са водом

Сл. 2.33. Преламање светлости при преласку из ваздуха у воду

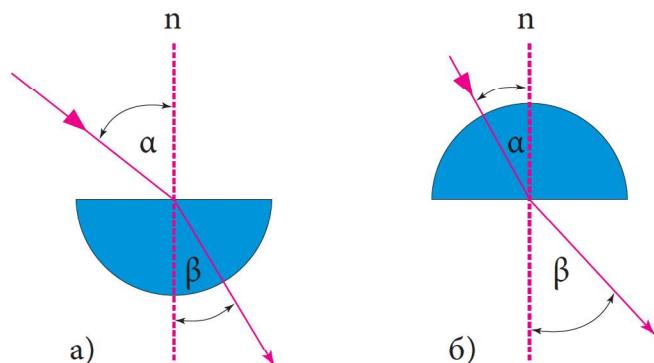
Сл. 2.34. Преламање светлости при преласку из воде у ваздух

Зрак који пада нормално на граничну површину неке средине не прелама се.

За проучавање преламања (као и одбијања) светлости може да се користи **оптичка плоча** (сл. 2.35). Она је описана код одбијања светлости. Само, када се посматра преламање светлости, уместо равног огледала поставља полукружна стаклене плоче. Када светлосни спон падне косо на равну површину стаклене плоче, он се прелама тако да је упадни угао већи од преломног, јер зрак светлости прелази из оптички ређе у оптички гушћу средину (сл. 2.36 а). При изласку из стакла зрак се не прелама иако мења средину, јер пада нормално на граничну површину (правац полупречника). Ако се апарат подеси тако да упадни зрак има правац полупречника, видеће се да се он неће преломити при уласку у стаклену плочу због тога што он упада нормално на кружни део плоче. Али, прелама се при изласку из стакла јер тада пада косо на раван део стаклене површине (сл. 2.36 б).



Сл. 2.35. Айараӣ (оӣӣичка ѫлоҷа) за ѫроучавање ѫреламања светлосӣи



Сл. 2.36. Преламање светлосӣи кроз оӣӣичку ѫлоҷу

На основу описаних огледа се изводе следеће правилности:

При преласку светлосног зрака из оптички ређе средине у оптички гушћу, зрак се ломи ка нормали (преломни угао је мањи од упадног), а при преласку из оптички гушће средине у оптички ређу – зрак се ломи од нормале (преломни угао је већи од упадног). Зрак који пада на граничну површину у правцу нормале не прелама се.

Индекс преламања. Преламање светлосног зрака, тј. промена правца зрака при преласку из једне у другу оптичку средину, зависи од величине упадног угла и од брзина светлости у датим срединама. Светлосни зрак се прелама утолико више што је већа разлика оптичких густина између датих средина. Светлосни зрак више се прелама при преласку из ваздуха у стакло, него при преласку из ваздуха у воду.

Однос брзина светлости у датим провидним срединама одређује **индекс преламања**. То је неименован број и увек је већи од 1.

Индекс преламања неке провидне средине у односу на вакуум назива се **апсолутни индекс преламања**:

$$n = \frac{c}{c_1},$$

где је c брзина светлости у вакууму, а c_1 брзина светлости у датој супстанци. Пошто су брзине светлости у вакууму и ваздуху приближно једнаке, апсолутни индекс преламања ваздуха је 1. Апсолутни индекси преламања за неке проводне средине дати су у табели.

Средина (супстанца)	Апсолутни индекс преламања
Вода	1,33
Лед	1,31
Алкохол	1,36
Кварц	1,54
Дијамант	2, 42
Рубин	1,76
Камена со	1,54
Различите врсте стакла	1,47 – 2,04

Табела. Индекс преламања за неке супстанце

При преласку светлосног зрака, нпр. из воде у стакло (или обратно), **релативни индекс преламања** је једнак односу брзина светlosti у тим срединама:

$$n_r = \frac{c_1}{c_2}.$$

$$\text{Како је } c_1 = \frac{c}{n_1} \text{ и } c_2 = \frac{c}{n_2},$$

где су n_1 и n_2 апсолутни индекс преламања за средине 1 и 2, то је:

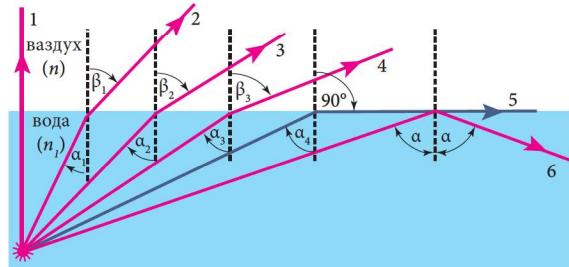
$$n_r = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Дакле, **однос брзина светlosti за две средине обрнуто је сразмеран апсолутним индексима преламања светlosti тих средина.**

ТОТАЛНА РЕФЛЕКСИЈА СВЕТЛОСТИ

Претпоставимо да светlost прелази из оптички гушће у оптички ређу средину, на пример, из воде у ваздух (сл. 2.37). Пека је n_1 индекс преламања воде, а ваздуха n (при чему је $n_1 > n$).

Светлосни зрак упада нормално на граничну површину, прелазећи из воде у ваздух и он не мења правац кретања (зрак 1). Када зрак упада под углом α_1 на граничну површину, он се прелама од нормале, под углом β_1 (зрак 2). Са повећањем упадног угла повећава се и преломни угао светлосног зрака. За упадни угао $\alpha_g = \alpha_4$, угао преламања постаје једнак 90° (зрак 5). Тај упадни угао светлосног зрака назива се **гранични угао** (α_g). Даљим повећањем упадног угла ($\alpha > \alpha_g$) светлосни зрак се потпуно (тотално) одбија од граничне површине као од равног огледала натраг у исту средину по закону одбијања светлости (зрак 6).



Сл. 2.37. Тотална рефлексија

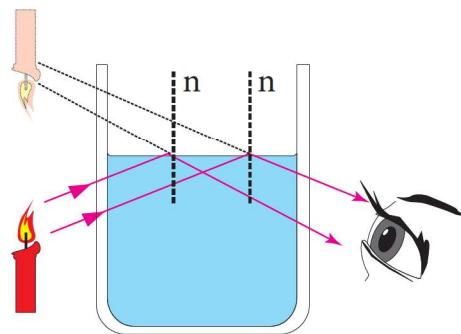
Тотална рефлексија (одбијање) светлости дешава се само ако светлост прелази из оптички гушће у оптички ређу средину под упадним углом који је већи од граничног (критичног) угла.

Гранични упадни угао за тоталну рефлексију је онај упадни угао за који је преломни угао светлосног зрака 90° .

Лик предмета код тоталне рефлексије.
Стаклени суд танких зидова испуни се водом до извесне висине и усмери поглед кроз воду на врх свеће. Правац посматрања је нормалан на стране суда.

Променом правца посматрања светлосни зраци, који полазе од врха свеће, као да се помеђају. Посматрач са друге стране суда види лик свеће који се налази на пресеку продужених праваца одбијених светлосних зрака од површине воде (сл. 2.38). Лик свеће је имагинаран и изврнут (као код равног огледала).

Вредности граничног упадног угла за неке супстанце дате су у табели:

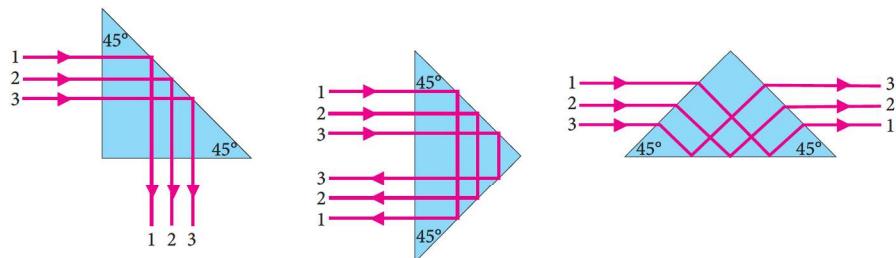


Сл. 2.38. Лик свеће код штоалне рефлексије

супстанца	индекс преламања n	гранични угао α_g
вода	1,3	$48,6^\circ$
крон стакло	1,5	$41,8^\circ$
флинт стакло	1,7	$36,0^\circ$
дијамант	2,5	$23,6^\circ$

Табела. Индекс преламања и гранични угао за неке супстанце

Потпуно унутрашње одбијање светлости користи се код оптичких инструмената у којима се помоћу призме мења правац зрака, а тиме и положај лица предмета за 90° или 180° (сл. 2.39).

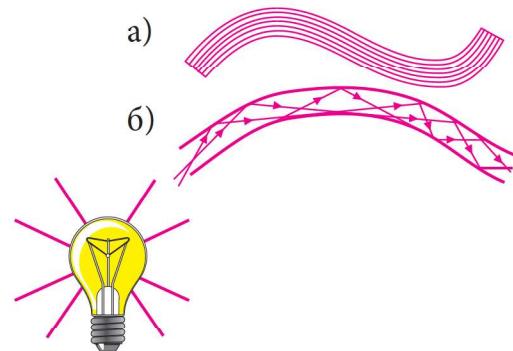


Сл. 2.39. Тотална рефлексија светлости у призмама које се користи у оптичким инструментима за скрећање светлосних зрака

Унутрашња рефлексија светлости користи се и код оптичких каблова (сл. 2.40), у којима светлост после многобројних унутрашњих одбијања прелази велика растојања. Сваки оптички кабл састоји се из спона дугих танких стаклених (пластичних) нити попут власи косе, од којих је свака нит покривена слојем супстанце с мањим индексом преламања од индекса преламања стакла. Тада настаје тотална унутрашња рефлексија на граничној површини нити и омотача. Кретање светлосног зрака дуж кабла приказано је на слици 2.40. Такав оптички кабл може да преноси светлост од извора, или на пример, лик предмета (информацију) на велика растојања како по праволинијској, тако и криволинијској путањи. Предност таквог преноса светлости је у томе што при тоталној рефлексији нема већег губитка светлости, а тиме ни одговарајуће енергије.

Посебна важна примена оптичких нити је у медицинској **ендоскопији**. Ендоскопи су уређаји који служе за посматрање унутрашњих органа људског тела. Зависно од врсте органа који се испитује (посматра) ендоскопи могу бити: **гастроскопи** (gaster – желудац) за посматрање унутрашњости желуца, **колонскоп** (colon – дебело црево) за посматрање унутрашњости црева, **бронхоскоп** (bronchus – душник) за посматрање душника и бронха.

Примена оптичких нити у телекомуникацијама изазвала је технолошку револуцију, јер је омогућила веома ефикасан, квалитетан и економичан пренос информација – гласа, видеозаписа и дигиталних података. О ефикасности преноса информација помоћу светлосних сигнала сведочи податак да, на пример, једном оптичком нити танком попут власи косе могу да се преносе десетине хиљада гласова. Стакленим (пластичним) нитима светлосни сигнали могу се преносити на удаљеност до неколико стотина километара. После тога, поново се појачавају и могу да се преносе свуда на Земљи, на произвољно велика растојања. Оптичко влакно може да пренесе 100 милиона пута више информација од обичног телефонског кабла.



Сл. 2.40. Оптички кабл

ПРЕЛАМАЊЕ СВЕТЛОСТИ КРОЗ ПРИЗМУ И СОЧИВА

Оптичка призма. Провидно тело, које има бар две углачење површине које се секу под одређеним углом на којима се светлост прелама, назива се **оптичка призма**. Обично је израђена од стакла или неког другог прозрачног материјала. Најчешће се прави у облику трострane призме. Преламање светлости при проласку кроз призму због једноставности посматрамо на цртежу који представља само основу (базу) трострane призме. Врло ретко цртамо призму онако како она изгледа у простору.

Границе површине секу се и граде угао γ – **преломни угао призме**.

Нека се призма налази у оптички ређој средини (нпр. стаклена призма у ваздуху). Светлосни зрак у призми се прелама два пута – на уласку и изласку из призме (сл. 2.41).

Зрак S се први пут прелама ка нормали (оптички гушћа средина), пролази кроз призму, а други пут, при преласку у оптички ређу средину (ваздух) ломи се од нормале. Упадни углови зрака су α_1 и β_1 , а преломни су β_2 и α_2 . После двоструког преламања излазни зрак S_1 је скренуо ка ширем kraју призме. Правци упадног и излазног зрака заклапају угао ϵ који се зове **угао скретања** и показује колико зрак промени правац после преламања кроз призму. Посматрач види лик L светлосног предмета P у продужетку зрака S_1 .

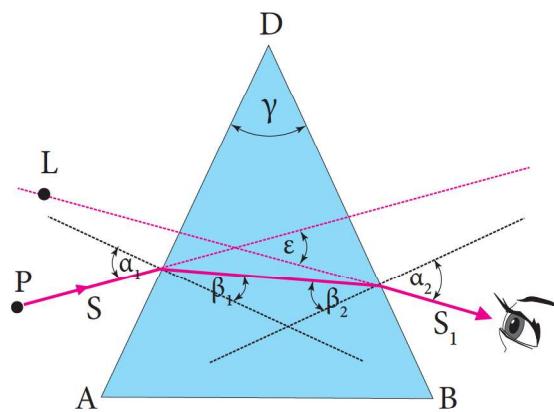
Угао скретања светлосног зрака кроз призму зависи од њеног преломног угла, индекса преламања призме и од упадног угла светлосног зрака на површину призме.

При преламању кроз призму светлосни зрак скреће ка ширем kraју (основи) призме.

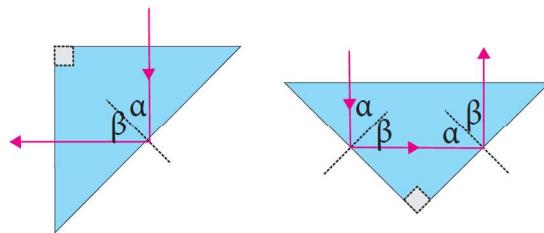
Светлосни зраци који нормално упадају на стране призме не преламају се; они се тотално рефлектују. Зашто?

Помоћу призме, можемо светлосни зрак да скренемо за 90° или 180° (сл. 2.42), што се користи код оптичких инструмената – перископа, дурбина итд.

Оптичко сочиво. Провидно тело изграђено од стакла, пластичне или друге провидне сунстанце чије су обе граничне површине сферног облика, или чија је једна гранична површина сферна, а друга равна, назива се **оптичко сочиво**.



Сл. 2.41. Преламање светлосног зрака кроз призму



Сл. 2.42. Призме које скрећу светлосни зрак за 90° , односно 180°

Према облику и својствима, сочива се деле на **сабирна** и **расипна**. Сабирна сочива су најдебља на средини, а расипна су најтања на средини (сл. 2.43 и сл. 2.44).

Сабирно сочиво. Када светлост пада на сочиво, прелама се два пута (при уласку и изласку из сочива), услед чега зраци мењају правац кретања. Скретање зрака при проласку кроз сочиво, као и његова својства, могу се лакше разумети ако замислимо да је сочиво издвојено на мале призме. Сваки тај део сабирног сочива се понаша као оптичка призма. Када на сочиво упадне спон паралелних зрака у правцу главне оптичке осе (OF), сваки призматични део сочива скреће зрак према свом ширем крају (ка средини сочива), док централни зрак пролази без преламања. Преломљени зраци се секу у једној тачки на главној оптичкој оси која се зове **жижа сочива F** (сл. 2.45). Када зраци падају на исто сочиво с друге стране, такође се секу у једној тачки. То је друга жижа сабирног сочива. Због својства да паралелне зраке после преламања скупљају, односно сабирају тако да пролазе кроз жижу ова сочива се називају **сабирна сочива**.

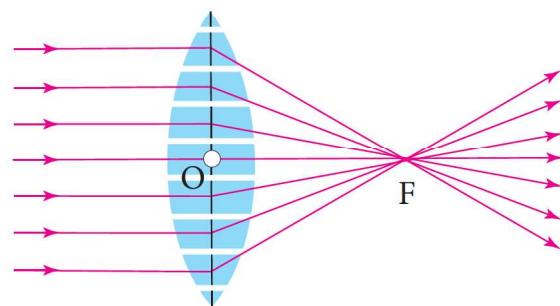
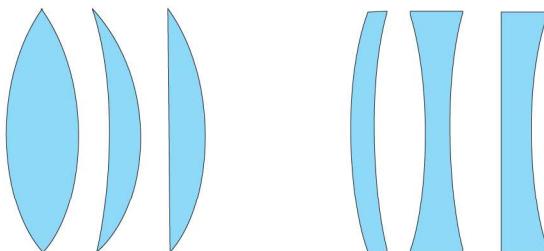
Тачка O, која се налази на средини сочива (сл. 2.45) назива се **оптички центар (теме) сочива**. Свака права која пролази кроз оптички центар назива се **оптичка оса сочива**. Оптичка оса која пролази кроз центре кривина (центре сфера чији су делови сферне површине сочива) и оптички центар (теме) је **главна оптичка оса сочива OF** (сл. 2.45).

Свако сабирно сочиво има две жиже. Оне се налазе на главној оптичкој оси са супротних страна сочива на једнаким растојањима од оптичког центра.

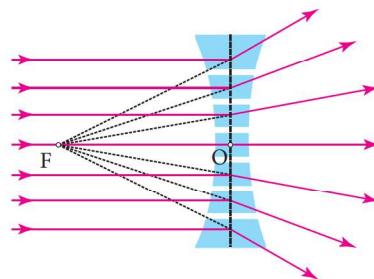
Растојање од центра сочива до једне жиже је **жижна даљина** и обележава се са f.

Расипно сочиво. Када се расипно сочиво издели на мале делове, добијају се, такође, оптичке призме чија је шира страна окренута према крајевима сочива. Зато се паралелни зраци у правцу главне оптичке осе после преламања разилазе (расипају). Због тога се и зову **расипна сочива** (сл. 2.46).

Замишљени продужеци, правци преломљених зрака, секу се у једној тачки на главној оптичкој оси. То је **имагинарна (привидна, виртуална) жижа расипног сочива**.



Сл. 2.45. Жижа сабирног сочива



Сл. 2.46. Жижа расипног сочива

Расипно сочиво има две имагинарне жиже које се налазе на главној оптичкој оси на једнаким расстојањима од сочива.

КОНСТРУКЦИЈА ЛИКА ПРЕДМЕТА КОД СОЧИВА

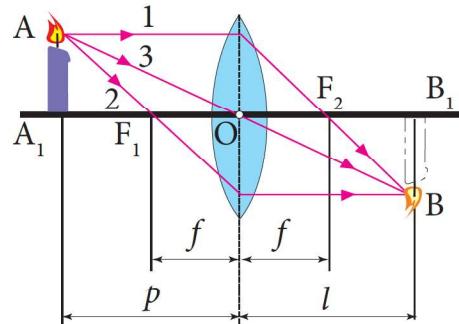
Лик предмета код сабирног сочива. За конструкцију ликова код сочива користе се карактеристични зраци, приказани на слици 2.47.

1. Зрак који пада на сочиво паралелно главној оптичкој оси, после преламања, пролази кроз жижу (1).

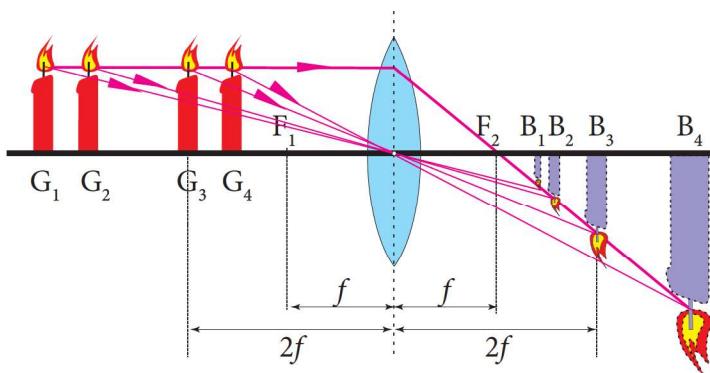
2. Зрак који пролази кроз жижу, после преламања је паралелан главној оптичкој оси (2).

3. Кроз оптички центар танког сочива зрак пролази без преламања (3).

На слици 2.48 је приказано сочиво са две жиже F_1 и F_2 (које су на једнаким удаљеностима од оптичког центра (темена сочива) О и више положаја предмета од G_1 до G_4 , са одговарајућим положајима ликова од B_1 до B_4 . Када се предмет приближава једној жижи, лик се удаљава од друге жиже и постаје све већи. Кад се предмет нађе на двострукој жижној даљини G_3 и лик је на двострукој жижној даљини са друге стране сочива B_3 . Лик је реалан, обрнут и по величини једнак предмету.

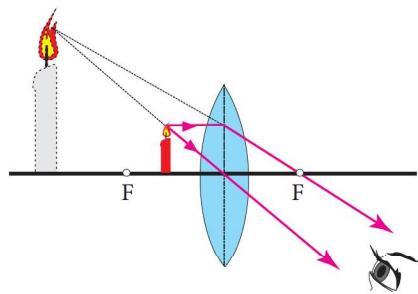


Сл. 2.47. Карактеристични зраци у конструкцији ликова предмета (свеће) код сабирног сочива



Сл. 2.48. Ликови предмета који се налазе на различним расстојањима од оптичког центра сабирног сочива

Специфичан случај настаје кад се предмет налази између жиже и сочива (сл. 2.49). Тада кроз сочиво видимо имагинарни лик у продужетку преломљених зрака. Овај имагинарни лик је усправан и увећан и налази се са исте стране сочива са које се налази предмет.



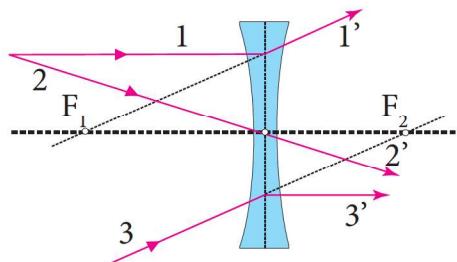
Сл. 2.49. Лик предмета који се налази између жиже и сабирног сочива

Лик предмета код расипног сочива. За конструкцију лика предмета код расипног сочива, користе се обично два од три карактеристична зрака (сл. 2.50).

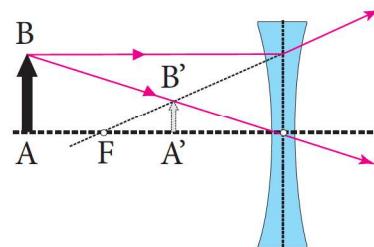
1. Зрак паралелан са оптичком осом, прелама се као да је доспео из жиже са оне стране расипног сочива са које је зрак и упао на сочиво ($1-1'$).

2. Зрак пролази кроз оптички центар сочива без преламања (промене правца ($2-2'$)).

3. Зрак који је усмерен према жижи с друге стране сочива прелама се паралелно оптичкој оси ($3-3'$).



Сл. 2.50. Карактеристични зраци за расијино сочиво



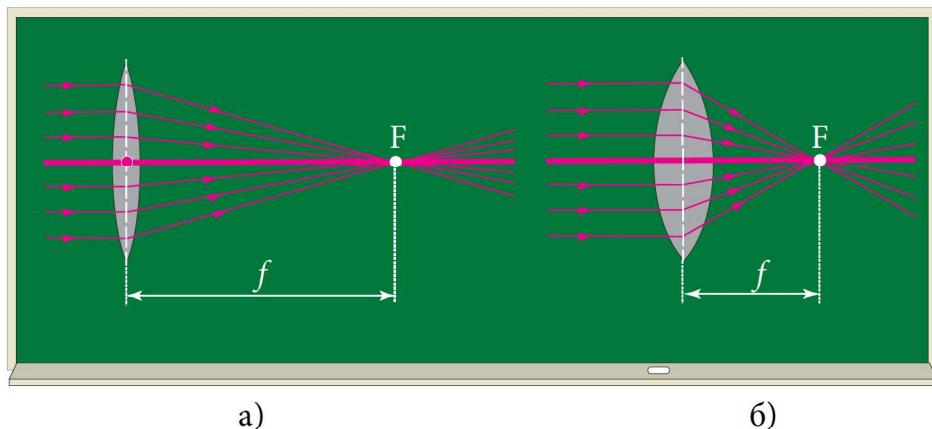
Сл. 2.51. Привидан лик код расијиног сочива

Лик предмета код расипног сочива увек се образује на оној страни сочива на којој се налази предмет. Увек је нестваран (имагинаран, привидан), умањен и усправан (сл. 2.51).

Јачина и увећање сочива

Сочиво које мање прелама светлосне зраке или, како се каже, **слабије сочиво**, тање је и има већу жижну даљину (сл. 2.52 а).

Јаче сочиво је дебље и има мању жижну даљину (сл. 2.52 б).



Сл. 2.52. Јачина сочива зависи од жижне даљине

Јачина сочива ω одређује се као реципрочна вредност жижне даљине изражене у метрима.

Јединица јачине сочива је **диоптрија [D]**. То је метар на минус први, тј.:

$$\omega = \frac{1}{f} \Rightarrow 1\text{D} = \frac{1}{1\text{m}} = \text{m}^{-1},$$

јер се растојање изражава у метрима.

Оптичка јачина је позитивна за сабирна сочива, а негативна за расипна. На пример, оптичка јачина од + 0,5 D значи да је сочиво сабирно жижне даљине 2 m, а од - 0,5 D значи да оно исте жижне даљине, али расипно.

Поред жижне даљине или оптичке јачине, веома важна карактеристика сваког сочива (као што смо видели и сферних огледала) је **увећање сочива**.

Увећање сочива одређује се односом дужине лица и дужине предмета или односом удаљености лица и удаљености предмета од сочива (тачније од оптичког центра сочива):

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

Ако је $u > 1$, каже се да сочиво увећава, а за $u < 1$ – да сочиво умањује предмет.

Једначина сочива. Повезује три карактеристичне величине сочива: даљину предмета и даљину његовог лица са жижном даљином сочива.

Растојања предмета p и његовог лица l су позитивна за предмет и реалан лик (дебија се на пресеку реалних зрака), а за имагинаран (привидан) лик растојање је негативно. Жижне даљине имају позитивну вредност за сабирна, а негативну за расипна сочива.

На основу тога једначина сабирног сочива има облик:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f},$$

а за расипна сочива:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f},$$

где су: p и l – удаљености предмета и лица од сочива, а f жижна даљина сочива.

ОПТИЧКИ ИНСТРУМЕНТИ

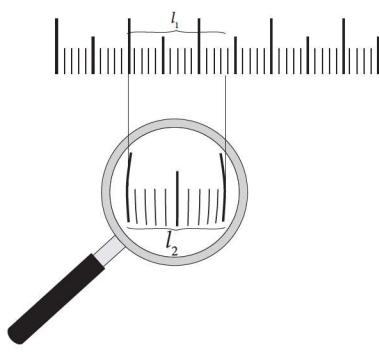
Оптички инструменти су уређаји који омогућују посматрање веома малих или удаљених предмета (објекта) који се не могу (најјасније) видети непосредно. Њихови основни делови су огледала, сочива, призме и др.

Конструкција и примена оптичких инструмената засновани су углавном на законима геометријске оптике.

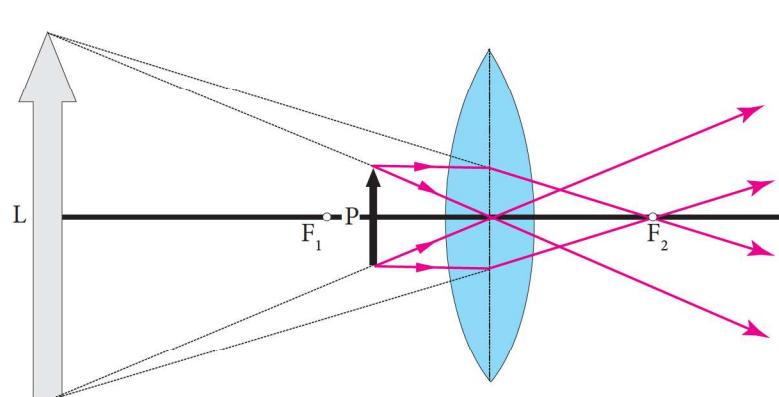
У оптичке инструменте спадају лупа, **микроскоп**, **дурбин**, **телескоп**, **фотографски апарат** и други. Од свих тих инструмената размотрићемо само лупу и **микроскоп** (остале ћемо упознати у средњој школи).

Лупа

Лупа је најједноставнији оптички инструмент (сл. 2.53). Састоји се само од једног сабирног сочива релативно мале жижне даљине (неколико центиметара). Служи за посматрање малих (ситних) предмета кад нису потребна велика увећања. Лупу, најчешће користе часовничари, лекари, филателисти итд.



Сл. 2.53. Увећање ког лује



Сл. 2.54. Лик предмета ког лује

Посматрани предмет \$P\$ се поставља између лупе и њене жиже \$F_1\$ (ближе жижи). Посматрач види усправан и увећан лик \$L\$ предмета \$P\$ (сл. 2.54). Да би се лик јасно видео („изоштрио“), лупа се приближава или удаљава од предмета. Када се лик најјасније види, кажемо да се налази на **даљини јасног вида** \$d\$. За человека са нормалним оком даљина јасног вида је око 25 см.

Увећање лупом се израчунава применом формуле за увећање: $u = \frac{l}{p}$.

Удаљеност лица од лупе је $l = d$, док је удаљеност предмета приближно једнака жижној даљини лупе, $p = f$, па је увећање лупе:

$$u = \frac{d}{f}.$$

Ако је жижна даљина лупе 5 см, лик је увећан пет пута. Лупе са мањом жижном даљином више увећавају лик предмета. Најбоље лупе могу да увећају лик предмета 10–12 пута.

Микроскоп

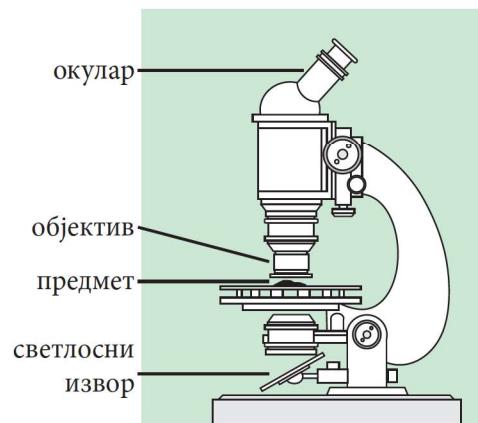
Помоћу лупе могли смо да добијемо релативно мала увећања. Много веће увећање лика посматраног предмета може да се добије помоћу **микроскопа** (сл. 2.55).

Микроскоп је сложен оптички инструмент, који се користи за посматрање веома малих предмета и њихових детаља.

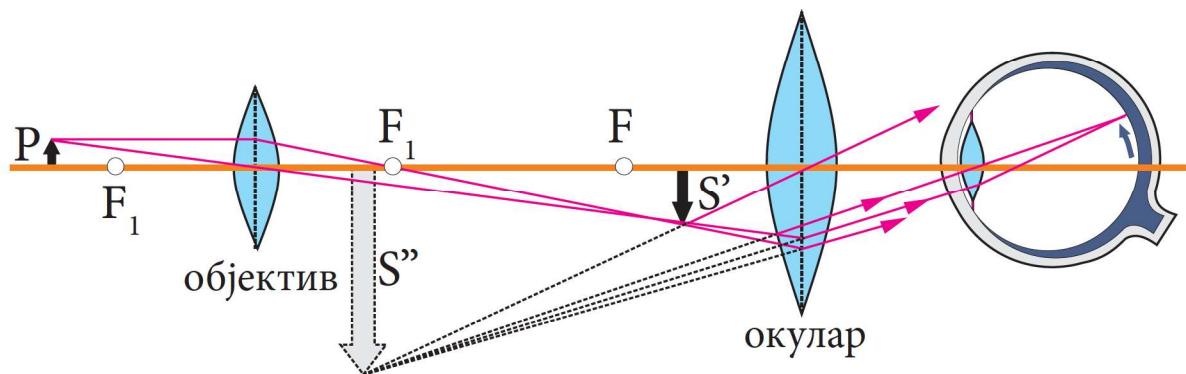
Основни делови сваког микроскопа су **објектив** – сочиво ближе предмету (објекту) и **окулар** – сочиво ближе оку. Објектив и окулар су сабирна сочива смештена на крајевима једне цеви чија дужина може да се мења.

Објектив има врло малу жижну даљину (реда милиметра), док је жижна даљина окулара већа (реда центиметра). Предмет (препарат) који се посматра микроскопом поставља се на мало већем растојању од жижне даљине објектива. Осветљава се посебним извором светlosti.

Конструкција лица датог предмета у микроскопу представљена је на слици 2.56. Предмет P се налази између жиже и двоструког жижног растојања (ближе жижи) објектива. Увећани и ставрни лик добијен објективом S' пада испред окулара (има улогу лупе), који још једном повећава добијени лик. Посматрач види лик S'' . Коначни лик је обрнут, али то најчешће није битно при посматрању сићушних предмета.



Сл. 2.55. Микроскоп



Сл. 2.56. Лик предмета код микроскопа

Лик се изоштрава померањем и променом дужине цеви док крајњи лик не буде на даљини јасног вида.

Увећање микроскопа једнако је производу увећања окулара и објектива. Увећање окулара (као код лупе) је:

$$u_{\text{ok}} = \frac{d}{f_{\text{ok}}},$$

а увећање објектива је

$$u_{\text{ob}} = \frac{l}{p} = \frac{L}{f_{\text{ob}}},$$

где је L дужина микроскопске цеви. Дакле,

$$u_m = u_{\text{ob}} \cdot u_{\text{ok}} = \frac{L \cdot d}{f_{\text{ob}} \cdot f_{\text{ok}}}$$

Велики микроскопи са дужом цеви више увећавају. Веће увећање се може постићи и смањењем жижне даљине оба сочива (објектива и окулара). Добри оптички микроскопи могу да увећају предмете и до 3000 пута, савремени електронски микроскопи и неколико стотина хиљада пута. Примена микроскопа знатно је унапредила развој биологије и медицине. Микроскопом су откривени разни узрочници болести као што су микроорганизми (вируси и бактерије).

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Област физике у којој се изучавају светлосне појаве и њихови закони назива се **оптика**. Састоји се из **геометријске** и **физичке оптике**. Геометријска оптика заснива се на идеализованим појмовима: **тачкасти светлосни извор**, **светлосни зрак**, **светлосни сноп** и на **законима одбијања и преламања светлости**.

Светлосни извор, чије се димензије могу занемарити у односу на растојање на коме се посматрају светлосне појаве (њихови ефекти), назива се **тачкасти светлосни извор**.

Под **светлосним зраком** подразумева се правац простирања светлости. Приказује се оријентисаном полуправом која полази од светлосног извора.

Скуп светлосних зрака чини **светлосни сноп**.

Светлосни извори могу бити **природни и вештачки**. Природни извори су: Сунце, звезде, свици, а у вештачке изворе спадају: упљена свећа, електрична сијалица, усијано тело, светлећи гас у стакленим цевима...

У хомогеним срединама (свуда иста густина) као што су ваздух, вода, светлост од извора се простире праволинијски у свим правцима. Светлост се простире праволинијски и кроз вакуум и космички простор.

Последице праволинијског простирања светлости су сенке и полусенке иза осветљених тела, помрачења Сунца и Месеца.

- Одбијање светлосних зрака од граничне површине која раздваја две средине различитих (оптичких) густине назива се **одбијање светлости**.

Закон одбијања светлости гласи:

Упадни угао (угао између упадног зрака и нормале на дату површину) једнак је одбојном углу (углу између одбојног зрака и нормале на дату површину):

$$\alpha = \beta$$

Упадни зрак, нормала и одбојни зрак леже у истој равни која је нормална на граничну површину.

- Углачана равна површина, која одбија највећи део упадних зрака, назива се **равно огледало**.

Лик предмета у равном огледалу је нереалан (привидан, имагинаран, виртуалан) и усправан. Има исту величину као предмет и налази се на истом растојању од огледала као и предмет са супротне стране.

- Ако се светлост одбија од храпаве (неравне) површине као нпр. од површине снега или листа хартије настаје тзв. **дифузна светлост**.

• Део углачане (посребрене) издубљене или испупчене површине која се користи за одбијање светлости назива се **сферно огледало**. Може бити **издубљено (конкавно)** и **испуочено (конвексно) огледало**. Постоје и елипсоидна или параболична огледала.

Издубљено сферно огледало даје реалан или нереалан лик увећан или умањен, у зависности од положаја предмета у односу на огледало.

Растојање од предмета до темена сферне површине (огледала) p , лика l и полупречника r сферне површине повезани су формулом:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}; \quad f = \frac{r}{2}$$

Испупчено (конвексно) огледало даје лик предмета који може бити само умањен и увек имагинаран (нереалан, привидан). Пошто су жижа и лик код испупченог огледала увек нереални (привидни), то су предзнаци испред чланова у којима фигуришу даљина лика и даљина жиже негативни, па једначина испупченог (конвексног) огледала има облик:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f}.$$

За конструкцију лика код сферних огледала користе се карактеристични зраци, од којих се користе најмање два зрака.

Увећање огледала одређује се односом дужине лика и дужине предмета, односно односом удаљености лика и предмета од темена огледала (линеарно увећање), што се приказује изразом:

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

• Брзина светlostи зависи од средине кроз коју се она простире. Највећа брзина светlostи је у вакууму (ваздуху) која приближно износи: $c = 300\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. То је највећа могућа брзина у природи (према савременој физици). Брзина светlostи у води је око $225\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, стаклу око $200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, итд.

• Промена правца светlosних зрака на граничној површини која раздваја две средине различитих (оптичких) густине, назива се **преламање светlostи**. При преласку зрака из оптички ређе средине у оптички гушћу, зрак се ломи ка нормали, а при преласку из оптички гушће средине у оптички ређу, зрак се ломи од нормале; зрак који упада нормално на граничну површину не прелама се (преласком у другу средину не мења правац).

Индекс преламања неке провидне средине у односу на вакуум назива се **апсолутни индекс преламања**:

Релативни индекс преламања одређен је односом брзина светlostи у тим срединама, односно обрнутим односом њихових индекса преламања:

$$n_r = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

где су n_1 и n_2 апсолутни индекси преламања за средине 1 и 2.

- Појава тоталног одбијања светлости од граничне површине (као од равног огледала) при проласку из оптички гушће у оптички ређу средину (нпр. из воде у ваздух) назива се **тотална рефлексија**.

Гранични (критични) угао тоталне рефлексије је онај угао за који је преломни угао светлосног зрака једнак 90° . За веће упадне углове од граничног угла упадна светлост се одбија од граничне површине као од равног огледала.

- Провидно тело у облику призме, најчешће тростране, назива се **оптичка призма**.

При преламању кроз призму светлосни зрак скреће ка ширем крају призме. Угао скретања светлосног зрака кроз призму зависи од преломног угла призме, релативног индекса преламања призме и од упадног угла светлосног зрака на површину призме.

- Провидно тело изграђено од стакла, пластичне или друге провидне супстанце чије су обе граничне површине сферног облика, или чија је једна гранична површина сферна, а друга равна назива се **оптичко сочиво**.

Према облику и својствима сочива се деле на **сабирна** и **расипна**.

После преламања кроз сабирно сочиво светлосни зраци се скупљају према оптичкој оси и секу се у жижи, а при проласку кроз расипно сочиво они се разилазе тако да се њихови продужени правци секу у жижи.

Код сваког сочива постоје две жиже на једнаким растојањима од оптичког центра са супротних страна. Средишњи део сочива (теме сочива) назива се **оптички центар сочива**. Права која пролази кроз обе жиже сочива и кроз центар сочива је **главна оптичка оса**.

Лик предмета код сабирног сочива, зависно од положаја предмета, може да буде реалан и нереалан (имагинаран), изврнут и усправан, умањен и увећан.

Лик предмета код расипног сочива увек се образује на оној страни сочива на којој се налази предмет; он је нестваран (привидан), умањен и усправан.

Једначина сабирног сочива има облик:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

Збир реципрочних вредности удаљености предмета и удаљености лика једнак је реципрочној вредности жижне даљине сочива.

Код расипних сочива, с обзиром да су жиже и лик увек имагинарни (нереални) имамо:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f}.$$

- **Јачина сочива** одређује се као реципрочна вредност жижне даљине изражена у метрима:

$$\omega = \frac{1}{f}$$

Јединица јачине сочива је **диоптрија [D]**. То је метар на минус први, тј.:

$$D = \frac{1}{m} = m^{-1}.$$

Оптичка јачина је позитивна за сабирна сочива, а негативна за расипна.

- **Увећање сочива**, одређује се односом дужине лика и дужине предмета или односом удаљености лика и удаљености предмета од сочива:

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

За $u > 1$, сочиво увећава лик предмета, а за $u < 1$, смањује.

- **Лупа** је сабирно сочиво релативно мале жижне даљине. Служи за посматрање релативно ситних предмета. Најчешће је користе часовничари, лекари, филателисти итд. Посматрач види привидан, увећан и усправан лик.

Увећање лупе одређено је односом даљине јасног вида (око 25 см код здравог човековог ока) и жижне даљине:

$$u = \frac{d}{f} = \frac{0,25\text{m}}{f}$$

Најбоље лупе дају увећање предмета до 10 пута.

- **Микроскоп** је оптички инструмент који се користи за посматрање веома малих предмета и њихових детаља.

Основни делови сваког микроскопа су **објектив** (сабирно сочиво ближе предмету) и **окулар** – сочиво ближе оку, односно кроз које се врши посматрање.

Увећање микроскопа једнако је производу увећања објектива и окулара:

$$u = u_{ob} \cdot u_{ok}$$

Најбољи оптички микроскопи увећавају предмете и до неколико хиљада пута, а савремени спектронски микроскопи и до неколико стотина хиљада пута.

ДРУГА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

ПРОВЕРА ЗАКОНА ОДБИЈАЊА СВЕТЛОСТИ

Задатак

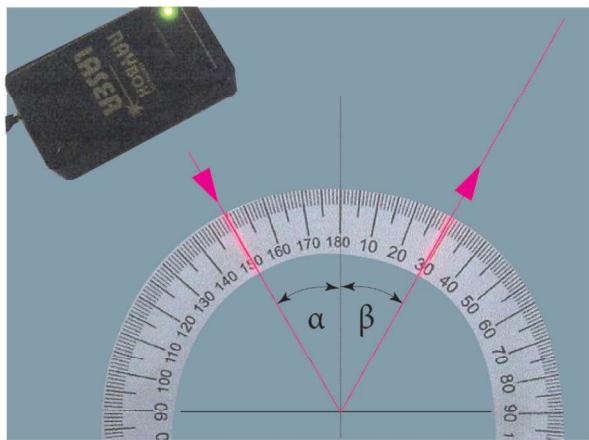
Проверити Закон одбијања светлости.

Прибор

- равно огледало
- угломер
- таблица
- извор ласерске светлости

Упутство

Посматраћемо равно огледало на које пада ласерски зрак. Ласерски зрак се одбија (рефлектује) од огледала. Угломер, извор ласерске светлости и огледало постављамо у положај као на слици 1.



Слика 1

На равну површину прво постављамо лист папира на коме је нацртан угломер. Затим постављамо равно огледало на средину угломера тако да је површина огледала паралелна са једном од две међусобно нормалне дужи које су нацртане унутар угломера (слика 1). Потом се поставља извор ласерске светлости тако да ласерски зрак пада у центар угломера. После такве припреме врло је једноставно одредити угао узмећу нормале на површину огледала и упадног зрака, угао α и угао између нормале и одбојног зрака, угао β . Треба проверити Закон одбијања светлости, тј. да ли важи:

$$\alpha = \beta.$$

Мерење се понавља бар за пет различитих вредности упадног угла. Подаци се уносе у табелу. Са слике 1 видимо да је угао $\alpha = 30^\circ$, а угао β приближно 29° . На први поглед релација (1) не важи, али ако знамо да је свако мерење повезано са одговарајућим непрецизностима и грешкама закључујемо да је релација $\alpha = \beta$ ипак исправна, при чему је апсолутна грешка нашег мерења $\pm 1^\circ$.

Приказивање резултата

Резултате мерења уписујемо у табелу. Најмања апсолутна грешка једнака је најмањем подеоку на угломеру, а то је обично 1° .

Број мерења	α	β	$\Delta\beta$
1			
2			
3			
4			
5			

Закључак

ТРЕЋА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

ОДРЕЂИВАЊЕ ЖИЖНЕ ДАЉИНЕ САБИРНОГ СОЧИВА

Задатак

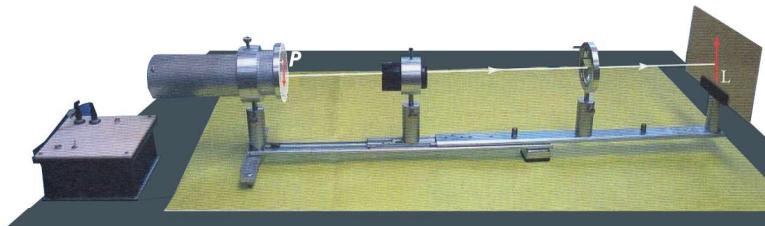
Одредити жижну даљину на основу положаја лика предмета код сабирног сочива.

Прибор

- оптичка клупа на којој је обележена (изгравирана) милиметарска подела;
- неколико танких сабирних сочива жижних даљина између 10 см и 40 см;
- сијалица смештена у кутији са прорезом у облику стрелице (или неког другог облика);
- заклон од прозирног материјала;
- покретни држачи кутије са сијалицом, сочива и заклона.

Упутство

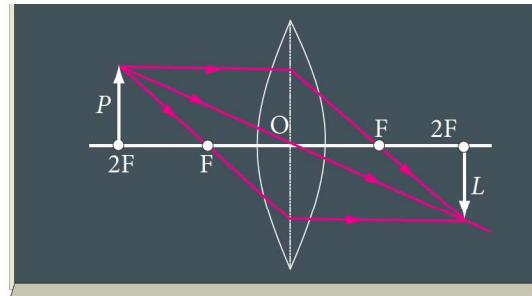
1. Поставити оптичку клупу на радни сто и учврстити на њој помоћу покретних држача кутију са сијалицом, сочивом и заклоном, тако да средишне тачке предмета (прореза на поклопцу кутије у облику стрелице), сочива и заклона буду на истом нивоу (слика 1). Ради једноставнијег израчунавања жижне даљине сочива држач (клизач) поставити на почетак скале (нулти подељак).



Слика 1

2. Упалити светлосни извор (сијалицу) и померати заклон иза сочива све док се на њему не добије оштар лик предмета (прореза у облику стрелице, или неког другог облика).

3. Када се добије јасан лик предмета на заклону измерити даљину предмета p и даљину његовог лика l од темена сочива. Ако се та растојања разликују, померати сочivo све док се не добије $p = l$ (слика 2).



Слика 2

4. Добијене вредности за даљину предмета p и даљину лика l уврстити у формулу за танко сабирно сочиво: $f = \frac{p}{2} = \frac{l}{2}$. То је случај када је предмет у центру кривине сочива, односно на двоструком жижном растојању од темена (оптичког центра) сочива. Тада се лик предмета формира на истом растојању од сочива са друге стране. Лик је по величини једнак предмету, реалан и изврнут (слика 2).

5. Исти поступак рада поновити за више различитих сочива.

Приказивање резултата

Мерењем добијене резултате унети у табелу.

Број мерења	Удаљеност предмета од сочива p [cm]	Удаљеност лика од сочива l [cm]	Жижна даљина сочива f [cm]
1			
2			
3			
4			

Закључак

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Који су основни појмови у геометријској оптици?

Основни појмови геометријске оптике су: тачкасни светлосни извор, светлосни зрак и светлосни сноп.

2. Може ли једно тело да има више сенки истовремено?

Када је тело осветљено са више светлосних извора, оно има већи број сенки, нпр. утрачи на итравишићу у време ноћне утакмице.

3. Могу ли осветљена тела бити без сенки?

Провидна (прозирна) тела немају сенку.

4. Највећа позната брзина у природи је брзина:

- a) светlosti у вакууму;
- б) светlosti у води;
- в) звука у вакууму;
- г) звука у гвозденим телима (железничким шинама);
- д) не знам.

Под а)

5. Растојање између Земље и Сунца је $150 \cdot 10^6$ km. Нађи време за које светлост пређе то растојање. Брзина светлости је $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Подаци: $s = 150 \cdot 10^6$ km, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t = ?$

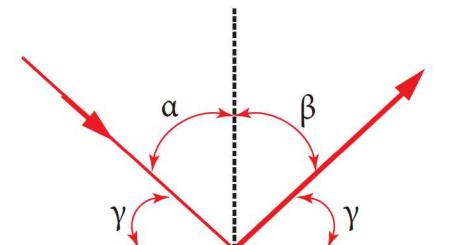
$$t = \frac{s}{c} = 500 \text{ s.}$$

6. Светлосни зрак пада на равно огледало (слика). Угао између упадног и одбојног зрака је 90° . Нађи угао између упадног зрака и површине огледала.

Угао између упадног зрака и површине огледала је:

$$\alpha + \beta + 2\gamma = 180^\circ$$

$$\gamma = 45^\circ$$

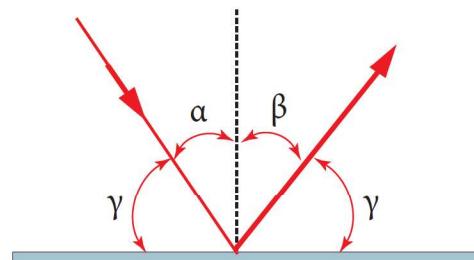


7. Светлосни зрак пада на равно огледало под углом од 60° у односу на површину огледала. Наћи упадни и одбојни угао светлосног зрака.

Подаци: $\gamma = 60^\circ$; $\alpha = ?$ $\beta = ?$

$$\alpha + \beta + 2\gamma = 180^\circ.$$

Како је $\alpha = \beta$, добија се $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 30^\circ$.

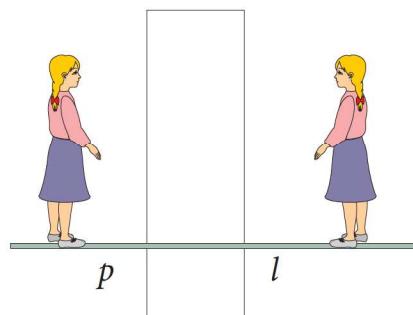


8. На којем растојању од равног огледала треба да стоји девојчица да би удаљеност између ње и њеног лика била $2,8\text{ m}$?

Подаци: $d = 2,8\text{ m}$; $p = ?$

$$p + l = d, \quad 2p = d$$

$$p = \frac{d}{2} = 1,4\text{ m}$$



9. Када се дечак удаљи од равног огледала 3 m , колико ће се удаљити од свог лика у огледалу?

Подаци: $\Delta p = 3\text{ m}$; $\Delta x = ?$

$$\Delta x = 2 \Delta p = 6\text{ m}.$$

10. Које су основне карактеристике лика у равном огледалу?

Лик *предмета* (штапа) у равном огледалу је нереалан (нестиваран, иматинаран), симетричан предмету у односу на огледало као раван симетрије, једнак њој димензијама предмету, ускриван и налази се на истом распојојању од огледала као и предмет са друге стране огледала.

11. Вертикални штап висине $0,3\text{ m}$ налази се на растојању од $0,2\text{ m}$ од равног огледала. Одредити растојање између највише тачке штапа и најниже тачке његовог лика?

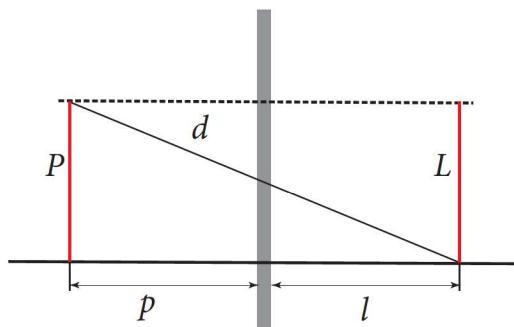
Подаци: $P = 0,3\text{ m}$, $p = 0,2\text{ m}$; $d = ?$

Према Питагориној теореми је

$$d^2 = (p + l)^2 + P^2;$$

$$d^2 = 4p^2 + P^2 = \sqrt{0,25\text{ m}^2}$$

$$d = 0,5\text{ m}$$



- 12.** На слици је приказан светлосни зрак који се одбија од површине два равна огледала постављена под правим углом (слика). Користећи податке са слике, одредити угао између зрака 1 и 2'.

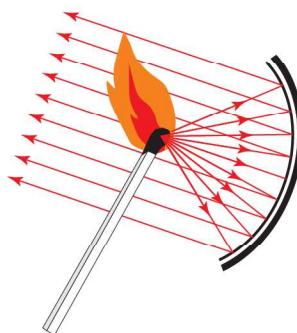
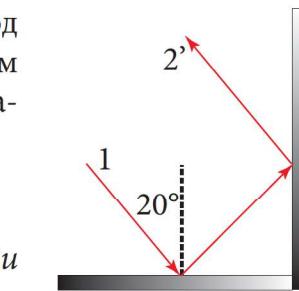
Подаци: $\alpha = 20^\circ$; $\gamma_{1,2} = ?$

На основу њодатака са слике и Закона одбијања светлости закључује се да је угао између упадног и крајње одбијеног зрака једнак нули, да су зраци паралелни са супротним смером, тј. да је:

$$\gamma_{1,2} = 180^\circ$$

- 13.** Где се налази лик предмета који је у жижки издубљеног (конкавног) огледала?

Када се предмет налази у жижки издубљеног огледала, светлосни зраци ћије одбијања од површине огледала су паралелни, па ће се лик налазити у „бесконачности“ (слика).



- 14.** Која огледала се користе у ретровизору аутомобила?

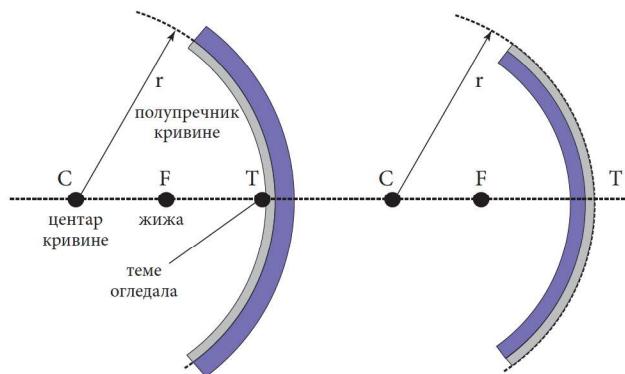
У ретровизору аутомобила користи се истиота (конвексна) огледала која служи возачу да види друга возила иза свог аутомобила. Истиота огледала су постављена на оштром окукама или завојима уских улица.

- 15.** Полупречник кривине издубљеног огледала је 24 см. Колика је његова жижна даљина?

Подаци: $r = 24 \text{ cm}$; $f = ?$

Жижна даљина издубљеног огледала је

$$f = \frac{r}{2} = 12 \text{ cm}$$



- 16.** Како се у току сунчаног дана може одредити полупречник кривине издубљеног огледала?

Сунчеви зраци који досијевају до издубљеног огледала међусобно су приближно паралелни и ћије одбијања од огледала пролазе кроз његову жижу. То ће бити најсветлија тачка добијена на заклону који се љомера испред огледала. Мерењем распојојања од тешена огледала до те најсветлије тачке (жиже) и удавањем те вредностима добија се полујречник кривине (закривљеност) огледала.

17. Удаљеност предмета од темена издубљеног огледала износи 30 см, а удаљеност његовог лика 60 см. Нађи полу пречник огледала.

Подаци: $p = 30$ см, $l = 60$ см; $r = ?$

Из једначине издубљеној огледала $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$, следи:

$$r = \frac{2pl}{p+l} = 40 \text{ см}$$

18. Полупречник издубљеног огледала је 48 см. Нађи даљину лица предмета који је удаљен од темена огледала 36 см.

Подаци: $r = 48$ см, $p = 36$ см; $l = ?$

Жижна даљина огледала је $f = \frac{r}{2} = 24$ см. Из једначине издубљеној огледала

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}, \text{ израчунава се: } l = \frac{pf}{p-f} = 72 \text{ см}$$

19. Предмет висине 1 см налази се испред издубљеног (конкавног) огледала. Висина његовог лика је 10 см. Нађи увећање лица.

Подаци: $P = 1$ см, $L = 10$ см; $u = ?$

Увећање лица предмета износи:

$$u = \frac{L}{P} = 10$$

20. Издубљено сферно огледало има радијус кривине 36 см. Предмет се налази испред огледала на растојању 18 см. На којем растојању од темена огледала се налази лик тог предмета?

Подаци: $r = 36$ см, $p = 18$ см; $l = ?$

Жижна даљина издубљеној огледала износи:

$$f = \frac{r}{2} = 18 \text{ см}$$

Дакле, предмет се налази у жижи огледала, а његов лик у том случају, као што је познато, у бесконачности, па се неће видети.

21. Удаљеност предмета од темена издубљеног огледала је 27 см. Нађи увећање лица тог предмета ако је жижна даљина огледала 9 см.

Подаци: $p = 27$ см, $f = 9$ см; $u = ?$

Удаљеносити лица датој предмета налази се из једначине $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$:

$$l = \frac{pf}{p-f} = 13,5 \text{ см}$$

$$\text{Увећање лика } je: u = \frac{l}{p} = \frac{1}{2} = 0,5$$

22. Предмет висине 4 см налази се на удаљености 40 см од издубљеног огледала полупречника кривине 60 см. Одредити удаљеност лика предмета од темена огледала и његову висину.

Подаци: $P = 4 \text{ cm}$, $p = 40 \text{ cm}$, $r = 60 \text{ cm}$; $l = ?$ $L = ?$

$$f = \frac{r}{2} = 30 \text{ cm.}$$

Удаљеносћи лика његовога предмета од темена огледала је: $l = \frac{fp}{p-f} = 120 \text{ cm}$. Увећање предмета је $u = \frac{l}{p} = 3$, па висина лика износи: $L = uP = 12 \text{ cm}$

23. Полупречник кривине испупченог (конвексног) огледала је 20 см.

- a) Ако се предмет налази на 14 см испред огледала, одредити положај лика.
б) Наћи увећање лика датог предмета.

Подаци: $r = 20 \text{ cm}$, $p = 14 \text{ cm}$; $l = ?$ $u = ?$

а) Жижна даљина огледала је $f = \frac{r}{2} = 10 \text{ cm}$.

Удаљеносћи лика од темена огледала налази се из једначине искућеној огледала:
 $\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f}$, одакле следи: $l = \frac{pf}{p+f} = 5,8 \text{ cm}$.

б) Увећање лика његовога предмета износи:

$$u = \frac{l}{p} = 0,41.$$

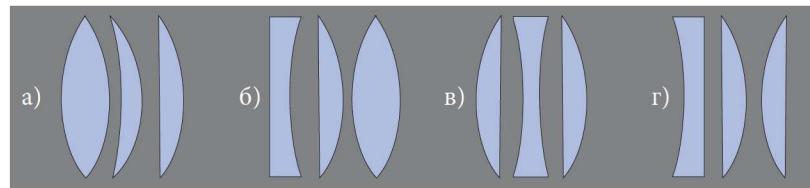
24. У којим условима може да настане тотална рефлексија када светлост прелази из:

- а) ваздуха у воду;
- б) воде у стакло;
- в) ваздуха у стакло;
- г) стакла у ваздух;
- д) воде у ваздух?

Пог) и д)

25. На слици су приказане четири групе сочива. У којој групи су само сабирна сочива?

Пог а)



26. Наћи апсолутни индекс преламања стакла кроз које се простире светлост брзином $200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Подаци: $v = 200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $n = ?$

Према дефиницији апсолутног индекса преламања је:

$$n = \frac{c}{v} = 1,5$$

27. Израчунати брзину светлости у води чији је апсолутни индекс преламања $\frac{4}{3}$.

Подаци: $n = \frac{4}{3}$; $c = ?$

Из израза за апсолутни индекс преламања $n = \frac{c}{v}$, добија се: $v = \frac{c}{n} = 225\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

28. Апсолутни индекс преламања воде је 1,33. Наћи релативни индекс преламања воде у односу на лед. Апсолутни индекс преламања леда је 1,31.

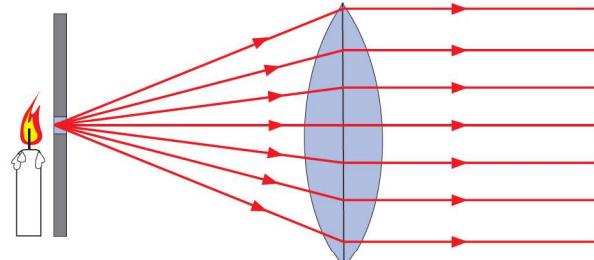
Подаци: $n_v = 1,33$, $n_l = 1,31$; $n_r = ?$

Релативни индекс преламања воде у односу на лед износи:

$$n_r = \frac{n_v}{n_l} = 1,05.$$

29. Где треба поставити (тачкасти) извор светлости на главној оптичкој оси сабирног сочива да би светлосни зраци после преламања били паралелни?

Тачкастни светлосни извор треба поставити у жижу.



30. Жижна даљина сабирног сочива је 12 см. Наћи полуупречник кривине тог сочива.

Подаци: $f = 12 \text{ cm}$; $r = ?$

Полуупречник кривине сабирног сочива је:

$$r = 2f = 24 \text{ cm}.$$

31. Предмет се налази испред сабирног сочива жижне даљине 8 см на растојању 24 см. Наћи удаљеност лика од сочива.

Подаци: $f = 8 \text{ cm}$, $p = 24 \text{ cm}$; $l = ?$

Из једначине сабирног сочива $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$, налази се: $l = \frac{pf}{p-f} = 12 \text{ cm}$.

32. Предмет и његов лик удаљени су од оптичког центра сабирног сочива 96 см и 48 см. Наћи висину предмета ако је висина лица 12 см.

Подаци: $p = 96 \text{ cm}$, $l = 48 \text{ cm}$, $L = 12 \text{ cm}$; $P = ?$

$$P = L \frac{p}{l} = 24 \text{ cm.}$$

33. Израчунати полупречник кривине и јачину сабирног сочива чија је жижна даљина 2,5 см.

Подаци: $f = 2,5 \text{ cm}$; $r = ?$ $\omega = ?$

Полупречник кривине сабирног сочива је:

$$r = 2f = 5 \text{ cm},$$

а јачина тој сочива:

$$\omega = \frac{1}{f} = 40 \text{ D} [\text{m}^{-1}]$$

34. У филмској камери налази се сабирно сочиво жижне даљине 7,5 см. Ако је глумац висок 180 см и удаљен 27 м од камере, наћи висину лица глумца на филму.

Подаци: $f = 7,5 \text{ cm}$, $P = 180 \text{ cm}$, $p = 27 \text{ m}$; $L = ?$

Из једначине сабирног сочива $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$, израчунава се:

$$l = \frac{pf}{p-f} = 7,52 \text{ cm}$$

Увећање сочива износи: $u = \frac{l}{p} = 0,00279$.

Висина лица глумца на филму је

$$u = \frac{L}{P}, \text{ односно: } L = P \cdot u \approx 5 \text{ mm.}$$

35. Помоћу сабирног сочива формира се лик предмета на екрану. Ако је удаљеност сочива од екрана 1,27 м, наћи жижну даљину сочива. Лик предмета је усправан и 2,5 пута увећан.

Подаци: $l = 1,27 \text{ m}$, $u = 2,5$; $f = ?$

Из израза за увећање сабирног сочива налази се даљина предмета од сочива:

$$u = \frac{l}{p}, \text{ односно: } p = \frac{l}{u} = 0,508 \text{ m}$$

Жижна даљина сочива износи: $f = \frac{pl}{p+l} = 0,36 \text{ m}$

36. Златар лупом посматра драги камен који се налази на растојању 2 см од лупе. Ако је увећање лупе 12,5, одредити положај лица драгог камена.



Подаци: $p = 2 \text{ cm}$, $u = 12,5$; $l = ?$

Пошто је увећање лупе $u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$, тада је:

$$l = pu = 25 \text{ cm.}$$

37. Сабирно сочиво јачине 4 D користи се као лупа. Одредити жижну даљину лупе.

Подаци: $\omega = 4 \text{ D}$; $f = ?$

$$\omega = \frac{1}{f}, \text{ односно:}$$

$$f = \frac{1}{\omega} = 25 \text{ cm}$$

38. Објектив микроскопа увећава 100 пута, а окулар 8 пута. Наћи увећање микроскопа.

Подаци: $u_{\text{об}} = 100$, $u_{\text{ок}} = 8$; $u = ?$

Укупно увећање износи: $u = u_{\text{об}} \cdot u_{\text{ок}} = 800$ пута.

39. Дужина микроскопске цеви износи 14 см, а жижна даљина објектива и окулара 0,2 см и 0,5 см. Даљина јасног вида је 25 см. Наћи увећање микроскопа.

Подаци: $l = 14 \text{ cm}$, $f_{\text{об}} = 0,2 \text{ cm}$, $f_{\text{ок}} = 0,5 \text{ cm}$, $d = 25 \text{ cm}$; $u = ?$

Увећање микроскопа изражено преко даљине јасног вида (d), дужине микроскопске цеви (l) и жижних даљина објектива $f_{\text{об}}$ и окулара $f_{\text{ок}}$ изражава се формулом:

$$u = \frac{d \cdot l}{f_{\text{об}} \cdot f_{\text{ок}}} = 3500$$

40. Жижна даљина сочива је 20 см. Наћи његову оптичку јачину.

Подаци: $f = 20 \text{ cm}$; $\omega = ?$

Оптичка јачина сочива једнака је рецирочном вредностим жижне даљине изражене у метрима:

$$\omega = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,2 \text{ m}} = 5 \text{ m}^{-1} = 5 \text{ D} \text{ (диоптрија)}$$

41. Наћи жижну даљину наочара ако је њихова оптичка јачина 2,5 диотрије.

Подаци: $\omega = 2,5 \text{ D}$; $f = ?$

$$f = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2,5 \text{ m}^{-1}} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm.}$$

42. Наћи увећање лупе жижне даљине 2,5 см.

Подаци: $f = 2,5 \text{ cm}$; $u = ?$

$$u = \frac{d}{f} = \frac{25 \text{ cm}}{2,5 \text{ cm}} = 10,$$

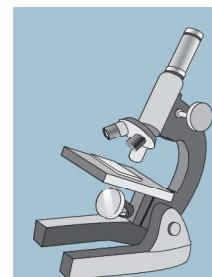
тје је d даљина јасног вига (ког здравој ока је око 25 см).



43. Објектив микроскопа увећава 80, а окулар 5 пута. Наћи увећање микроскопа.

Подаци: $u_{\text{об}} = 80$, $u_{\text{ок}} = 5$; $u = ?$

$$u = u_{\text{об}} \cdot u_{\text{ок}} = 400$$



44. Полупречник лица црвеног крвног зрнца у микроскопу износи 0,45 см. Ако је увећање објектива 100, а увећање окулара 6, одредити полупречник црвеног крвног зранца.

Подаци: $L = 0,45 \text{ cm}$, $u_{\text{об}} = 100$, $u_{\text{ок}} = 6$; $P = ?$

Полупречник црвеној крвној зрнције P је:

$$u = \frac{L}{P}; P = \frac{L}{u_{\text{об}} \cdot u_{\text{ок}}} = 0,0075 \text{ mm} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm.}$$



ТЕСТ ЗНАЊА

1. Дефинишите светлосни зрак и светлосни сноп.

5 поена

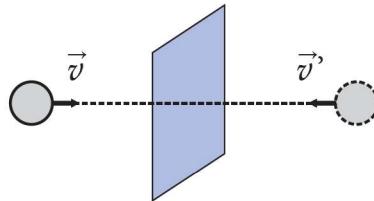
2. Зашто се помрачење Сунца не види истовремено са свих места Земљине повлупте?

5 поена

3. Наведите основне законитости код одбијања светлости.

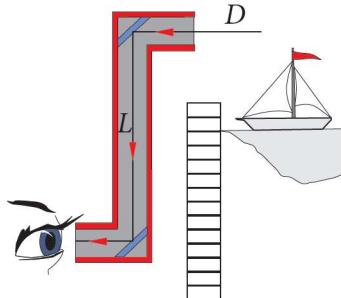
5 поена

4. Гумена лопта се креће према равном огледалу брзином $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Ако је правац кретања лопте нормалан на површину огледала, одредити брзину лика лопте:
а) у референтном систему везаном за огледало;
б) у референтном систему везаном за лопту.



10 поена

5. Перископ се састоји од два паралелно постављена равна огледала која са осом перископа заклајају угао од 45° (слика). Брод се налази на растојању D од перископа, а огледала су на међусобном растојању L . Какав лик брода види морнар кроз перископ?



10 поена

6. Предмет се налази испред конкавног (издубљеног) огледала на растојању 80 см од темена огледала, а лик на 20 см од огледала. Одредити:

- а) жижну даљину огледала;
- б) полупречник кривине огледала;
- в) (линеарно) увећање.

10 поена

7. Издуబљено (конкавно) огледало увећава лик предмета 5 пута. Наћи удаљност предмета и лика од темена огледала ако је полупречник огледала 24 см.

5 поена

- 8.** Предмет се налази испред испупченог (конвексног) огледала пречника 92 mm.
а) Одредити положај лика предмета који је удаљен 2 m од темена огледала;
б) ако је висина предмета 1,3 m, наћи висину његовог лика.

10 поена

- 9.** Брзина простирања светlostи у води је $225\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, а у стаклу $200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Наћи релативни индекс преламања стакла у односу на воду.

10 поена

- 10.** Предмет висине 24 cm у сабирном сочиву има лик висине 4 cm. Наћи удаљеност предмета од оптичког центра сочива ако је жижна даљина сочива 12 cm.

10 поена

- 11.** У табели су дати подаци за жижну даљину и оптичку јачину наочара. Попуните празна места у табели.

$f [\text{cm}]$	10		20		-50		-100
$\omega [\text{D}]$		1		1,25		-2,5	

10 поена

- 12.** Жижна даљина расипног сочива је 5 cm. Одредити положај лика, ако се предмет налази на растојању 4 cm од оптичког центра сочива.

10 поена

ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ

Кључне речи:

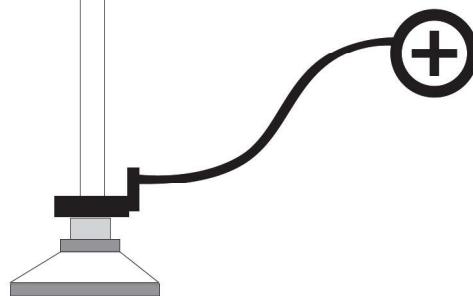
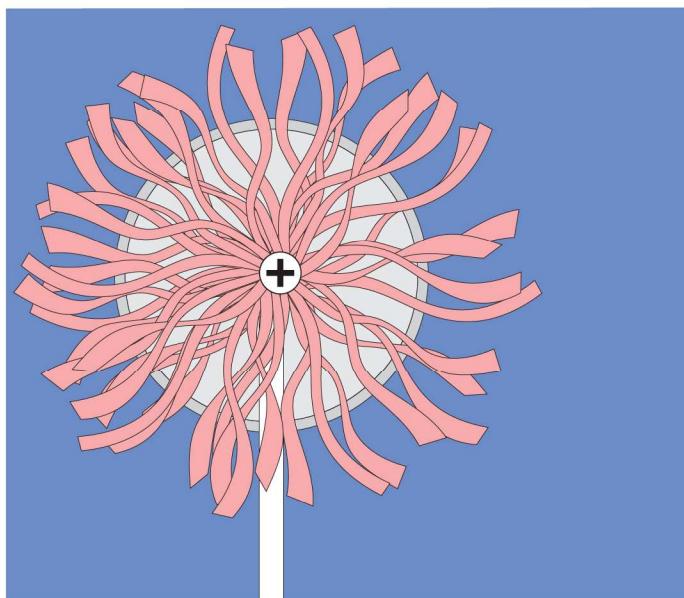
наелектрисавање тела, позитивно и негативно наелектрисање, елементарна количина наелектрисања, Кулонов закон, електрична сила, електрично поље, линије силе електричног поља, електрични потенцијал, електрични напон (разлика потенцијала), гром и муња

Према предању, један од мудраца древне Грчке филозоф Талес (VII–VI век п.н.е.) први је запазио да комад ћилибара (јантара), када се протрља крзном, привлачи ситне предмете. На грчком ћилибар значи електрон. Стога многи називи појмова и величина којима се описују електрична својства тела и електричне појаве потичу од речи електрон.

Називе позитивно и негативно наелектрисање увео је амерички научник и прналазач Бенџамин Френклин (Benjamin Franklin, 1706–1790).

Учење о електричним својствима тела и електричним појавама почиње нагло да се развија тек од Кулона (Charles Augustin Coulomb, 1736–1806). Уводе се величине као што су количина наелектрисања, појам електричног поља, електрична сила, електрични потенцијал (напон), електрична капацитивност проводника и друге.

У овој глави упознаћемо електрична својства тела у стању мiroвања, међусобна деловања тих тела и одговарајуће електричне појаве. Посебну пажњу ћемо поклонити електричном пољу посредством којег се остварују узајамна деловања наелектрисаних тела.



ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ

УВОД

У претходном разреду проучавали смо гравитациону и електричну силу. Упознали смо њихове опште карактеристике и установили да се те силе могу упоредо анализирати. Интензитети једне и друге силе расту са приближавањем тела и опадају са увећањем њиховог међусобног растојања. Али та аналогија има само формални карактер. Између гравитационе и електричне силе постоји суштинска разлика. Пре свега, немају исту природу (порекло): извор гравитационе силе је маса тела, а електричне силе наелектрисање тела. Друго, гравитациона сила је привлачног карактера, а електрична сила може бити привлачна и одбојна. Треће, електрична сила је неупоредиво већег интензитета од интензитета гравитационе силе. Упоређујући вредности електричне и гравитационе силе нпр. између електрона и протона у водониковом атому израчунава се да је електрична сила већег интензитета око 10^{39} пута.

Област физике у којој се потпуније изучавају електрична својства, начини наелектрисавања и узајамно деловање наелектрисаних тела (честица) у стању мировања, назива се **електростатика**.

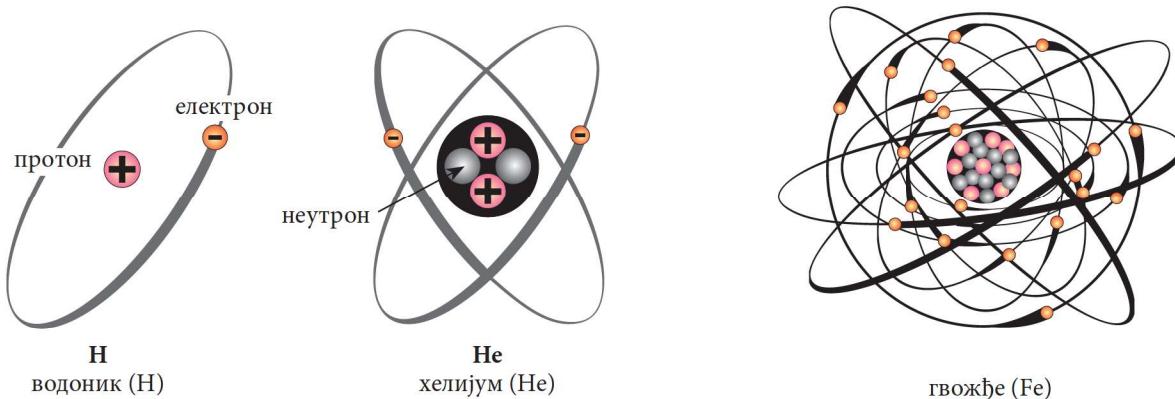
Термини електрична сила и електростатичка сила су синоними који се равноправно користе.

ТЕОРИЈА АТОМА О НАЕЛЕКТРИСАВАЊУ ТЕЛА

Приликом описивања и тумачења топлотних појава у VII разреду позивали смо се на честичну структуру тела (супстанце). Тада смо сазнали да су сва тела изграђена од молекула, а молекули из атома и да се атоми сastoје од језгра и електронског омотача. Атомско језгро има, такође, сложену структуру. Садржи две врсте честица приближно истих маса: позитивно наелектрисане **протоне** и електронеутралне **неутроне**.

Омотач атома чине негативно наелектрисане честице – **електрони** који круже око атомског језгра слично као планете око Сунца. Маса електрона је око 1840 пута мања од масе протона или неутрона. Стога се може сматрати да је целокупна маса атома концентрисана у његовом језгру. Пречник језгра је преко 10 000 пута мањи од пречника атома.

На слици 3.1 су приказани атоми водоника (H), хелијума (He) и гвожђа (Fe).

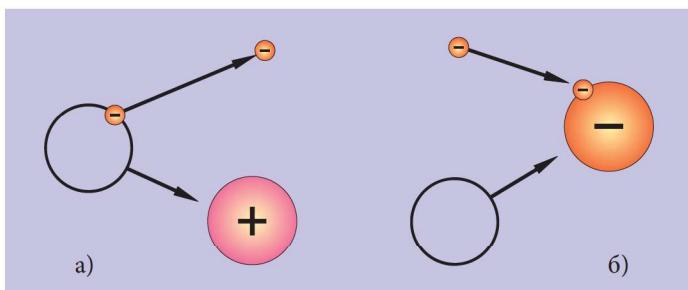


Сл. 3.1. Структура неких атома

Атоми садрже једнак број електрона и протона, па су електрично неутрални (електронеутрални). То је условљено тиме што се негативно наелектрисање електрона у омотачу поништава са позитивним наелектрисањем протона у атомском језгру.

Ако атом из електричног омотача изгуби један или више електрона, тада садржи више протона него електрона, па му је укупно наелектрисање позитивно. Такав позитивно наелектрисан атом зове се **позитиван јон** (сл. 3.2 а). У случају да неутрални атом у свом електронском омотачу веже (прими) споља један или више додатних електрона, његово укупно наелектрисање постаје негативно и он прелази у **негативан јон** (сл. 3.2 б).

Електрично неутрално тело састоји се из неутралних атома. У таквом телу број електрона једнак је броју протона тако да је његово укупно наелектрисање једнако нули. Зато неутрално тело не испољава електрична својства, тј. не делује на друга тела електричном силом.



Сл. 3.2. Насељање позитивних и негативних јона

Израз да је тело електрично неутрално (ненаелектрисано) наводи на помисао да то тело уопште не садржи наелектрисане честице. Али, као што смо констатовали, то није тачно.

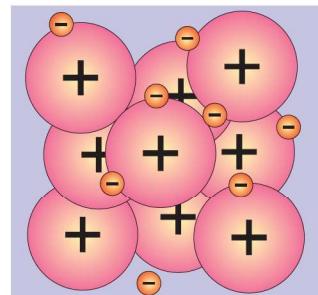
Ако тело садржи већи број електрона него што је њихов број у телу када је оно неутрално, онда је **тело негативно наелектрисано**. У **позитивно наелектрисаном телу** постоји „мањак“ електрона у односу на број електрона у електрично неутралном стању.

У чврстим телима, што је нарочито изражено код метала постоје тзв. **слободни електрони**.

Електрична својства чврстих тела (метала) зависе од концентрације слободних електрона (број слободних електрона по јединици запремине). То су електрони који

се налазе на периферији електронског омотача (најудаљенији од језгра). Њихова веза са језгром је веома слаба, зато се лако ослобађају те везе и понашају се као слободни (сл. 3.3).

Када периферни електрони напусте атоме, атоми прелазе у позитивне јоне који су правилно распоређени у металима и могу само да осцилују око својих положаја. Пошто нису (практично) покретљиви позитивни јони не утичу на електрична својства чврстих тела (метала).

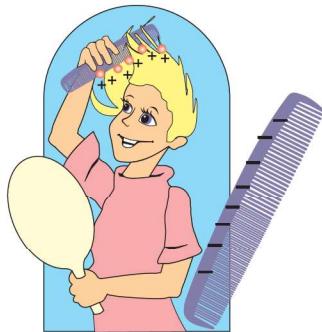


Сл. 3.3. Слободни електрони код метала

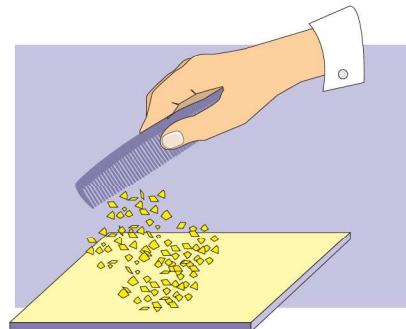
Наелектрисавање тела

Процес преласка слободних електрона са једног на друго тело или прерасподела тих електрона између делова тела је **наелектрисавање**. Може се остварити на три основна начина: трењем, додиром тела и електростатичком индукцијом (инфлуенцијом).

Наелектрисавање тела трењем. Није ретко да се чује слабо пуккетање када се чешља сува коса. Праменови суве косе подижу се у правцу кретања пластичног чешља (сл. 3.4). То се дешава због тога што су се и чешаљ и коса наелектризали: известан број електрона прешао је са косе (власи) на чешаљ, па се чешаљ наелектрисао негативно, а коса позитивно. После употребе чешља може се установити да он привлачи папираће, што доказује да се он у току чешљања косе наелектрисао (сл. 3.5) и да тако испољава квалитативно ново (електрично) својство.



Сл. 3.4. Наелектрисавање тела трењем



Сл. 3.5. Наелектрисани чешаљ привлачи папираће

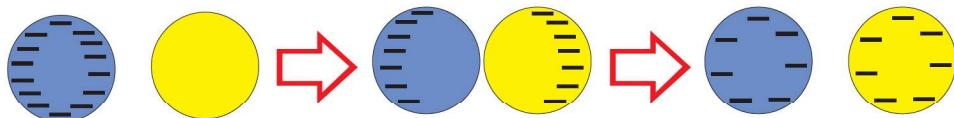
Трењем могу да се наелектришу и друга тела. Када се стаклена шипка протрља свиленом крпом, слободни електрони са стакла прелазе на свилу. На стакленој шипци тада је мање електрона него протона, па се она наелектрише позитивно. Истовремено, на свиленој крпи постоји више електрона него протона, па је она негативно наелектрисана (сл. 3.6 а). Шипка од ћилибара (јантара), или од поливинила, пропрљана крзном наелектрише се негативно, јер слободни електрони са крзна прелазе на ћилибар, односно на поливинил, док на крзну остаје мање електрона него протона (сл. 3.6 б).

Трљањем се могу наелектрисати изолатори као што је стакло или пластика. Метали се, такође, могу тако наелектрисати. Међутим, ако држимо, на пример, металну куглу (шипку) у руци, наелектрисање ће се распоредити и на наше тело. Да би се то спречило куглу (шипку) треба учврстити на изолаторску дршку.

Наелектрисавање тела додиром. У контакту са наелектрисаним телом неутрално тело се такође наелектрише. То се остварује преласком слободних електрона са једног на друго тело.

У додиру са позитивним телом електрони са неутралног прелазе на позитивно тело у којем је било мање електрона него протона. На тај начин, претходно неутрално тело постаје, такође, позитивно наелектрисано.

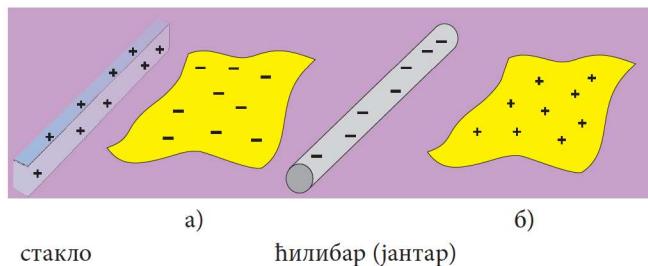
Код контакта неутралног и негативног тела смер кретања електрона је обрнут; они се крећу од негативно наелектрисаног тела према неутралном телу, тако да и оно такође постаје негативно наелектрисано истом количином наелектрисања (сл. 3.7).



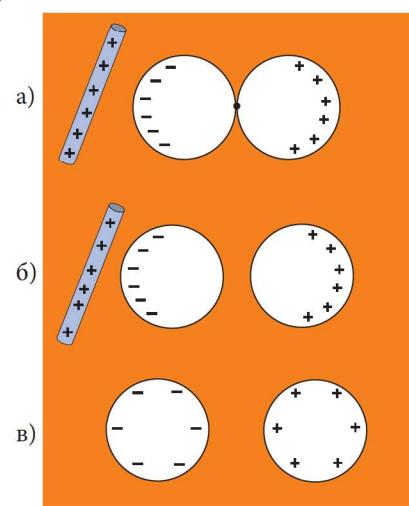
Сл. 3.7. Наелектрисавање тела додиром

Електростатичка индукција (инфлуенција). Неутрално тело се може наелектрисати и без непосредног контакта ако је у околини наелектрисаног тела. Такав начин наелектрисавања тела зове се **електростатичка индукција** или **инфлуенција**. На слици 3.8 је приказано како се то може остварити.

Две металне електрично неутралне кугле постављене су тако да се међусобно додирују. Њима се приноси на одређено растојање позитивно наелектрисана стакlena шипка. Под утицајем позитивно наелектрисане стаклене шипке слободни електрони из једне и друге кугле померају се према стакленој шипци. Услед тога периферија прве (ближе) кугле окренута према шипци постаје негативно наелектрисана, а даља периферија друге кугле позитивно (сл. 3.8 а). После тога кугле се раздвајају, али се расподела слободних електрона на куглама задржава, јер стаклена шипка није удаљена (сл. 3.8 б). Коначно, кугле су још више раздвојене, а стаклена шипка је удаљена. Кугле



Сл. 3.6. Наелектрисавање тела трлењем



Сл. 3.8. Електростатичка индукција (инфлуенција)

постају наелектрисане као што показује слика 3.8 в). Кугла која је била ближа стакленој шипци је негативно наелектрисана, а удаљенија кугла – позитивно. Обе кугле су наелектрисане једнаким количинама наелектрисања али са супротним предзнацима. (О количини наелектрисања говорићемо посебно.)

ПРОВОДНИЦИ И ИЗОЛАТОРИ

Установили смо да се наелектрисање (електричност), посредством слободних електрона, може преносити са једног на други део тела или са једног на друго тело.

Слободни електрони омогућавају електричну проводљивост чврстих тела.

Зависно од електричне проводљивости (односно покретљивости слободних електрона), тела (супстанце) се деле на **проводнике и изолаторе (непроводнике)**. Добра електрична проводљивост металних проводника тумачи се великом концентрацијом слободних електрона (бројем слободних електрона по јединици запремине). Тела са малом концентрацијом слободних електрона која веома слабо проводе наелектрисање, или га уопште не проводе, називају се **изолатори**.

У добре проводнике спадају метали, влажна земља, водени раствори киселина, база и соли. Људско тело се, такође, убраја у електричне проводнике.

Изразити примери изолатора су: гума, стакло, порцелан, поливинил, хартија, уље, сува земља, суво дрво, дестилована вода, сви гасови у обичним условима.

Између проводника и изолатора не може се повући оштра граница, јер се неке супстанце под једним условима понашају као изолатори, а под другим као проводници. На пример, загревањем неки изолатори постају проводници.

Количина наелектрисања. Елементарна количина наелектрисања

Величина којом се квантитативно одређује наелектрисање тела је **количина наелектрисања**. Није ретко да се наелектрисање и количина наелектрисања поистовећују иако се та два појма разликују. Наелектрисање је својство тела, а количина наелектрисања величина која то својство квантитативно дефинише.

Количина наелектрисања електрона, односно протона је најмања експериментално потврђена количина наелектрисања. Зато се и назива **елементарна количина наелектрисања**. Са $+e$ означава се количина наелектрисања протона, а са $-e$ количина наелектрисања електрона.

Количина наелектрисања тела је целобројни умножак (мултипл) количине наелектрисања једног електрона, односно протона:

$$q = n e,$$

где је n – цео број.

Када кажемо да је кугла на изолованом постолују **позитивно наелектрисана**, то значи да је из ње „одстрањен“ известан број електрона (сл. 3.9). Због тога је укупан број позитивних елементарних наелектрисања (протона) већи од укупног броја електрона у датом телу.

Неко тело је **наелектрисано негативно** ако је укупан број његових електрона већи од броја протона у језгрима његових атома.

Код негативно наелектрисаног тела, број n се односи на „вишак“ електрона у односу на број електрона у електрично неутралном телу. Ако је реч о позитивној количини наелектрисања, број n означава „мањак“ електрона у односу на број електрона у телу када је оно у неутралном стању.

Јединица количине наелектрисања (електрицитета) је **кулон**. Обележава се са C и износи:

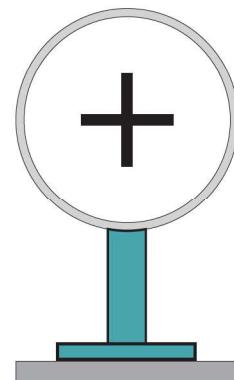
$$C = 6,22 \cdot 10^{18} e,$$

тј. количина наелектрисања од једног кулона садржи $6,22 \cdot 10^{18}$ елементарних количина наелектрисања исте врсте (електрона или протона).

Према томе, апсолутна вредност количине наелектрисања једног протона, или електрона, изражена у кулонима, износи:

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} C.$$

Није ретко да се наелектрисано тело поистовећује са његовом количином наелектрисања. Каже се, на пример, да количина наелектрисања делује на другу количину наелектрисања, да се количина наелектрисања помера, креће итд. Ову идентификацију не треба схватити у буквальном смислу. Тело се не може поистоветити са величином којом се карактерише једно од његових својстава (наелектрисаност).

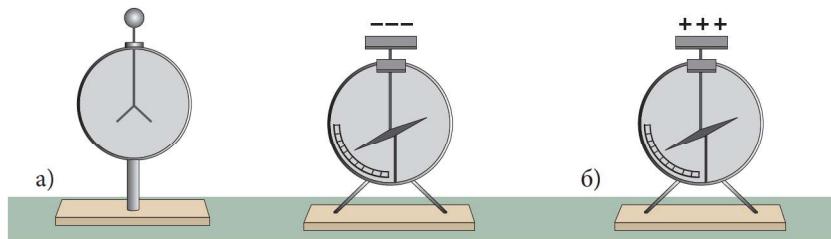


Сл. 3.9.
Позитивно
наелектрисана
метална кула

Како се може одредити количина и врста наелектрисања?

Једноставан инструмент којим се може утврдити да ли је тело наелектрисано или није назива се **електроскоп**.

Електроскоп је метална кутија са стакленим „прозором“ кроз који се посматра њена унутрашњост. На горњој страни кутије је отвор затворен чепом од електричног изолатора. Кроз чеп је провучена метална шипка. На горњем крају шипке је метална кугла (или метална плоча) а на доњем два танка метална листића или метална игла (сл. 3.10).



Сл. 3.10. Наелектрисани електроскоп и електрометар

Наелектрисаност тела оцењује се на основу раздвајања листића (сл. 3.10 а) или померање игле (сл. 3.10 б). Када се куглица или плоча електроскопа додирне наелектрисаним телом, наелектрисање преко шипке преноси се на листиће или иглу (казальку). Услед одбијања истоименог наелектрисања долази до размицања или скретања игле (казальке). На основу угла између листића или угла скретања игле закључује се о количини наелектрисања тела. Електроскоп са скалом, изградујасном у мерним јединицама количине наелектрисања (кулонима или у његовим деловима), зове се **електрометар** (сл. 3.10 б).

Помоћу наелектрисаног електроскопа (или електрометра) може се одредити врста наелектрисаности тела. Нека је електроскоп наелектрисан нпр. позитивно. Ако се при додиру са наелектрисаним телом листићи електроскопа још више размакну, тело има позитивно наелектрисање. Ако су се листићи електроскопа право скупили, па поново размакли тело је било негативно наелектрисано.

Једнаке количине позитивног и негативног наелектрисања тела међусобно се поништавају (укупна количина наелектрисања једнака је нули). То се једноставно доказује. Узму се два истоветна електроскопа. Један од њих наелектрише се позитивно у додиру са позитивно наелектрисаном стакленом шипком, а други негативно са негативно наелектрисаном ебонитном шипком. Нека је при томе размак листића на оба електроскопа једнак, што значи да је негативна количина наелектрисања једног електроскопа једнака позитивној количини наелектрисања другог електроскопа. Када се кугле (или плоче) електроскопа међусобно додирну, листићи оба електроскопа убрзо се спуштају, што доказује да је њихова укупна количина наелектрисања једнака нули.

ЗАКОН ОДРЖАЊА КОЛИЧИНЕ НАЕЛЕКТРИСАЊА

При наелектрисању тела не стварају се и не уништавају носиоци наелектрисања. Носиоци наелектрисања (слободни електрони) само прелазе са тела на тело или се прераспоређују унутар тела, при чему укупна количина наелектрисања остаје непромењена. Са микроскопског становишта то значи да: укупни број позитивних и негативних елементарних наелектрисаних честица (електрона, протона и других) остаје сталан у свим међуделовањима и процесима. Трљањем поливинилног штапа и свилене крпе електрони прелазе с крпе на штап. Тиме у штапу настаје вишак негативног наелектрисања у односу на позитивно наелектрисање, односно у њему има више електрона него протона. На крпи настаје исти мањак негативног наелектрисања у односу на позитивно наелектрисање, односно у њој је мање електрона него протона. Али укупна количина наелектрисања оба тела „настала“ трљањем не мења се, тј. остаје једнака нули, као што је било и пре трљања.

У сваком физичком процесу укупна количина наелектрисања тела (честица) остаје непромењена. То је општа формулатија **закона одржања количине наелектрисања**. Важи за све физичке, хемијске и биолошке процесе.

Закон одржања количине наелектрисања има такође фундаментално значење као и други закони одржања (масе, енергије и др).

УЗАЈАМНО ДЕЛОВАЊЕ НА ЕЛЕКТРИСАНИХ ТЕЛА. КУЛОНов ЗАКОН

Још у VI разреду установили смо да између наелектрисаних тела постоји електрична сила и да она зависно од врсте наелектрисања тела, може бити привлачна и одбојна. Али тада нисмо говорили о томе како електрична сила зависи од количине наелектрисања тела, њиховог међусобног растојања и средине у којој се налазе.

Основни закон електростатике, закон узајамног деловања два наелектрисана тела (честице) у стању мировања први је експериментално утврдио Кулон, касније назван **Кулонов закон**.

Ш. О. Кулон (*Charles Augustin Coulomb, 1736–1806*), француски физичар и војни инжињер, проучавао је електричност, мајнеризам и неке делове класичне механике (силу трења).

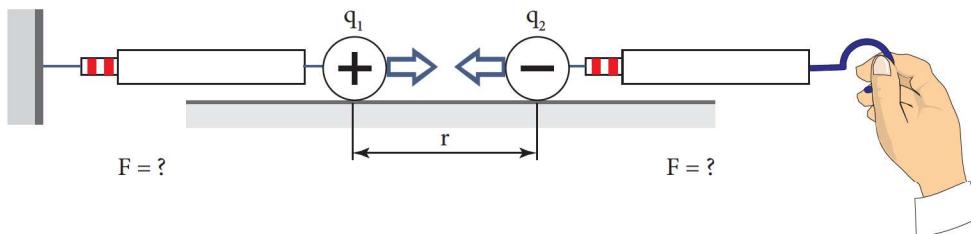
На основу експеримената, прецизним мерењем јакоћине своје специјалне ваље, установио је основни закон електростатике, назван **Кулонов закон**. Упоредо са изучавањем међусобног деловања наелектрисаних тела, Кулон је проучавао и узајамно деловање мајнерских половина.

У част Кулона јединица количине наелектрисања названа је **кулон** (C).

Интензитет електричне сile (каже се и електростатичка или кулонова сила) у принципу може се одредити на основу следећег огледа (сл. 3.11). Два тела са количинама наелектрисања q_1 и q_2 везана су за два истоветна динамометра.



Кулон Шарл



Сл. 3.11. Илустрација Кулоновој закона

Када је тело са количином наелектрисања q_2 веома удаљено од тела са количином наелектрисања q_1 , динамометри показују нулту вредност. Постепеним приближавањем наелектрисаних тела, динамометри се једнако истежу (Закон акције и реакције). Упоређивањем се показује да, ако се растојање смањи два пута, интензитет електричне сile се увећава четири пута, а за смањење растојања три пута, интензитет електричне сile се повећава девет пута, итд. Закључује се да је интензитет електричне сile обрнуто сразмеран квадрату растојања између наелектрисаних тела:

$$F \sim \frac{1}{r^2}.$$

Нека се сада мења количина наелектрисања тела, нпр. q_2 при сталној вредности количине наелектрисања тела q_1 . Тада се показује да два пута већој количини

наелектрисања ($2 q_2$) одговара два пута већи интензитет електричне сile ($2 F$). За количину наелектрисања $3 q_2$ биће $3 F$, итд. Исто се добија и ако се мења количина наелектрисања q_1 . Када би се обе количине наелектрисања мењале истовремено, нпр. за $2 q_1$ и $3 q_2$, интензитет сile био би шест пута већи ($6 F$).

На основу тога може се закључити да се интензитет електричне сile повећава онолико пута колико пута се повећава количина наелектрисања тела: $F \sim q_1 \cdot q_2$.

Постоји и утицај средине на интензитет сile између два наелектрисана тела. Није свеједно у којој се средини налазе тела (ваздуху, води). Утицај средине на интензитет електричне сile између два наелектрисана тела означићемо константом сразмерности k .

Узимањем у обзир сва три закључка, добија се **Кулонов закон**:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

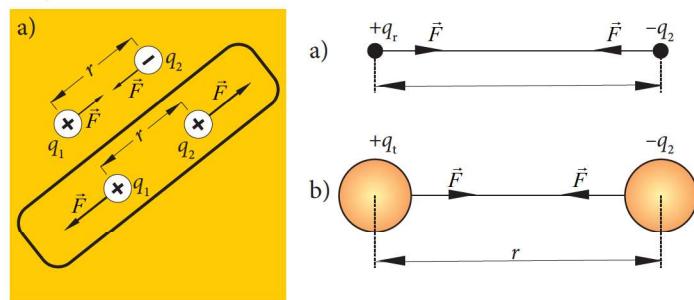
Интензитет сile којом се привлаче или одбијају два наелектрисана тела сразмеран је производу њихових количина наелектрисања, а обрнуто сразмеран квадрату њиховог међусобног растојања.

Правац сile се поклапа са правцем најкраћег растојања међу телима, а смер сile је од једног ка другом телу ако је сила привлачна (разноимена наелектрисања), а од тела када су она истоимено наелектрисана (сл. 3.12).

Константа сразмерности k зависи од природе средине у којој се наелектрисана тела налазе и њена вредност у вакууму износи:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}.$$

У строгом смислу Кулонов закон важи за наелектрисана тачкаста тела, тела чије се димензије могу занемарити у односу на растојање између тела (сл. 3.13 а) и за тела сферног облика (сл. 3.13 б). За растојање између наелектрисаних тела сферног облика узима се растојање између њихових центара.



Сл. 3.12. Електрична сила између два разноимена и истоимена наелектрисана тела

Сл. 3.13. Кулонов закон важи за тачкаста и сферна тела

ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ

У простору око сваког наелектрисаног тела постоји **електрично поље**. Испољава се силом којом наелектрисано тело од којег потиче електрично поље делује на друга наелектрисана тела (честице). Теоријски се простира на релативно великим растојањима, али је његово деловање практично ограничено.

Електрично поље је посебан облик материје посредством којег се остварује међусобно деловање наелектрисаних тела; оно је посредник (преносилац) узајамног деловања наелектрисаних тела.

Електрично поље постоји око наелектрисаних тела у стању мировања и кретања. Наше разматрање је ограничено на електрично поље наелектрисаних тела у стању мировања и такво поље се назива **електростатичко поље**. Ради једноставности, обично се користи термин **електрично поље**.

За проучавање електричног (електростатичког) поља користи се позитивно наелектрисано тело, које се назива **пробно наелектрисано тело** и означава се са q_p или само q . При томе се сматра да пробно наелектрисано тело не деформише електрично поље у које се уноси, тј. занемарује се његово сопствено поље. На пробно тело са количином наелектрисања q , постављено у неку тачку поља које потиче од тела са количином наелектрисања Q , према Кулоновом закону делује сила интензитета:

$$F = k \frac{Qq}{r^2}.$$

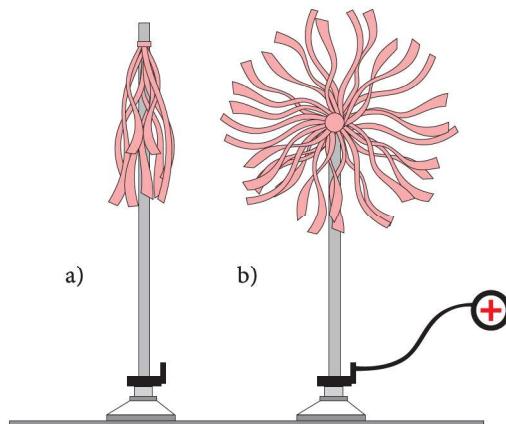
Електрично поље наелектрисаног тела испољава се електричном силом којом делује на друга наелектрисана тела. На основу тог деловања утврђује се и постојање електричног поља, интензитет силе којом делује на наелектрисана тела и остале његове карактеристике.

ЛИНИЈЕ СИЛЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА

Електрично поље сликовито (геометријски) се приказује **линијама силе (линијама поља)**. Распоред и облик линија силе поља око наелектрисаног тела у простору може се демонстрирати узаним тракама од хартије привезаним за врх металне шипке (стубића). Шипка је постављена на изолаторско постоење. Када метални стубић није наелектрисан траке су опуштене (сл. 3.14 а). Међутим, када се стубић наелектрише, траке се зракасто шире (сл. 3.14 б). Уместо трака од хартије могу се користити и текстилна влакна. Траке или влакна својим распоредом показују правац деловања електричне силе око наелектрисаног тела.

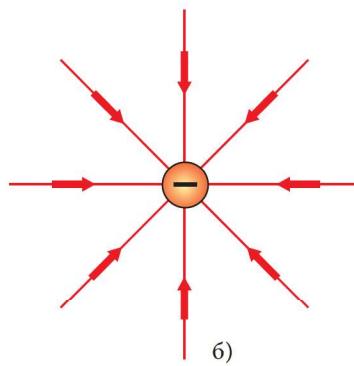
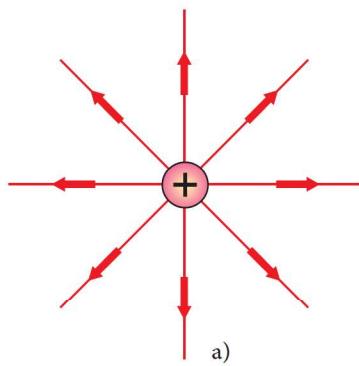
Линије силе показују правац и смер кретања тела (честице) са позитивном пробном количином наелектрисања у електростатичком пољу.

За смер линија сила електричног поља, по договору, је узет смер кретања тела са позитивно пробном количином наелектрисања у том пољу (сл. 3.15). Стога линије силе позитивно наелектрисаног тела имају смер од тела (сл. 3.15 а), а негативно

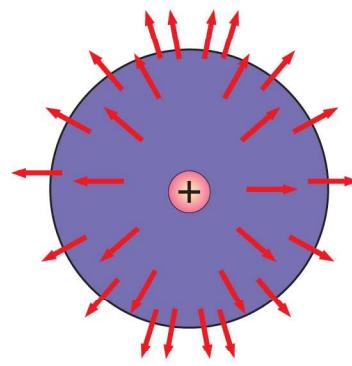


Сл. 3.14. Демонстрација линија сила електростатичког поља

наелектрисаног ка телу (сл. 3.15 б). Код позитивно наелектрисаног тела линије силе „извиру“ из тела, а код негативно наелектрисаног „увиру“ у тело. На слици 3.16 приказане су линије силе позитивно наелектрисане кугле.



Сл. 3.15. Линије силе јозитивно и нејативно наелектрисаној тачкастој телу



Сл. 3.16. Линије силе јозитивно наелектрисане кујле

Густина линија сила* електричног поља усамљених тела пропорционална је количини наелектрисања тела. Што је већа количина наелектрисања тела, то је већа и густина линија сила његовог електричног поља и обратно. Са повећањем удаљености од наелектрисаног тела смањује се и густина линија сила електричног поља (услед радијалног (зракастог) ширења).

ЈАЧИНА ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА

Утврдили смо да у простору око наелектрисаног тела постоји електрично поље и да се оно испљава силом којом делује на друга наелектрисана тела. Али то испљавање поља нисмо квантитативно дефинисали. Потребно је увести квантитативну карактеристику поља, односно величину којом се одређује сила деловања поља на одређено наелектрисано тело. Та величина зове се **јачина електричног поља**. Означава се са \vec{E} .

Ако се у електричном пољу тела са количином наелектрисања Q , у стању мирувања налази тачкасто тело са количином наелектрисања q (сл. 3.17), тада је јачина поља:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Јачина поља једнака је односу сile, којом поље делује на наелектрисано тачкасто тело и количине наелектрисања тог тела. Изражава се у њутнима по кулону $\left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$.

* Под густином линија сила подразумева се број линија сила по јединици површине нормалне на њихов правца.

Интензитет јачине поља у некој тачки простора одређен је односом интензитета електричне сile која у тој тачки делује на јединицу позитивног наелектрисања, а правац и смер се поклапају са правцем и смером електричне сile.

Јачина електричног поља објективно карактерише електрично поље у датој тачки простора. Та карактеристика поља постоји независно од тога да ли у тој тачки поља постоји или не постоји неко наелектрисано тело.

Смер јачине електричног поља поклапа се са смером линија сила.

На основу Кулоновог закона, на растојању r од тачкасног (сферног) тела са количином наелектрисања Q , интензитет јачине електричног поља је:

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q \cdot q}{qr^2} = k \frac{Q}{r^2}.$$

Видимо да је интензитет јачине електричног поља пропорционалан количини наелектрисања тела од којег потиче поље, а да не зависи од количине наелектрисања тела на које делује то поље. У датој тачки простора има сталну вредност и зато је јачина електричног поља карактеристика датог поља.

Из релације $\vec{F} = \frac{\vec{E}}{q}$ налази се израз за силу којом електрично поље делује на наелектрисано тело:

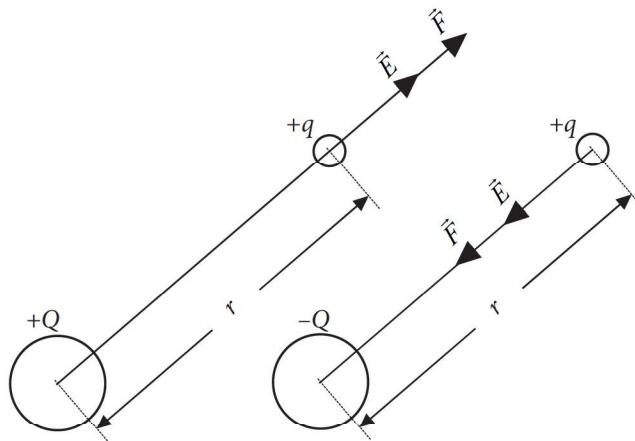
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Сила којом електрично поље делује на наелектрисано тело једнака је произведу количине наелектрисања тела и јачине електричног поља.

Нехомогено и хомогено електрично поље

Зависно од распореда и облика линија сила електрична поља могу бити **некомогена и хомогена**.

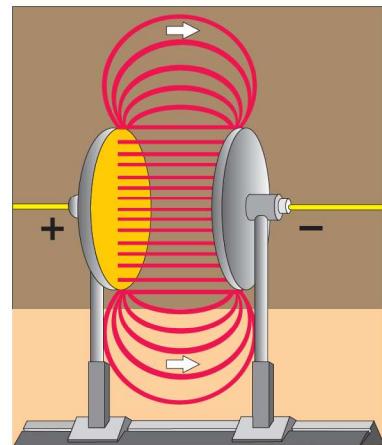
Линије сила електричног поља наелектрисаног сферног или тачкастог тела су радијално распоређене. Њихова густина се смањује са повећањем растојања. Ближе телу су гушће, а на већим растојањима ређе. Електрична поља са таквим распоредом линија сила су **некомогена**.



Сл. 3.17. Јачина електричног поља јозитивно и нејативно наелектрисаној телу

Интересантан облик електричног поља, односно распоред линија силе електричног поља постоји између две паралелне металне плоче наелектрисане истим количинама разноименог наелектрисања (сл. 3.18). Овде линије силе полазе од позитивног а завршавају се на негативно наелектрисаном телу (плочи). При томе су линије силе међусобно паралелне у простору између плоча и њихова густина је свуда иста. Такво електрично поље је **хомогено**.

У простору изван металних плоча густина линија електричног поља није иста, постају све ређе са удаљавањем од крајева плоча. У том делу простора **електрично поље је нехомогено**.



Сл. 3.18. Линије силе између две паралелне, наелектрисане металне плоче

РАД СИЛЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОЉА

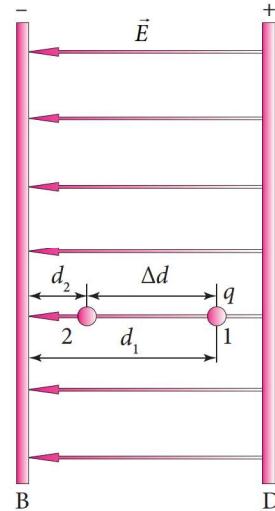
Размотрићемо рад силе хомогеног електричног поља. Претходно смо установили да хомогено електрично поље постоји у простору између две паралелне металне плоче наелектрисане истим количинама наелектрисања супротног предзнака. То поље делује на наелектрисано тело сталном силом $\vec{F} = q\vec{E}$.

Нека су металне плоче постављене вертикално (сл. 3.19). Лева плоча В је наелектрисана негативно, а десна D – позитивно. Треба израчунати рад, који врши сила електричног поља при премештању тела са позитивном количином наелектрисања q из тачке 1, која се налази на растојању d_1 од плоче В у тачку 2, која је на растојању $d_2 < d_1$ од исте плоче. Тачке 1 и 2 се налазе на једној од линија силе поља.

На делу пута $\Delta d = d_1 - d_2$ сила електричног поља врши позитиван рад, који по дефиницији износи:

$$A = F(d_1 - d_2) = qE(d_1 - d_2)$$

$$A = -(qEd_2 - qEd_1).$$



Сл. 3.19. Рад силе електричног поља

Рад електричне сile при померању тела с количином наелектрисања q из тачке с потенцијалном енергијом E_{p_1} у тачку с потенцијалном енергијом E_{p_2} , једнак је разлици тих потенцијалних енергија

$$A = (E_{p_1} - E_{p_2}) = \Delta E_p$$

При померању наелектрисане честице из једне у другу тачку електричног поља врши се рад једнак промени потенцијалне енергије.

Упоређујући последња два израза добија се формула потенцијалне енергије наелектрисаног тела у хомогеном електричном пољу у општем случају (искључујући индексе):

$$E_p = qE d$$

Последња формула је слична (формално) гравитационој потенцијалној енергији тела на релативно малим висинама изнад Земљине површине: $E_p = mgh$. Али, за разлику од масе тела, количина наелектрисања тела може бити како позитивна, тако и негативна.

Ако сила електричног поља врши позитиван рад, то се потенцијална енергија наелектрисаног тела у пољу смањује: $\Delta E_p < 0$. Истовремено, сагласно закону одржања енергије, расте његова кинетичка енергија. И обратно, ако је рад негативан (нпр., при кретању позитивно наелектрисане честице у смеру, супротном смеру јачине електричног поља \vec{E} ; то кретање је слично кретању тела, баченог вертикално навише), онда је $\Delta E_p > 0$. Потенцијална енергија расте, а кинетичка енергија се смањује; честица се успорено креће.

ЕЛЕКТРИЧНИ ПОТЕНЦИЈАЛ И НАПОН

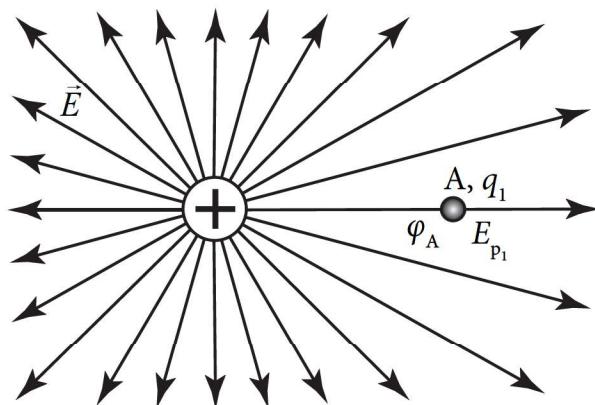
Електрични потенцијал. Знамо да је рад Земљине теже (Земљине гравитационе силе) једнак промени потенцијалне енергије:

$$A = E_{p_1} - E_{p_2} = mgh$$

Исто тако, као што тело одређене масе у пољу Земљине теже има потенцијалну енергију, пропорционалну маси тела, и наелектрисано тело у електростатичком пољу поседује потенцијалну енергију сразмерну његовој количини наелектрисања. Рад сile електростатичког поља проопорционалан је промени потенцијалне енергије наелектрисаног тела у електричном пољу:

$$A = E_{p_1} - E_{p_2}$$

Нека се у пољу, рецимо, позитивно наелектрисане кугле, на пример, у тачки A, налази мало (пробно) тело са количином наелектрисања $+q_1$ (сл. 3.20). То наелектрисано тело у посматраној тачки поља A има извесну потенцијалну енергију E_{p_1} . Ако се количина наелектрисања тела у тачки 1 увећа два пута: $q_2 = 2q_1$, оно ће имати два пута већу потенцијалну енергију $E_{p_2} = 2E_{p_1}$...



Сл. 3.20. Потенцијал у пољу наелектрисаног тела

Одатле следи да је електрична потенцијална енергија наелектрисаног тела у датој тачки поља пропорционална количини наелектрисања тела. Међутим, количник између потенцијалне енергије и количине наелектрисања тела је константан, тј.

$$\frac{E_{p_1}}{q_1} = \frac{2 \cdot E_{p_1}}{2 \cdot q_1} = \dots = \frac{n \cdot E_{p_1}}{n \cdot q_1} = \frac{E_p}{q} = \text{const.}$$

Овај количник не зависи од количине наелектрисања тела које се уноси у електрично поље кугле; он је сталан за дату тачку поља и представља карактеристику тог поља, која се назива **електрични потенцијал**. Потенцијал се (обично) обележава грчким словом φ (фи); није ретко да се означава и са V :

$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

Потенцијал електростатичког поља у датој тачки је бројно једнак количнику електростатичке потенцијалне енергије и количине наелектрисања тела.

Јединица за електрични потенцијал је **волт** (V). Из израза за потенцијал, следи:

$$V = \frac{J}{C}.$$

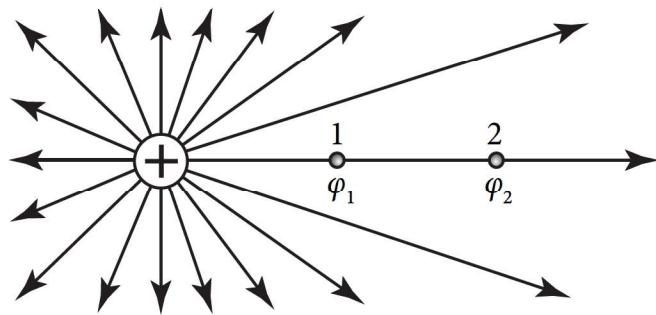
Тачка у електричном пољу има потенцијал од једног волта ако у њој тело количине наелектрисања од једног кулона има потенцијалну енергију од једног цула.

Потенцијал електричног поља је енергијска карактеристика, јер одређује потенцијалну енергију тела са количином наелектрисања q у датој тачки поља тј.

$$E_p = q \cdot \varphi$$

Потенцијална енергија наелектрисаног тела у датој тачки електростатичког поља једнака је производу његове количине наелектрисања и електричног потенцијала у тој тачки.

Електрични напон. Уочимо две тачке (1 и 2) електричног поља позитивно наелектрисаног тела (сл. 3.21). Кад се у тачки 1 налази тело са позитивном количином наелектрисања q , оно има потенцијалну енергију $E_{p_1} = q \cdot \varphi_1$. Сила електричног поља помера то тело из тачке 1 у тачку 2, где је његова потенцијална електрична енергија $E_{p_2} = q \cdot \varphi_2$.



Сл.3.21. Потенцијална разлика у пољу наелектрисаног тела

Извршени рад је једнак промени потенцијалне електричне енергије тј.

$$A = E_{p_1} - E_{p_2},$$

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

Величина $\varphi_1 - \varphi_2$ је разлика потенцијала и назива се **електрични напон** (U):

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Разлика електричних потенцијала у почетној и крајњој тачки путање наелектрисаног тела у електричном пољу је електрични напон.

Из једначина $A = E_{p_1} - E_{p_2}$ и $U = \varphi_1 - \varphi_2$, следи:

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

Електрични напон између две тачке електричног поља једнак је количнику рада сile електричног поља при премештању наелектрисаног тела из почетне у крајњу тачку путање и количине наелектрисања тог тела.

Јединица за електрични напон, као и јединица за електрични потенцијал је **волт [V]**.

Ако се при премештању количине наелектрисања од једног кулона (C) из једне у другу тачку поља изврши рад од једног цула [J], онда између те две тачке поља постоји електрични напон од једног волта [V].

Рад електричне сile при померању наелектрисаног тела између две тачке у електростатичком пољу не зависи од облика путање већ само од разлике потенцијала између почетног и крајњег положаја наелектрисаног тела, дакле, од електричног напона.

Веза јачине хомогеног електричног поља и напона

Између јачине електричног поља и напона постоји одређена зависност која се може једноставно одредити.

Нека се тело са позитивном количином наелектрисања q под утицајем сile хомогеног електричног поља помера дуж линије сile из тачке 1 у тачку 2 (сл. 3.22). Растојање (пут) између тачака је d . При томе електрична сила поља врши рад:

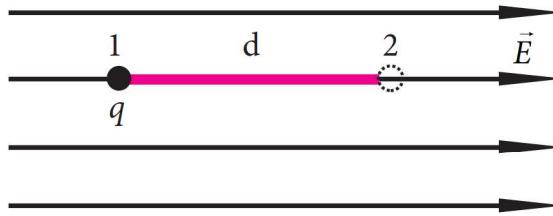
$$A = F \cdot d = q E d$$

Тaj рад може се изразити и преко разлике потенцијала, односно напона између тачака 1 и 2:

$$A = q (\varphi_1 - \varphi_2) = q U$$

Комбинацијом претходна два израза за рад, добија се веза између јачине хомогеног електричног поља и напона:

$$E = \frac{U}{d}$$



Сл. 3.22. Наелектрисано тело у хомојеном електричном пољу

Ова формула показује: што су промене потенцијала на растојању d мање (мањи напон), то је мања и вредност јачине електричног (електростатичког) поља; када се потенцијал не мења ($U = 0$), онда је јачина поља једнака нули.

Пошто се при померању тела са позитивном количином наелектрисања у смеру јачине електричног поља врши позитиван рад $A = q (\varphi_1 - \varphi_2)$, то је потенцијал φ_1 већи од потенцијала φ_2 .

Дакле, јачина електричног поља има усмерење у смеру смањења потенцијала.

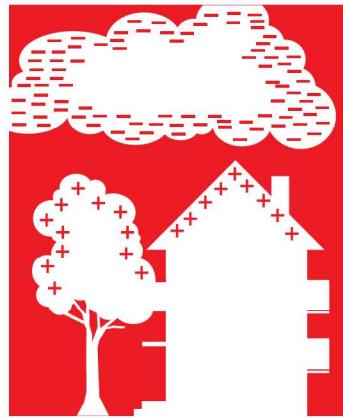
На основу једначине $E = \frac{F}{q}$ изведена је јединица јачине електричног поља: њутн по кулону $\left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$. Међутим, користећи релацију $E = \frac{U}{d}$, добија се да је јединица јачине електричног поља: волт по метру $\left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$. Обе мерне јединице користе се равноправно. Може се показати да су оне идентичне ако се изразе преко основних јединица.

ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЈАВЕ У АТМОСФЕРИ

Температура приземних слојева ваздуха, који садрже знатне количине водене паре, виша је од температуре горњих слојева. Разлика у температури проузрокује ваздушне струје. Топао ваздух, који се подиже навише, брзо се хлади, па се услед тога водена пара у њему кондензује у водене капљице. Ваздушна струја распршује водене капи у ситније капљице. Оне се услед трења о молекуле ваздуха наелектришу, па је наелектрисан облак који се од њих образује.

Наелектрисан облак електростатичком индукцијом наелектрише други облак или високе објекте на Земљи: фабричке димњаке, дрвеће, зграде (сл. 3.23). Напон између два облака често износи неколико милиона волти, па између њих долази до електричног пражњења у виду блештаве траке која се назива **муња**. Њена дужина може да буде и до десет километара. Време пражњења је врло кратко, мање од педесетог дела секунде. После блеска муње чује се громљавина, која настаје услед наглог ширења усјијаног ваздуха. Електрично пражњење између облака и објекта на Земљи назива се **гром**. Деловање грома често је разорно. Кад гром „удари“ у дрво, у њему се за кратко време ослобађа велика количина топлоте, услед чега може и да се запали.

Сличност између електричне варнице и муње наводила је научнике на помисао да је муња електрична појава у атмосфери. Ово је први огледом потврдио у XVII веку амерички физичар Франклин. Он је пред непогоду која се приближавала припремио змаја са шиљком, привезао га канапом и пустио да се подигне увис. Када је киша овлажила канап, из кључева који су били привезани за његов доњи крај искакале су велике варнице, опасне по живот. Зна се да је научник Рихман, Франклинов савременик, погинуо изводећи сличан оглед.



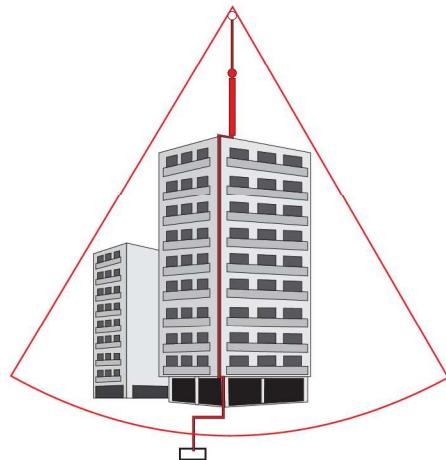
Сл. 3.23. Процеси у атмосфери који се истињавају појавом муње или ударом грома

Заслуге Франклина су и у томе што је конструисао громобран који штити људе и објекте од удара грома. Громобран се прави у о блику металне шипке са шильком на врху и поставља се на највиши део објекта који се штити. Шипка је проводником – жицом или металном траком – повезана са земљом. Да би спој био бољи, проводник је везан за бакарну плочу укопану у земљу. Безбедна зона коју штити овакав громобран има облик купе. Њен врх је у шильку громобрана, а пречник њене основе приближно је једнак удаљености врха шилка од тла (сл. 3.24).

Ако треба заштитити од грома неку већу зграду, на њу се поставља више громобрана, а у новије време се користе мрежасти громобрани. Њих чине металне траке постављене на ивици кровова, димњака и на друге истурене делове зграда. Мрежасти громобрани такође морају бити у добром споју са земљом.

Познато је да електрично пражњење у атмосфери траје врло кратко. Пошто се звук простире много спорије од светlostи, громљавина се увек чује после појаве муње. Људи се углавном плаше громљавине, а не муње. Како електрично пражњење траје колико и бљесак муње, то је свака опасност после бљеска муње прошла, па је самим тим и страх од громљавине неоправдан.

Да бисмо на отвореном простору били безбедни од удара грома у време громљавине не треба стајати под усамљеним високим дрветом, нити на чистом простору где бисмо били највиша тачка. Кад севају муње, треба се удаљити од металних предмета и алатки. Стajaњe и ходањe, посебно трчањe по терену где нема предмета, дрвећа веће висине од човека такођe сe не препоручујe.



Сл. 3.24. Громобран

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

• Област физике у којој се проучава међусобно деловање наелектрисаних тела (честица) у стању мировања назива се **електростатика**.

• Процес преласка слободних електрона између два тела или њихова прерасподела између делова тела је **наелектрисање**. Може се остварити: **додиром тела, трењем и електростатичком индукцијом (инфлуенцијом)**, односно наелектрисањем тела без непосредног контакта са наелектрисаним телом.

• Зависно од концентрације и покретљивости слободних електрона, тела (супстанце) се деле на **проводнике и изолаторе**. У добре проводнике спадају метали, водени раствори киселина, база и соли. Људско тело такође је проводник. Изолатори су: гума, стакло, порцелан, поливинил, дестилована вода, суво дрво, сви гасови под обичним условима.

• Величина којом се квантитативно одређује наелектрисање (наелектрисаност) тела је **количина наелектрисања**.

Количина наелектрисања тела је целобројни умножак количине наелектрисања једног електрона, односно протона:

$$q = n e, \text{ где је } n - \text{цео број.}$$

Количина наелектрисања електрона или протона је елементарна количина наелектрисања (најмања до сада измерена). Наелектрисање протона означава се са $+e$, а електрона са $-e$.

Код негативно наелектрисаног тела број n се односи на „вишак“ електрона у односу на њихов број у електрично неутралном телу. Ако је реч о позитивној количини наелектрисања, број n означава „мањак“ електрона у односу на њихов број у телу када је оно у неутралном стању.

Јединица количине наелектрисања је **кулон [C]**.

$$C = 6,22 \cdot 10^{18} e$$

Према томе, апсолутна вредност количине наелектрисања једног електрона (протона) изражена у кулонима [C] је:

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$$

• **Закон одржања количине наелектрисања:** у свим електричним узајамним деловањима тела или електричним процесима, укупан број позитивних и негативних елементарних наелектрисања остаје сталан (непромењен).

• **Кулонов закон:** интензитет сile којом се привлаче или одбијају два наелектрисана тачкаста тела или тела у облику сфере једнак је производу њихових количина наелектрисања, а обратно је сразмеран квадрату њиховог међусобног растојања:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Правац сile се поклапа са правцем најкраћег растојања међу телима, а смер сile је од једног ка другом телу ако је сила привлачна (разноимена наелектрисања), а од тела када су тела истоимено наелектрисана.

- У простору око сваког наелектрисаног тела постоји **електрично поље**. Испољава се силом којом наелектрисано тело од којег потиче поље делује на друго наелектрисано тело.

Електрично поље сликовито (геометријски) се приказује **линијама силе**.

Линије силе показују правац и смер кретања тела (честице) са пробном позитивном количином наелектрисања у електричном пољу. Код позитивно наелектрисаних тела линије силе су усмерене од тела, а код негативно наелектрисаних тела линије силе су усмерене према телу. Линије силе „извиру“ из позитивно наелектрисаног тела, а „увиру“ у негативно наелектрисано тело.

- **Јачина електричног (електростатичког) поља** одређена је односом силе којом поље делује на наелектрисано тачкасто тело и количине наелектрисања тог тела:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Изражава се њутнима по кулону $\left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$.

Сагласно Кулоновом закону, на растојању r од тачкастог или сферног тела са количином наелектрисања Q , интензитет јачине електричног поља је:

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q \cdot q}{qr^2} = k \frac{Q}{r^2}$$

- Зависно од облика и распореда линија сила, електрично поље може бити **некомогено и хомогено**.

Ако су линије сила међусобно паралелне и имају исту густину у простору, онда је то **хомогено поље**. Када је густина линија сила различита у простору око наелектрисаног тела, реч је о **некомогеном пољу**.

- **Рад сила у хомогеном електричном пољу** једнак је негативној промени електричне потенцијалне енергије:

$$A = -\Delta E_p,$$

где је E_p потенцијална енергија у електричном пољу, дата изразом:

$$E_p = q E d$$

Потенцијална електрична енергија једнака је производу количине наелектрисања, интензитета јачине електричног поља и растојања од наелектрисаног тела од којег потиче електрично поље до тачке у којој се одређује потенцијална енергија.

- **Електрични потенцијал** у датој тачки поља бројно једнак је количнику електричне потенцијалне енергије и количине наелектрисања тела:

$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

Разлика потенцијала у почетној и крајњој тачки путање наелектрисаног тела у електричном пољу је **електрични напон**.

Јединица електричног потенцијала као и разлике потенцијала (напона) је **волт [V]**.

- Јачина хомогеног електричног поља и електричног напона везани су релацијом:

$$E = \frac{U}{d}$$

На основу ове релације изводи се још једна јединица јачине електричног поља:
волт по метру $\left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$.

- Електрично атмосферско пражњење у облику бљештаве траке зове се **муња**.
Електрично пражњење између облака и објекта на земљи (врхова планине, дрвећа, високих зграда итд) је **гром**.

Заштита од удара грома обезбеђује се постављањем громобрана (метална шипка са шиљком на врху објекта уземљена проводном жицом или металном траком).

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. На које начине се може наелектрисати тело?

Тело се може наелектрисати на три начина: додиром са наелектрисаним телом, тренjem и посредством електростатичке индукције (инфлуенције).

2. Електростатичком индукцијом тело се може наелектрисати без непосредног додира са наелектрисаним телом. Шта знате рећи о количини и врсти наелектрисања тела електростатичком индукцијом?

Електростатичком индукцијом тело се може трајно наелектрисати искључивши количином наелектрисања или сујројношћу предзнака у односу на наелектрисано тело.

3. Како се чврста тела деле у зависности од концентрације и покретљивости слободних електрона?

Чврста тела, зависно од концентрације и покретљивости слободних електрона, деле се на проводнике и изолаторе.

4. Којом величином се описује наелектрисаност тела?

Величина којом се описује наелектрисаност тела је количина наелектрисања. Одређена је по атомској вредности као целобројни производ елементарне количине наелектрисања, односно количине наелектрисања једног електрона или протона: $q = n \cdot e$, где је n – цео број.

5. Када се каже да је тело електрично неутрално значи ли то, да у том телу не постоје наелектрисане честице?

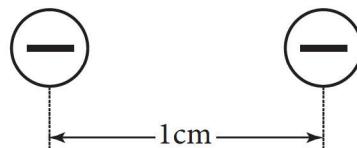
У сваком телу, независно о постојању молекула (атома). Атоми се састоје из електронској омотача и језира. У омотачу нејасивно наелектрисани електрони круже око језира. У језиру се налазе позитивни протони и неутрални неутрони. Дакле, у свим телима независно о постојању наелектрисана или нису, постоје наелектрисане честице: електрони и протони. Код електрично неутралних тела број електрона једнак је броју протона па се њихова наелектрисања узаемно ионишавају. Код позитивних тела укупан број електрона је мањи од укупног броја протона, а у нејасивно наелектрисаним телима је обратно; број електрона надмашује број протона.

6. Како се назива јединица количине наелектрисања и колика је њена вредност у елементарним количинама наелектрисања (наелектрисање једног електрона или протона)?

Јединица количине наелектрисања је кулон [C]: $C = 6,22 \cdot 10^{18} e$, где је e – елементарна количина наелектрисања.

7. Две металне куглице су наелектрисане једнаким (негативним) количинама наелектрисања од по 10^{-16} C. Растојање између куглица је 1 cm. Одредити интензитет електричне сile којом куглице међусобно делују.

Електрична константа је $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.



Подаци: $r = 1 \text{ cm}$, $q_1 = q_2 = q = -10^{-16} \text{ C}$, $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$; $F = ?$

Интензитет електричне (електростатичке) сile којом кулице узајамно делују (одбивају) је:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{kq^2}{r^2} = 9 \cdot 10^{-19} \text{ N}.$$

8. Израчунати интензитет електричне сile којом се међусобно привлаче јони натријума Na^+ и хлора Cl^- у молекулу кухињске соли, ако је растојање између јона $2,82 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Електрична константа је $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

Подаци: $r = 2,82 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$; $F = ?$

$$F = k \frac{e^2}{r^2} = 2,9 \cdot 10^{-9} \text{ N}.$$

9. Како ће се променити вредност електричне сile између два наелектрисана тела ако се растојање између тих тела смањи четири пута?

Интензитет електричне сile њовећа је се 16 љута.

10. За убрзање електрона користи се електрично поље јачине $10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$. Колики је интензитет електричне сile којом то поље делује на електрон? Количина наелектрисања електрона је $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Подаци: $E = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $F = ?$

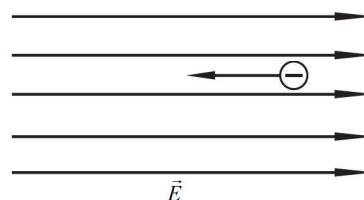
Из израза за интензитет јачине електричног поља $E = \frac{F}{e}$, израчунава се:

$$F = eE = 1,602 \cdot 10^{-15} \text{ N}.$$

11. Могу ли се линије сile електричног поља међусобно пресецати?

Линије сile електричног поља не могу се међусобно пресецати.

12. Електрон се креће у хомогеном електричном пољу са убрзањем $10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Одредити јачину поља. Количина наелектрисања електрона је $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, а маса електрона је $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.



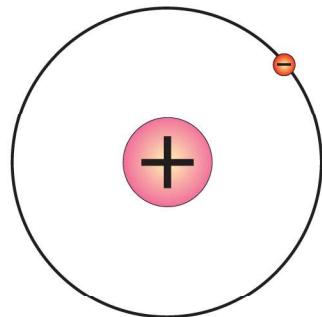
Подаци: $a = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $E = ?$

На основу другог Ньютоновог закона имамо:

$$m_e a = F = eE, \text{ одакле је:}$$

$$E = \frac{m_e a}{e} = 5,69 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

13. Израчунати однос интензитета електричне и гравитационе сile које делују између електрона и протона у водониковом атому. Растојање између електрона и протона у водониковом атому износи $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Маса електрона је $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, а протона $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Вредност гравитационе константе је $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ и електричне константе $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Количина наелектрисања електрона, односно протона је $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



Подаци: $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}, k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}; F_e = ? F_g = ? \frac{F_e}{F_g} = ?$$

Интензитет електричне сile којом узајамно делују ион и електрон у водониковом атому је:

$$F_e = k \frac{e^2}{r^2} = 8,20 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Интензитет гравитационе сile којом ове честице међусобно делују износи:

$$F_g = \gamma \frac{m_e m_p}{r^2} = 3,61 \cdot 10^{-47} \text{ N}.$$

Однос интензитета електричне и гравитационе сile којима узајамно делују електрон и ион у водониковом атому је:

$$\frac{F_e}{F_g} \approx 2,7 \cdot 10^{39}$$

14. На честицу наелектрисану количином наелектрисања $2 \mu\text{C}$ делује електрична сила интензитета 6 mN . Одредити јачину електричног поља у тачки у којој се налази та честица.

Подаци: $q = 2 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $F = 6 \text{ mN} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$; $E = ?$

Интензитет јачине електричног поља одређен је односом интензитета електричне сile и количине наелектрисања честице на коју делује поље:

$$E = \frac{F}{q} = 3000 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

15. Којом формулом се изражава веза интензитета јачине електричног поља и количине наелектрисања тела од којег потиче то електрично поље?

На основу Кулоновој закона интензитет јачине електричног поља у датој тачки је:

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q \cdot q}{qr^2} = k \frac{Q}{r^2},$$

таде је Q – количина наелектрисања тела које „производи“ поље.

16. Како се дефинише потенцијал у датој тачки поља?

Потенцијал у датој тачки поља бројно је једнак количнику поштенијалне енергије и количине наелектрисања тела које се налази у тој тачки.

$$\varphi = \frac{E_p}{q}.$$

17. Потенцијал у датој тачки А електричног поља потиче од два наелектрисана тела. Потенцијал, који потиче од првог тела, износи 100 V. Одредити електрични потенцијал узрокован другим наелектрисаним телом, ако је укупни потенцијал у посматраној тачки поља 70 V.

Подаци: $\varphi_1 = 100 \text{ V}$, $\varphi = 70 \text{ V}$; $\varphi_2 = ?$

Укућни поштенијал у датој тачки поља је

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \text{ односно: } 70 \text{ V} = 100 \text{ V} + \varphi_2,$$

одакле је $\varphi_2 = -30 \text{ V}$.

Очиједно је да су количине наелектрисања тела са супротним појединачнимима.

18. Потенцијали у две тачке електричног поља су 60 V и -40 V. Колики је електрични напон између датих тачака?

Подаци: $\varphi_1 = 60 \text{ V}$, $\varphi_2 = -40 \text{ V}$; $U = ?$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = 100 \text{ V}.$$

19. При премештању честице са количином наелектрисања 0,4 C из једне у другу тачку електричног поља изврши се рад од 100 J. Колика је разлика потенцијала између тих тачака?

Подаци: $q = 0,4 \text{ C}$, $A = 100 \text{ J}$; $U = ?$

$$U = \frac{A}{q} = 250 \text{ V}.$$

20. Ако се два наелектрисана тела међусобно привлаче, какав рад врши електрична сила при удаљавању тела (позитиван или негативан)?



$$\bullet \quad \varphi = 70 \text{ V}$$

A

Електрична сила врши негативан рад, јер је смер електричне силе сујројан смеру покрета тела.

21. Када се два наелектрисана тела међусобно одбијају, какав рад врши електрична сила, ако се тела међусобно удаљавају?

Електрична сила врши позитиван рад.



ТЕСТ ЗНАЊА

1. Шта се подразумева под процесом наелектрисања тела?

5 поена

2. Којом врстом наелектрисања се наелектрише тело додиром?

5 поена

3. Које су честице преносиоци наелектрисања у чврстим телима (металима), течним и гасним срединама?

10 поена

4. Како гласи Закон одржавања количине наелектрисања?

5 поена

5. Како гласи Кулонов закон?

10 поена

6. Шта су линије силе електричног поља? Чему оне служе?

10 поена

7. Дефинисати јачину електростатичког (електричног) поља у одређеној тачки простора?

5 поена

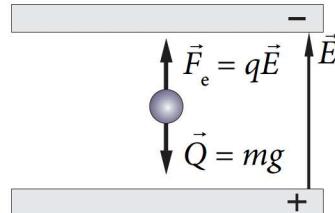
8. Како се дефинише напон (потенцијална разлика) у електричном пољу и којим се јединицама изражава?

5 поена

9. Како су повезани интензитет јачине електричног хомогеног поља и електрични напон у том пољу?

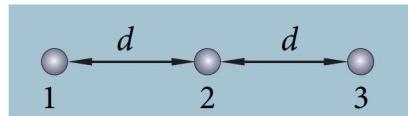
5 поена

- 10.** Водена капљица запремине 10^{-9} mm^3 лебди у вакууму под утицајем хомогеног електричног поља јачине $400 \frac{\text{N}}{\text{C}}$. Одредити тежину капљице. Колика је количина наелектрисања капљице? Густина воде је $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, а убрзање Земљине теже $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



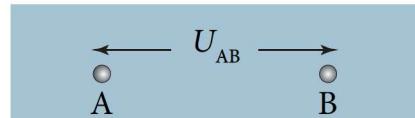
5 поена

- 11.** На слици су приказане три наелектрисане честице које се налазе у вакууму на истој правој линији (слика). Количине наелектрисања честица су: $5 \mu\text{C}$, $-3 \mu\text{C}$ и $1 \mu\text{C}$. Растојање између честица је 10 cm . Одредити интензитет електричне (електростатичке) сile која делује на честицу 3. Вредност константе k у вакууму је $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.



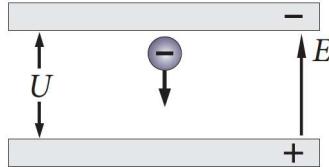
10 поена

- 12.** Електрични напон између тачака А и В је 210 V (слика). Колики рад изврши електрична сила при померању честице наелектрисане количином наелектрисања од 2 C из тачке А у тачку В?



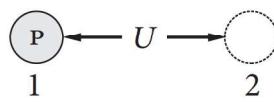
5 поена

- 13.** Две паралелне равне металне плоче наелектрисане су једнаким количинама наелектрисања супротног предзнака. Између плоча је напон 200 V . Један електрон се одваја од негативне плоче са почетном брзином једнакој нули ($v=0$) и креће се ка позитивној плочи (слика). Колика ће брзина електрона бити непосредно пре удара о позитивну плочу. Маса електрона износи $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, а количина наелектрисања $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



10 поена

- 14.** Колики је напон између две тачке на путањи протона између којих он повећава брзину од $5000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ на $10\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Маса протона је $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.



10 поена

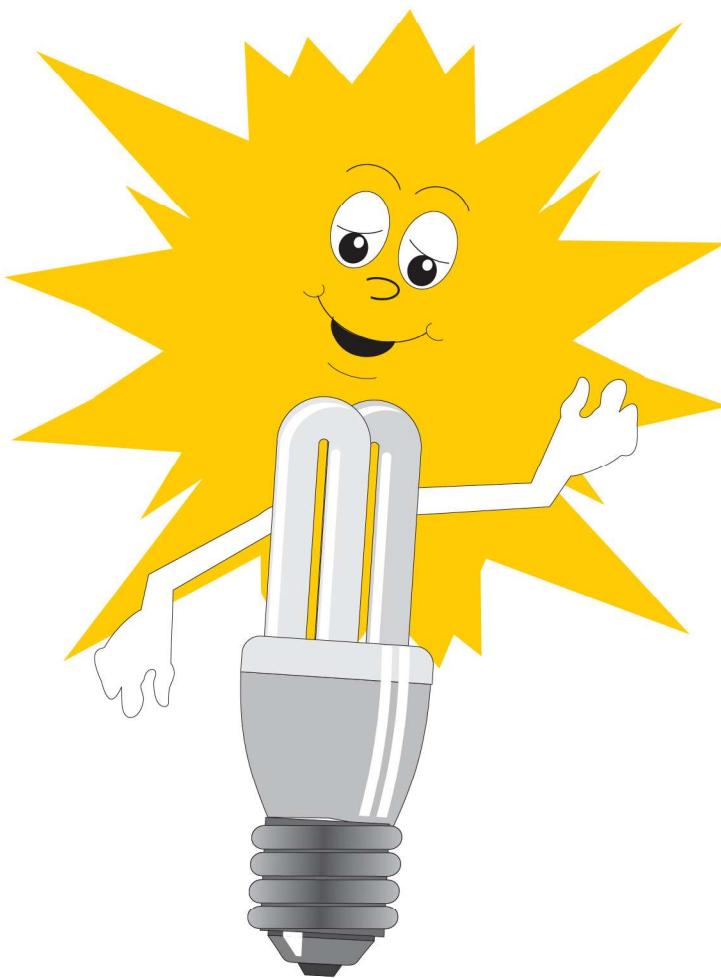
Напомена:

Уколико нисте успели да решите све задатке из теста знања, решења потражите на крају уџбеника.

ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

Кључне речи:

слободни електрони, електрична струја (једносмерна и наизменична), јачина електричне струје, проводници и изолатори, електрична отпорност проводника, Омов закон, електромоторна сила, рад и снага електричне струје, Џул-Ленцов закон, електрични инструменти, електролити



Ниједна научна област у физици и науци уопште није толико повезана са техником, производњом и практичним животом људи колико су то омогућила истраживања у домену **електричне струје**. Живот савременог човека тешко је замислити без електричне струје. Стога се проучавању **електричне струје** посвећује најобимнија глава овог уџбеника (обрађује се највећим фондом часова).

ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

УВОД

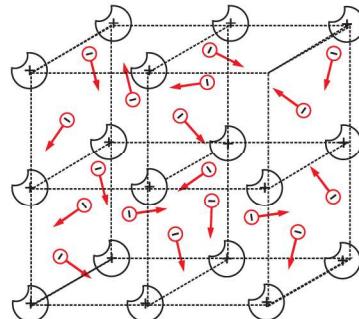
Живот савременог човека тешко је замислити без електричне струје. Електрична струја омогућила је јефтинију и квалитетнију производњу, бржи и удобнији саобраћај, скоро тренутно преношење слика и информација на огромна растојања, космичке летове... Већина кућних апаратова и уређаја не би се могла користити без електричне енергије: електрична сијалица, флуоересцентна лампа, уређаји за хлађење, машине за прање рубља и судова, електрични шпорет, телефон (фиксни и мобилни), радио и телевизијски пријемници, компјутер итд. Без електричне струје не би се могли покренути аутомобили, а електрични трамваји, тролејбуси, електрични возови, модерни бродови били би непокретни.

Не постоји научна област у физици и науци уопште која је толико унапредила услове човековог живота колико истраживања електричне струје.

Шта се подразумева под електричном струјом? Под којим условима настаје и као се одржава струја у металним проводницима? Из којих елемената се састоји електрично струјно коло? Које величине описују електричну струју и којим законима се она покорава? Који су основни ефекти (дејства) електричне струје и које су њене главне примене? Како се објашњава провођење електричне струје у флуидима (течним и гасним срединама)? То су само нека од питања на која ћемо покушати да одговоримо у овом поглављу.

Наше искуство са електричном струјом, пре свега, се односи на електричну струју у металним проводницима.

Метали имају кристалну структуру. У чворовима кристалне решетке (елементарни делови) метала налазе се позитивни јони, тј. атоми којима недостаје један или више електрона (слободни електрони). Позитивни јони су практично непокретни. Они су „причвршћени“ електричним силама за своје положаје у металу, једино могу да осцилују око својих положаја. Пошто не могу да се крећу кроз метал, они не могу да буду носиоци електричне струје. Код метала, међутим електрони који су слабо везани за атоме (слободни електрони) могу да се крећу кроз метал и они су носиоци електричне струје (сл. 4.1).

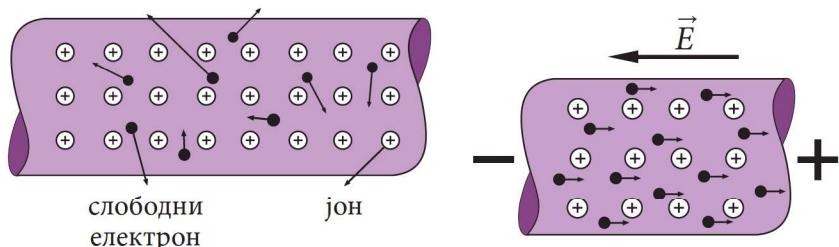


Сл. 4.1. Кристална структура метала

УСЛОВИ НАСТАЈАЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

Услови за настајање електричне струје у металном проводнику остварују се тако што се слободни електрони „преводе“ из хаотичног, неуређеног топлотног кретања, (сл. 4.2) у усмерено кретање (сл. 4.3). То се постиже деловањем електричног поља.

Под утицајем силе електричног поља слободни електрони у металном проводнику крећу се у правцу електричног поља, односно дуж проводника (сл. 4.3) и тако настаје електрична струја.



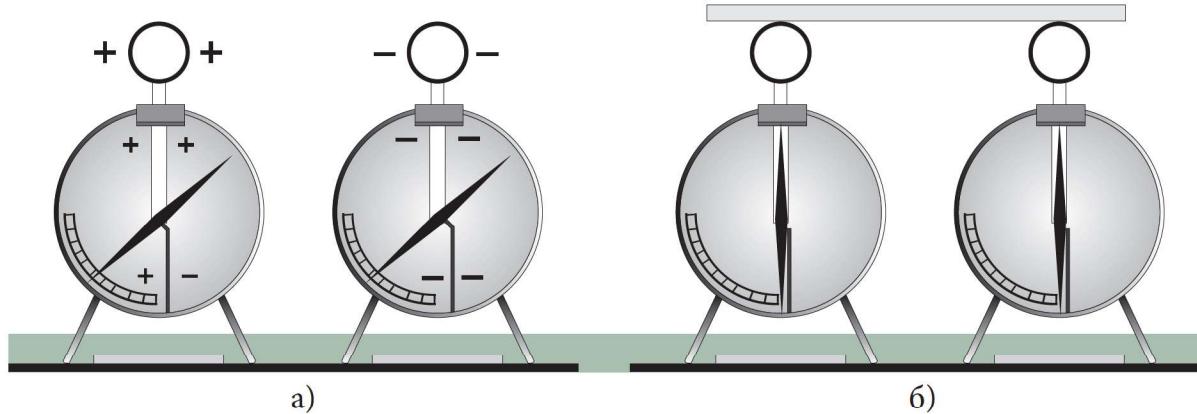
Сл. 4.2. Слободни електрони у металном проводнику хаотично се крећу

Сл. 4.3. Усмерено крећање слободних електрона под дејством електричног поља

Електрична струја је усмерено кретање наелектрисаних честица кроз проводник под утицајем електричног поља.

Носиоци електричне струје у металним проводницима су (слободни) електрони.

Концентрација слободних електрона (њихов број у јединици запремине) у металима је реда величине 10^{28} по кубном метру. Од свих супстанци метали имају највећу концентрацију слободних електрона и зато су метали добри проводници електричне струје.



а)

б)

Сл. 4.4. Опис којим се љубаврђује љава електричне струје

Појава електричне струје може се демонстрирати огледом (сл. 4.4). Посматраћемо два истоветна електрометра. Један од њих се наелектише помоћу стаклене шипке претходно пропртлане (неколико пута превучена) свилом. Други електрометар се наелектише помоћу поливинилске шипке, пропртлане крзном (сл. 4.4 а).

Наелектрисавање једног и другог електрометра врши се док њихове казаљке не скрену до истог подељка, односно док се оба електрометра не наелектишу једнаким количинама наелектрисања са супротним предзнакима. Ако се затим куглице електрометра споје металном шипком или жицом, казаљке се брзо враћају у нулти положај (сл. 4.4 б). Закључујемо:

- прво, једнаке количине наелектрисања супротног предзнака међусобно се неутралишу (Закон одржања количине наелектрисања).

– друго, померање казаљки оба електрометра потврђује појаву **електричне струје**, односно да су слободни електрони кроз проводник прешли са негативног електрометра на позитивно наелектрисан електрометар. То значи да тада кроз метални проводник пролази краткотрајна електрична струја. Ако се укључи „осетљива“ електрична сијалица, видећемо да ће она бљеснути у тренутку спајања наелектрисаних електрометара.

Добијена електрична струја у описаном огледу је краткотрајна. После спајања електрометара изједначавају се њихови електрични потенцијали, односно „ишчезава“ електрично поље у проводнику, а тиме престаје и да протиче електрична струја.

У техници и пракси електрично поље у проводницима успоставља се и може дуже време да се одржава помоћу **извора електричне струје**, или извора електромоторне сile (EMS). То су, на пример, електрична батерија, акумулатор, генератор и други.

ИЗВОРИ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

За постојање електричне струје у проводнику потребно је да се на његовим крајевима успостави и непрекидно одржава разлика потенцијала, односно да у њему постоји електрично поље. Уређаји помоћу којих се то постиже су **извори електричне струје**.

У изворима електричне струје настаје раздавање позитивних и негативних наелектрисаних честица и усмеравање њиховог кретања. Раздвојене наелектрисане честице долазе на одређене делове извора који се називају **полови извора струје**. Код сваког извора електричне струје постоје два пола: **позитивни (+)** и **негативни (-)**.

Постоје разни процеси чији је резултат раздавање и уређено кретање слободних наелектрисаних честица у изворима струје, нпр. механички рад, хемијска реакција и др. У свим тим процесима долази до претварања неког облика енергије (механичке, хемијске, топлотне, светлосне или неке друге) у електричну енергију.

Кроз метални проводник, којим су повезани полови извора струје, крећу се слободни електрони, а кроз извор струје – слободне наелектрисане честице (електрони, јони или њихове групе). Ово кретање ће трајати све док трају поменути процеси у извору.

Укључивањем проводника на полove електричног извора у њему се успоставља и одржава електрично поље као резултат одређених процеса који се дешавају у извору. Под дејством тог поља слободни електрони у проводнику, као што смо истакли, крећу се усмерено, што је у ствари електрична струја.

Електростатичка инфлуентна машина (сл. 4.5). Обртањем ручице ове машине долази до трења између четкица и ебонитних плоча са лискунским листићама. При томе се кугле (полови) наелектришу супротним врстама наелектрисања (електрицитета), па између њих настаје разлика електричних потенцијала (напон). Ако се

кугле споје проводником, све док се ручица обрће кроз њега ће противати електрична струја. При томе се механичка енергија, употребљена за покретање ручице електростатичке машине, претвара у електричну енергију.

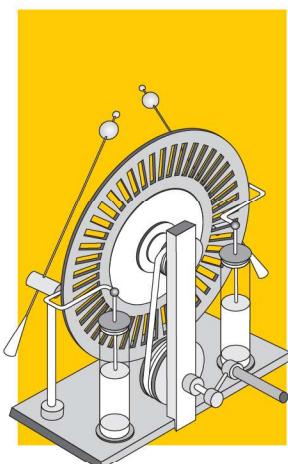
Од хемијских извора струје, дакле извора у којима се електрична струја добија на рачун хемијских реакција, најчешће се користе **Лекланшеов елемент** и **оловни акумулатор**.

Лекланшеов елемент. Кад отворимо картонски омот батерије за цепну лампу, уочићемо три мала цилиндрична цинкане суда. Сваки суд са садржајем који се у њему налази јесте извор струје који се назива **Лакланшеов елемент** (сл. 4.6).

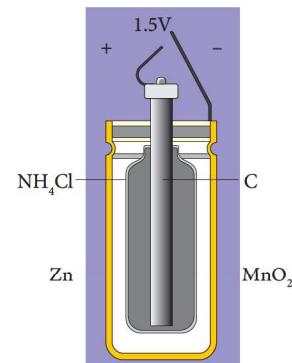
Лекланшеов елемент се састоји од цинканог суда (Zn) у коме се налази шипка од графита (C). Графитна шипка стављена је у платнену врећицу напуњену мангандиоксидом (MnO_2) и угљеником. Као електролит у овом елементу служи раствор нишадора (NH_4Cl). Он је помешан са скробом, тако да образује влажну кашу. Цинкани суд у коме се све ово налази заливен је са горње стране смолом, у којој је направљен врло мали отвор кроз који излазе гасови који се при раду образују. У Лакланшеовом елементу се одвија хемијски процес раздавања наелектрисаних честица (јона):



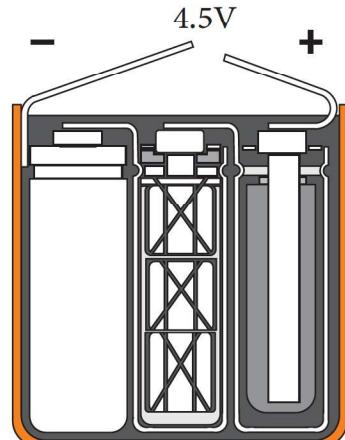
Јони NH_4^+ крећу се према графитној шипки, а јони Cl^- према цинканом суду, услед којег се цинкани суд наелектрише негативно, а графитна шипка позитивно. Електрични напон између половина Лакланшеовог елемента, дакле између графитне шипке и цинканог суда, износи 1,5 V. Везивањем више Лакланшеових елемената у батерију (сл. 4.7) добија се извор струје који има виши електрични напон између половина. У батерији за цепну лампу Лакланшеови елементи су повезани тако што је графитна шипка првог елемента спојена са цинканим судом другог, и графитна шипка другог са цинканим судом трећег елемента. Месингане траке, које су у споју са цинканим судом првог и са графитном шипком трећег елемента, јесу полови батерије. При производњи батерија, за позитиван пол се прави краћа, а за негативан дужа трака. Електрични напон између половина описане бате-



Сл. 4.5. Инфлуенција машина



Сл. 4.6. Лекланшеов елемент



Сл. 4.7. Лекланшеови елементи у батерији цепне лампе

рије износи 4,5 V.

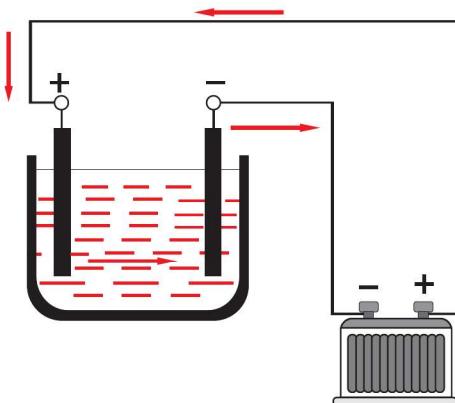
Питање

У Лекланшеовом елементу йозитивни јони се крећу ка йозитивној електроди, док се нејативни јони крећу ка нејативној електроди. Како је то могуће? Која енергија се троши за тајко крећање јона?

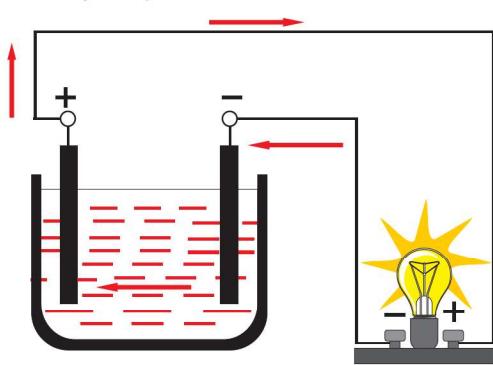
Лекланшеови елементи користе се као извори струје у транзисторским уређајима, телефонији и телеграфији, у цепним батеријским лампама итд.

Оловни акумулатори. Оловни акумулатор се састоји из две оловне плоче потопљене у водени раствор сумпорне киселине (H_2SO_4). Да би акумулатор могао да буде електрични извор, мора се претходно напунити (сл. 4.8). То се постиже тако што се плоче везују за полове другог извора електричне струје, при чему се на рачун рада електричне струје повећава унутрашња енергија електролита акумулатора. Наиме, плоча која је била у споју са позитивним полом извора прекрива се слојем оловног оксида (PbO_2). Приликом употребе акумулатора овако акумулирана унутрашња енергија претвара се у електричну енергију.

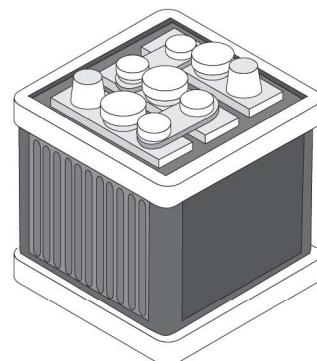
Ако се полови напуњеног акумулатора повежу проводницима са сијалицом за цепну лампу, сијалица ће светлести (сл. 4.9). Акумулатор се при томе понаша као



Сл. 4.8. Пуњење оловног акумулатора



Сл. 4.9. Оловни акумулатор повезан са сијалицом



Сл. 4.10. Акумулаторска батерија

извор струје.

Електрични напон између полови акумулатора (једне ћелије) износи око 2 V. Ако се веже више напуњених ћелија у акумулаторску батерију, између полови батерија добије се већи електрични напон. Најчешће акумулаторску батерију чине 3 и 6 ћелија. У аутомобилима се налазе акумулаторске батерије са 6 ћелија, па је напон међу половима тог акумулатора 12 V (сл. 4.10).

У току пражњења акумулатора троши се његова унутрашња енергија и опада његов напон. За разлику од Лекланшеовог елемента, који се тада баца као неупотребљив, акумулатор се може поново пунити. Зато се акумулатори називају **секун-**

дарни извори струје.

Поред оловних постоје и **челични акумулатори**. Њихове електроде су од никла и кадмијума и потопљене су у раствор калијум-хидроксида. Све је то смештено у челични суд, па се отуда и назива челични акумулатор. Напон на половима његове акумулаторске ћелије је 1,25 V.

За мобилне телефоне користе се **литијум-јонске батерије**. Оне су боље од никал-кадмијумских, јер су мањих димензија, акумулирају већу количину енергије, па зато имају дужи век коришћења.

Акумулатори имају широку примену у савременој електротехници. Користе се у аутомобилима за покретање мотора, осветљење, сирену и сигнална светла. Зарођене подморнице за своје покретање користе електричну енергију из акумулатора. Акумулатори се још користе за покретање колица на електрични погон којима се преноси терет у фабрикама и на железничким станицама. Разни уређаји и апаратуре на вештачким сателитима Земље користе такође акумулаторе као електричне изворе.

ЈЕДНОСМЕРНА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

Лекланшеов елемент и акумулатори су извори **једносмерне електричне струје**.

Електрична струја чија се вредност и смер не мењају у току времена је **стапала једносмерна струја**.

Електрична струја чија се вредност и смер протицања у проводнику наизменично (периодично) мењају у току времена, назива се **наизменична струја**. (Проучава се у средњој школи.)

Према договору, за смер једносмерне електричне струје у металним проводницима узима се смер супротан смеру кретања електрона, односно смер од позитивног ка негативном полу извора електричне струје.

Извор једносмерне електричне струје симболично се приказује тако што дужа и тања црта представља позитиван, а краћа и дебља црта негативан пол извора струје (сл. 4.11).

Електромоторна сила (ЕМС). Рад потребан за преношење јединичног позитивног наелектрисања са негативног на позитиван пол унутар извора назива се **електромоторна сила** (ЕМС) и обележава се са ϵ (грчко слово епсилон).

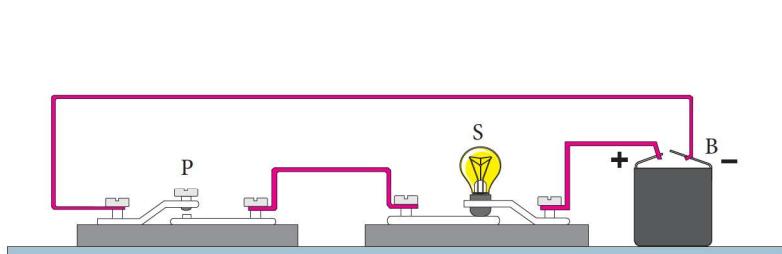
Раздавање наелектрисања унутар електричног извора врши се на рачун претварања механичке, хемијске, топлотне или неке друге енергије у електричну енергију. Јединица за електромоторну силу је волт [V], исто као и за разлику електричних потенцијала (напон).



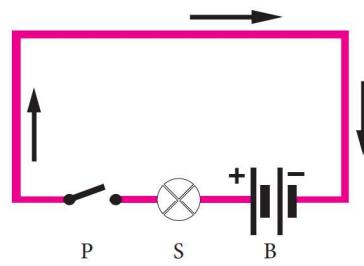
Сл. 2.11. Симболичан приказ извора једносмерне струје

ЕЛЕКТРИЧНО КОЛО ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ

Од електричног извора до потрошача као што су: сијалица, грејалица, бојлер и други уређаји и постројења, струја протиче кроз проводнике. Да би струја могла у одређено време да се укључи и искључи, потребан је прекидач. На слици 4.12 дато је једноставно струјно коло једносмерне струје. Шематски приказ електричног кола



Сл. 4.12. Нађеношћавније сīрујно коло



Сл. 4.13. Шематски приказ сīрујног кола

једносмерне струје приказан је на слици 4.13.

Извор електричне струје (В), потрошач (S) и прекидач (Р), повезани међусобно проводницима, чине најједноставније **електрично коло једносмерне струје**.

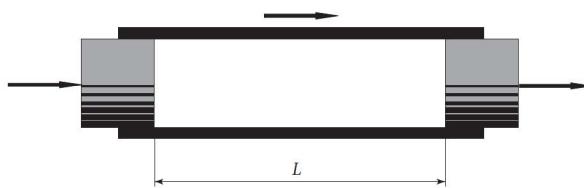
Брзина кретања појединих слободних електрона у металним проводницима под утицајем електричног поља није велика – свега неколико милиметара у секунди. Овако мале вредности интензитета брзина уређеног кретања слободних електрона у металним проводницима на први поглед противурече познатој чињеници да електрична струја настаје у целом електричном колу практично истог тренутка када се оно затвори (укључи).

Брзина успостављања електричне струје у колу једнака је брзини светlosti у вакууму ($3 \cdot 10^8$ m/s). Познато нам је да сијалица засветли, практично, истог тренутка када укључимо прекидач.

Уређено кретање електрона на било ком месту у проводнику започиње оног тренутка када се успостави електрично поље у том проводнику. Са успостављањем електричног поља почиње кретање слободних електрона по целој дужини проводника.

Усмерено кретање електрона у проводнику, које се назива електрична струја, у извесном смислу подсећа на кретање течности у цеви чија оба краја затварају клипови (сл. 4.14). Када се на један клип делује силом, тада се кроз течност за кратко време преноси притисак до другог клипа и он ће се покренути. За то време ниједан молекул течности није прешао цело растојање L , од једног до другог клипа, већ много краће. Из тога следи да је брзина молекула много мања од брзине преношења притиска кроз течност.

Треба, дакле, разликовати брзину успостављања електричног поља, односно електричне струје од брзине кретања носилаца струје.



Сл. 4.14. Брзина преношења природника кроз течност је већа од брзине молекула течности

ВРЕДНОСТ ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ

Истакли смо да је електрична струја усмерено кретање наелектрисаних честица (електрона, јона и др.) кроз затворено струјно коло. Установили смо да електрични

напон, односно одговарајуће електрично поље условљава настајање и одржавање струје у електричном колу. Дакле, напон и струја међусобно су повезани као узрок и последица. Напон узрокује појаву електричне струје. Како изразити ту везу? Пре свега за електричну струју треба одредити мерну јединицу којом ћемо изразити њену вредност. За то постоје и практични разлози.

Кроз електричне потрошаче, на пример, сијалицу, пеглу, електрични шпорет, противчу електричне струје које имају различиту вредност.

Направићемо аналогију између водене и електричне струје. Количина воде која протиче кроз неки пресек цеви у једној секунди одређује проток воденог тока (струје). На пример, ако из цеви за 10 секунди истекне 2 литре воде, значи да у току једне секунде истиче 0,2 литра воде.

Вредност електричне струје одређује се на сличан начин. Уместо тока (струјања) воде (молекула воде) имамо кретање наелектрисаних честица (носиоца електричне струје).

На основу таквог разматрања може се дати дефиниција:

Електрична струја^{*} у проводнику бројно је једнака количини наелектрисања (електрицитета) која прође кроз попречни пресек проводника за једну секунду.

Ако се количина наелектрисања (електрицитета) и време обележе уобичајеним ознакама (q и t) а електрична струја са I , може се написати:

$$I = \frac{q}{t}.$$

Јединица електричне струје је **ампер** (A).

Ако је електрична струја у проводнику један ампер, кроз његов попречни пресек протиче количина електрицитета од једног кулона за једну секунду, тј.:

$$\text{ампер} = \frac{\text{кулон}}{\text{секунд}}, \text{ односно: } A = \frac{C}{s}.$$

Електрична струја је једна од основних физичких величина SI-система.

У пракси се, осим ампера, користе мање и веће јединице. То су:

- милиампер – (mA) = 0,001 A = 10^{-3} A,
- микроампер – (μA) = 0,000 001 A = 10^{-6} A,
- килоампер – (kA) = 1000 A = 10^3 A.

Пример

Израчунати вредност електричне струје у електричном колу које чине извор струје, сијалица и прекидач, ако је кроз сијалицу протекла количина електрицитета од 216 C у току 20 min.

Подаци: $q = 216 \text{ C}$, $t = 216 \text{ C} = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}$; $I = ?$

$$I = \frac{q}{t}, I = \frac{216 \text{ C}}{1200 \text{ s}} = 0,18 \text{ A}.$$

* У званичним међународним прописима уместо **јачина електричне струје** користи се назив **електрична струја**. Пошто је и наша земља потписница те конвенције у обавези смо да се тог прописа придржавамо.

МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ И НАПОНА

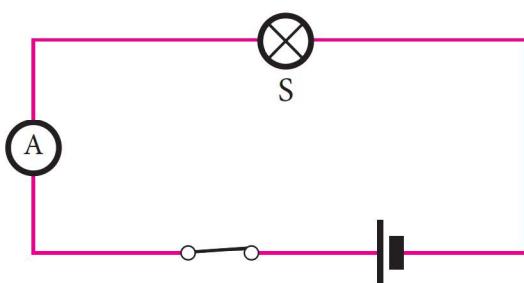
Мерење електричне струје. Инструмент за мерење електричне струје назива се **амперметар** (сл. 4.15 а). Рад амперметра заснован је на неком дејству електричне струје, најчешће на магнетном. У шемама електричних кола амперметар се симболично приказује као на слици 4.15 б.

Испод скале амперметра уписана је једна од ознака: А (ампср), мА (милиампср) или μ А (микроампер).

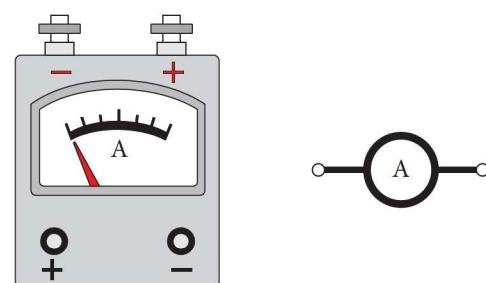
Позитивне и негативне полове извора струје треба повезати са одговарајућим прикључцима амперметра обележеним знацима + (плус) и – (минус).

Положај игле (казаљке) на скали одређује вредност електричне струје.

Амперметар се укључује редно у електрично коло тако да електрична струја која пролази кроз потрошаче кола протиче и кроз амперметар (сл. 4.16). Амперметар се може оштетити ако се погрешно укључи у електрично струјно коло.



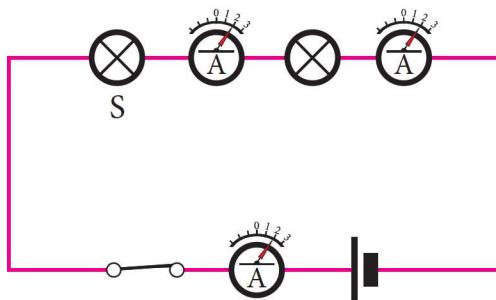
Сл. 4.16. Укључивање амперметра у електрично коло



а)

б)

Сл. 4.15. Амперметар



Сл. 4.17. Амперметар показује исту вредност струје у свим деловима кола

Електрична струја има исту вредност у свим деловима електричног кола (ако није разгранато), што је приказано на слици 4.17.

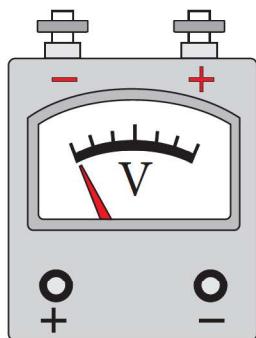
Мерење електричног напона. За мерење напона на половима извора електричне струје, или на неком другом делу кола, користи се **волнтметар**.

Волнтметар је заснован, слично као и амперметар, на неком деловању електричне струје (обично на магнетном). Волнтметар по спољашњем изгледу сличан је амперметру. Ипак, између ових мерних инструмената постоји и спољашња разлика. На скали амперметра је ознака за ампера А или милиампера mA, а на скали волнтметра ознака за волте V. Деоба на скали волнтметра може бити направљена и у мањим јединицама од волта (миливолт, микроволт, итд.), али и у већим (киловолт, мегаволт итд.).

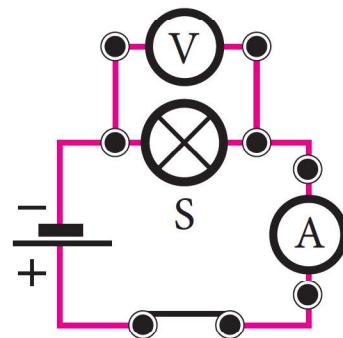
Као и код амперметра, један од прикључака волнтметра означен је знаком „плус“ (+). Тада прикључак се обавезно спаја са проводником који везује волнтметар са позитивним полом извора струје. Другачије везивање изазвало би скретање казаљке волнтметра на супротну страну што може да доведе до оштећења. Други прикључак

вотметра, означен знаком „минус“ (–) проводником се везује за негативни пол електричног извора.

На слици 4.18 приказани су волтметар и његов симбол, а на слици 4.19 правилно укључивање амперметра и волтметра у електрично струјно коло.



Сл. 4.18. Волтметар и његов симбол



Сл. 4.19. Укључивање амперметра и волтметра у електрично коло

Док се амперметар укључује редно с потрошачем (отпорником) у којем се мери вредност електричне струје, волтметар се везује са њим паралелно. Амперметар мери укупну вредност електричне струје у колу, а волтметар електрични напон на појединим деловима кола, нпр. на сијалици S.

ЕЛЕКТРИЧНА ОТПОРНОСТ ПРОВОДНИКА

Установили смо да електрична струја зависи од напона. Ако се у неком струјном колу повећа напон, тада се повећава и вредност струје и обратно.

Међутим, ако на електрични извор одређеног напона укључујемо различите проводнике, видећемо да електрична струја неће имати једнаке вредности. Да би се изразила та зависност електричне струје од врсте проводника и његових димензија, уводи се физичка величина названа **електрична отпорност**. Обележава се са R.

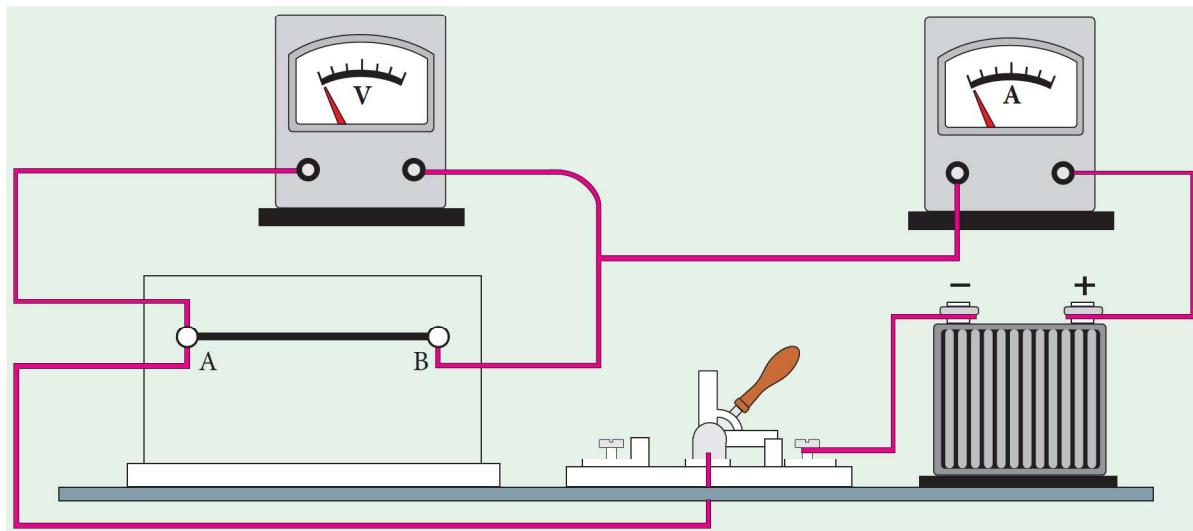
Електрична отпорност је физичка величина којом се исказује мера отпора усмереном кретању наелектрисаних честица кроз проводник. Од два проводника, већу електричну отпорност има проводник кроз који противе слабија струја при истом електричном напону на њиховим крајевима.

Познато је да је електрична струја у металима усмерено кретање слободних електрона. Крећући се под утицајем електричног поља, електрони се узајамно сударају, а сударају се и са јонима кристалне решетке метала. Ово узајамно деловање може се упоредити са неком силом отпора (трења) која успорава кретање електрона. Услед тог деловања смањује се брзина усмереног кретања електрона, а тиме и струја у проводнику.

Јединица електричне отпорности је **ом** (Ω), а назvana је по немачком физичару Георгу Ому. У пракси се чешће користе веће единице од ома:

- килоом ($k\Omega$) = $10^3 \Omega$
- мегаом ($M\Omega$) = $10^6 \Omega$.

Од чега зависи електрична отпорност проводника? У електрично коло између тачака А и В појединачно се укључују на исти електрични напон проводници који су од истог материјала и имају једнаке површине попречних пресека, а различите су дужине (сл. 4.20).



Сл. 4.20. Одређивање формуле за електричну отпорносити проводника

Оглед показује да са повећањем дужине проводника кроз њега протиче све слабија електрична струја, из чега следи да се отпорност повећава.

Отпорност проводника је сразмерна његовој дужини ($R \sim l$).

Затим појединачно укључујемо у коло неколико проводника који су од истог материјала, исте дужине, али различитих површина попречних пресека. Амперметар показује да у проводнику већег попречног пресека електрична струја има већу вредност, што значи да је отпорност овог проводника мања.

Отпорност проводника обрнуто је сразмерна површини његовог попречног пресека.

$$R \sim \frac{1}{S}.$$

Ако се, на крају, у исто коло укључује један за другим неколико проводника исте дужине и исте површине попречног пресека, али од различитих материјала, на пример од бакра, алуминијума и гвожђа, добија се различита вредност струја у њима. То показује да отпорност проводника зависи и од врсте материјала од кога је он направљен.

Да би се могла изразити зависност електричне отпорности проводника од врсте материјала, уводи се величина која се назива **специфична отпорност**, а обележава се са ρ (грчко слово ρо).

Специфична отпорност неке супстанције је електрична отпорност проводника дужине 1 м и површине попречног пресека 1 м² на температури од 0°C.

Јединица специфичне отпорности је **омметар** (Ωm). У табели су дате специфичне отпорности неких супстанција 20°C .

Из табеле се види да најмању отпорност има сребро, а затим следе бакар, алуминијум, волфрам, гвожђе итд. Сунпстанце са мањом специфичном отпорношћу спадају у боље проводнике електричне струје. Пошто је бакар после сребра најбољи проводник, а знатно је јефтинији од сребра и има добра физичка својства, он је метал који се највише користи за израду проводника.

Вредности за специфичне отпорности код највећег броја металних проводника повећавају се са порастом температуре.

Ако се дужина проводника обележава са l , површина његовог попречног пресека са S и специфична отпорност са ρ , на основу претходних закључака, до којих се дошло огледом, може се написати формула којом се одређује вредност електричне отпорности проводника:

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

Електрична отпорност проводника сразмерна је његовој дужини, обрнуто сразмерна површини попречног пресека, а константа сразмерности је специфична отпорност.

Пример

Дужина бакарног проводника је 12 km , а површина његовог попречног пресека је $0,3\text{ cm}^2$. Израчунати електричну отпорност тог проводника.

Подаци: $l = 12\text{ km} = 12\,000\text{ m}$, $S = 0,3\text{ cm}^2 = 3 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2$, $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ } \Omega\text{m}$; $R = ?$

$$R = \rho \frac{l}{S} = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ } \Omega\text{m} \frac{12000\text{ m}}{3 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2} = 6,8\text{ } \Omega.$$

ОМОВ ЗАКОН ЗА ДЕО ЕЛЕКТРИЧНОГ СТРУЈНОГ КОЛА

Ом Георг Симон, немачки физичар, увео је јојам електричне отпорности као важне карактеристике електричног кола. Експериментално је установио основни закон електричног кола (1826), који ћовезује електричну струју, напон и отпорности кола, назван **Омов закон електричног кола**.

У знак захвалности, јо Ому је назvana јединица електричне отпорности – **ом** (Ω).



Симон Ом

Мерењем електричне струје у одређеном проводнику за различите вредности електричног напона (сл. 4.21) налази се да је:

$$\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{U_n}{I_n} = \text{const} \equiv R.$$

Овде су: U_1, U_2, U_3, \dots вредности електричних напона између крајева проводника, I_1, I_2, I_3, \dots одговарајуће вредности електричних струја и R електрична отпорност проводника.

Уопштавајући овај однос електричног напона и електричне струје у проводнику, добија се **Омов закон за део електричног кола**:

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

Електрична струја у проводнику сразмерна је електричном напону на његовим крајевима, а обрнуто сразмерна електричној отпорности тог проводника.

На основу претходног израза може се дефинисати мерна јединица електричне струје **ампер [A]**: **ако на крајевима отпорника од једног ома постоји напон од једног волта, онда кроз њега протиче струја, од једног ампера****.

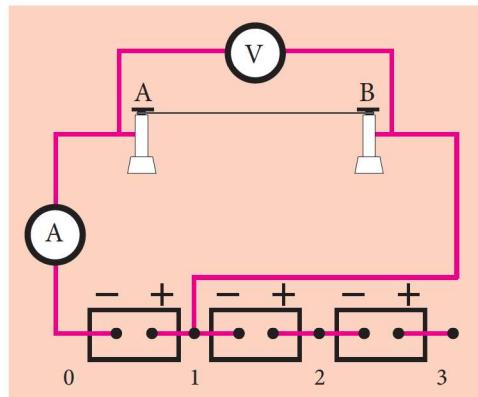
Графички приказ Омовог закона. Омов закон за део електричног кола може се написати у облику:

$$U = RI,$$

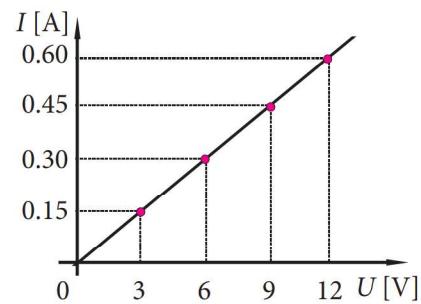
где су: U – напон на крајевима проводника (потрошача), I – електрична струја и R – отпорност проводника. Пошто је отпорност стална за дати проводник, може се закључити да је график који показује зависност електричне струје од напона права линија (сл. 4.22).

Ако се на x-осу нанесу вредности напона, а на y-осу вредности електричне струје, добија се права линија која полази из координатног почетка.

Коефицијент правца праве одређује вредност електричне отпорности проводника. Што је већи коефицијент правце праве то је већа отпорност проводника и обратно.



Сл. 4.21. Приказ Омовој закона за део електричног кола



Сл. 4.22. Графички приказ Омовој закона

** Ова као и претходна дефиниција ампера је секундарна дефиниција јер је ампер основна јединица.

ОМОВ ЗАКОН ЗА ЦЕЛО СТРУЈНО КОЛО

Упознали смо Омов закон за део електричног струјног кола. Уопштавањем тај закон се може применити на цело струјно коло.

Посматраћемо најједноставније електрично струјно коло. Оно се састоји од извора електричне струје чија је унутрашња отпорност r и електромоторна сила ε и спољашњег проводника (потрошача) отпорности R (сл. 4.23). Сви елементи су спојени у затворено коло помоћу „идеалних“ металних жица (без електричне отпорности).

У електричном колу приказаном на слици 4.23 слекстрична отпорност једнака је збиру спољашње и унутрашње отпорности кола, па је:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

Ово је основни облик **Омовог закона за једноставно (неразгранато) цело електрично коло једносмерне струје**.

Једносмерна електрична струја у неразгранатом електричном колу сразмерна је електромоторној сили извора, а обратно је сразмерна збиру спољашње и унутрашње отпорности у колу.

Израз за Омов закон за цело струјно коло може се написати и у облику:

$$IR + Ir = \varepsilon,$$

где је $IR = U$ – електрични напон на крајевима електричног извора (половима извора). На основу тога је:

$$U = \varepsilon - Ir.$$

Закључује се да електрични напон на половима електричног извора има мању вредност од електромоторне силе извора када кроз коло протиче електрична струја. Када се прекидач у колу отвори, струје у колу нема ($I = 0$), па је тада $U = \varepsilon$.

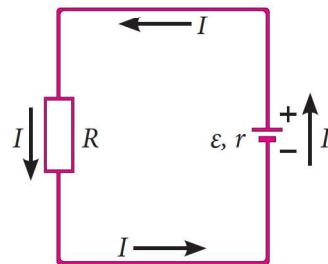
РАД И СНАГА ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

Рад електричне струје. У претходној глави смо установили да је рад електричне сile при померању наелектрисаног тела (честице) из једне у другу тачку електричног поља одређен производом количине наелектрисања тог тела и напона (разлике потенцијала) између тих тачака:

$$A = qU$$

Ова формула се може применити и на рад сile електричног поља у проводнику. Познато је да је количина наелектрисања изражена преко електричне струје и времена њеног протицања: $q = It$. Заменом у претходном изразу, добија се:

$$A = UIt.$$



Сл. 4.23. Просјло електрично коло једносмерне струје

Рад сталне једносмерне електричне струје у неком делу (потрошачу) електричног кола једнак је производу напона на крајевима тога дела кола, струје и времена њеног протицања.

Јединица рада електричне струје је **џул [J]**, која је и мерна јединица механичког рада и енергије.

$$\text{џул [J]} = \text{волт [V]} \cdot \text{ампер [A]} \cdot \text{секунд [s]},$$

односно:

$$J = V \cdot A \cdot s$$

Електрична струја у проводнику изврши рад од једног џула ако је на његовим крајевима напон од једног волта, а кроз њега протиче струја од једног ампера у току једног секунда.

Снага електричне струје. Одређена је односом рада и времена за које се тај рад изврши, па је:

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

односно: $P = UI$

Снага сталне једносмерне електричне струје једнака је производу електричног напона и струје.

Јединица снаге је **ват [W]**. Из обрасца за снагу електричне струје ($P = UI$) следи:

$$\text{ват [W]} = \text{волт [V]} \cdot \text{ампер [A]},$$

односно:

$$W = V \cdot A$$

У технички и пракси користе се и веће јединице за снагу: киловат ($kW = 10^3 W$) и мегават ($MW = 10^6 W$), а и мање, нпр. миливат ($mW = 10^{-3} W$).

У табели су дате просечне вредности за снагу електричне струје неких електричних потрошача.

Када је позната снага електричне струје, може се израчунати укупан рад тог уређаја за време t :

$$A = P \cdot t$$

Рад електричне струје једнак је производу њене снаге и времена.

Потрошач (уређај)	Снага [W]
Сијалица у стану	25 – 200
Телевизор	200
Пегла	1000
Бојлер	2500
Трамвај	10^5
Електрична локомотива	$3 \cdot 10^6$
Транзисторски пријемник	0,5

Табела. Електрична снага неких потрошача

Из претходног израза следи да се јединица рада (енергије) електричне струје џул [J] може изразити као умножак вата [W] и секунде [s]:

$$J = W \cdot s$$

У електротехници и пракси обично се користи већа јединица за електричну енергију, киловатчас (kWh). Знамо да електричну енергију коју трошимо у домаћинству плаћамо према утрошеним киловатчасовима. Киловатчас је повезан с ватсекундом, односно цулом на следећи начин:

$$\text{kWh} = 10^3 \text{ Wh} = 10^3 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$$

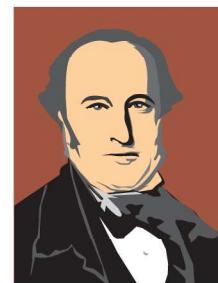
$$\text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

ЦУЛ – ЛЕНЦОВ ЗАКОН

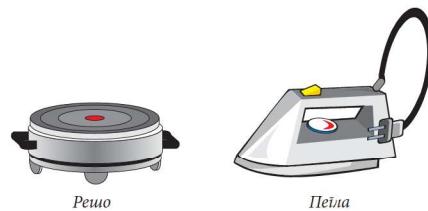
Цул Џејмс Прескот (Joule-James Prescott, 1818–1889), бојани власник чиваре у Манчестеру, физичар – аматер, стручни и узорни експериментатор, скоро 40 година је вршио експерименте да би открио природу топлоте. Установио је независно од Мајера Закон одржавања и узајамне претварања енергије (1843).

Цул је уврдио закон који одређује количину топлоте која се издаја у проводнику са струјом (1841). Отирилике у исто време и независно од њега, тадај закон је открио и Ленц. Стога је назван Цул – Ленцов закон.

Када се електрична струја пропусти кроз проводник (потрошач) одређене електричне отпорности, приметиће се да се он загрева. Посебно се опажа код металних проводника (репто, грејалица, пегла, рингла на шпорету, бојлер и други). То је узроковано претварањем електричне енергије у унутрашњу (топлотну) енергију.



Џејмс Цул



Сл. 4.24. Претварање електричне у топлотну енергију

На основу Закона одржавања енергије количина топлоте Q , која се ослободи у проводнику (потрошачу), једнака је раду A који изврши електрична струја, тачније сила електричног поља у проводнику:

$$Q = A$$

Пошто је $A = U \cdot I \cdot t$, то је:

$$Q = U \cdot I \cdot t.$$

Из Омовог закона $U = R I$, па се заменом у претходној формулама добија:

$$Q = I^2 R t$$

Количина топлоте ослобођена у проводнику кроз који протиче стална једносмерна електрична струја једнака је производу струје на квадрат, електричне отпорности проводника и времена протицања електричне струје.

Овај исказ је Цул – Ленцов закон. Може се изразити и на други начин. Из Омовог закона је $I = \frac{U}{R}$, па се за Цул – Ленцов закон добија формула:

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

Како је снага електричне струје $P = U \cdot I$, количина топлоте ослобођена у неком проводнику (потрошачу), може се одредити и помоћу релације:

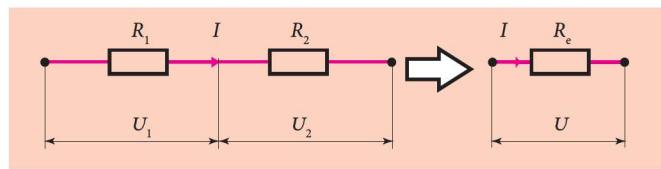
$$Q = P \cdot t$$

Количина топлоте ослобођена у потрошачу (проводнику) једнака је произведу снаге електричне струје и времена протицања струје.

ВЕЗИВАЊЕ ОТПОРНИКА

У електричном струјном колу отпорници (потрошачи) електричне струје могу бити везани **редно (серијски)** и **паралелно**. Може бити заступљена и њихова комбинована веза.

Редна (серијска) веза отпорника. Сви отпорници (потрошачи) у електричној колој укључују се редом (један за другим) као што је приказано на слици 4.25. На слици је редна веза два отпорника, чије су електричне отпорности R_1 и R_2 . То могу бити две електричне сијалице, две грејалице и др. Поставља се питање колика је еквивалентна отпорност R_e којом се замењују вредности електричне отпорности R_1 и R_2 ?



Сл. 4.25. Серијска (редна) веза електричних отпорника

Ако су електрични отпорници редно (серијски) повезани електрична струја има исте вредности у свим отпорницима. То значи да је $I_1 = I_2 = I$. Знајући да је укупни напон на крајевима електричног кола једнак збиру напона на појединим отпорницима ($U = U_1 + U_2$) и да је, према Омовом закону: $U_1 = R_1 I$ и $U_2 = R_2 I$, добија се:

$$U = U_1 + U_2 = R_1 I + R_2 I.$$

Како је $U = R_e I$, коначно се налази да је:

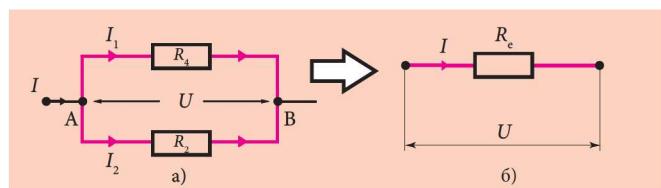
$$R_e = R_1 + R_2; \text{ уопштено: } R_e = R_1 + \dots + R_n.$$

Еквивалентна електрична отпорност редно везаних отпорника једнака је збиру њихових електричних отпорности.

Паралелна веза отпорника. У паралелној вези почетак свих отпорника везује се у један чвр (A), а њихови крајеви у други чвр (B). На слици 4.26 су два отпорника са отпорностима R_1 и R_2 . У овом случају електрична струја I у тачки (чврлу) A рачва се у две гране.

Струје у гранама означене су са I_1 и I_2 . Електрична струја I која улази у чвр A једнако је збиру струја које истичу из тог чврса, тј.:

$$I = I_1 + I_2$$



Сл. 4.26. Паралелна веза електричних отпорника

Напон на крајевима отпорника који су паралелно везани има једнаке вредности:
 $U_1 = U_2 = U = R_e I$, па је

$$\frac{U}{R_e} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}, \text{ односно:}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Реципрочна вредност еквивалентне отпорности паралелне везе отпорника једнака је збиру реципрочних вредности појединачних отпорности отпорника.

Ако се паралелно вежу два отпорника једнаких отпорности ($R_1 = R_2 = R$), на основу израза $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, имамо

$$R_e = \frac{R}{2},$$

или ако се паралелно веже n отпорника једнаких отпорности R :

$$R_e = \frac{R}{n}$$

Паралелним везивањем n отпорника са једнаким отпорностима добија се укупна (еквивалентна) отпорност која је n пута мања од отпорности једног отпорника.

У свим случајевима, еквивалентна (укупна) електрична отпорност паралелно везаних отпорника мања је од најмање вредности електричне отпорности појединачног отпорника.

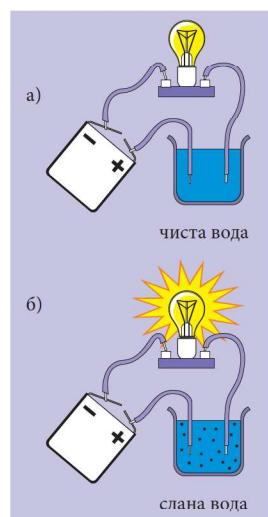
ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА У ФЛУИДИМА (ТЕЧНОСТИМА И ГАСОВИМА)

Електрична струја у течностима. На слици 4.27 су два суда. У једном је чиста дестилована вода, а у другом водени раствор кухињске соли. У оба суда су уроњене по две металне шипке које су жицом преко електричне лампице спојене са половима електричног извора (батерија цепне лампе). На тај начин су добијена два једноставна електрична струјна кола.

Шта се запажа? Видимо да у првом електричном колу лампица не светли, а у другом светли.

Закључујемо да је чиста (дестилована) вода електрични изолатор (не проводи електричну струју), а да је водени раствор кухињске соли електрични проводник.

Поред дестиловане воде и многе друге хемијски чисте течности као што су алкохол, ацетон, етар и друге, практично не проводе електричну струју. Али, када се у њима растворе соли,



Сл. 4.27. Чиста вода не проводи електричну струју, а слана вода проводи

киселине или базе, оне постају проводници електричне струје. Што је већа концентрација раствора то је и већа њихова електрична проводљивост.

Раствори који проводе електричну струју називају се електролији.

Металне шипке (могли су то да буду и слободни крајеви жице) уроњене у електролит су **електроде**. Електрода спојена са позитивним полом извора електричне струје је **анода**, а са негативним – **катода**.

Ако изведемо оглед сличан претходном са водом из водоводне цеви или воде у природи, сијалица неће светлети. Међутим, када се уместо сијалице употреби неки осетљивији уређај за мерење струје, нпр. милиамперметар, он ће показати да и та вода проводи електричну струју, али толико мале вредности да она не може изазвати веће ефekte.

Дакле, вода из водоводних цеви и вода у природи проводи електричну струју, али која се може регистровати само прецизним инструментима. Електрична проводљивост такве воде условљена је тиме што природна вода није сасвим чиста, већ у њој постоје растворене супстанце из земље и атмосфере.

Електролити настају тако што се неке супстанце при растворавању у течностима (води) разлажу на позитивне и негативне јоне. Успостављање електричног напона на електродама, односно електричног поља у електролиту омогућава усмерено кретање јона који тако постају носиоци електричне струје.

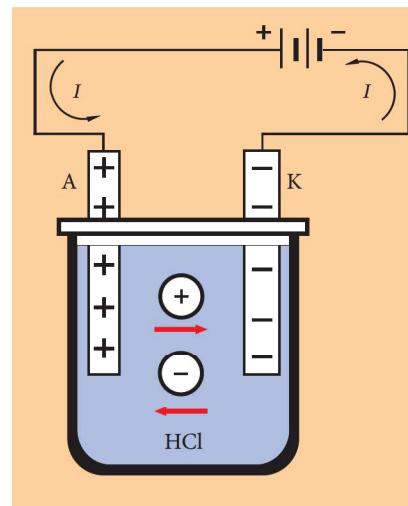
Носиоци електричне струје у електролитима су позитивни и негативни јони.

Позитивни јони се крећу према негативној електроди-**катоди**, а негативни јони у супротном смеру, тј. према позитивној електроди-**аноди**. Обе врсте јона својим усмереним кретањем, под утицајем електричног поља, подједнако доприносе електричној струји кроз електролит.

Шта је смером електричне струје у електролиту? Договорено је да се за смер струје узме онај смер у којем се крећу позитивни јони, тј. од позитивног према негативном полу извора електричне струје. То је супротно смеру у којем се крећу негативни јони. Значи, смер електричне струје у електролитима поклапа се са смером кретања позитивних јона, а супротан је смеру кретања негативних јона (сл. 4.28).

Када се електрична струја успостави, нпр. кроз водени раствор соле киселине (HCl) долази до издвајања хлора на аноди A, а водоника на катоди K, ако су електроде од платине (сл. 4.28). У датом случају носиоци електричне струје су позитивни јони водоника и негативни јони хлора.

При јонској проводљивости струје на електродама се издваја супстанца која је у саставу електролита. На аноди негативно наелектрисани јони „отпуштају“ сувишне електроне, а на катоди позитивни јони примају електроне који су им недостајали, прелазећи тако у неутрално стање. Дакле, када доспевају до електрода, јони прелазе



Сл. 4.28. Електролиј је проводник електричне струје

у неутралне атоме или групе атома. Као неутралне честице се таложе на електродама, излазе из раствора или ступају у хемијске реакције са растворачем или супстанцом од које су изграђене електроде.

Процес издвајања супстанце на електродама у току протицања електричне струје у електролитима, назива се **електролиза** (о којој ће се више говорити у настави хемије).

Познато је да је човеково тело (које садражи велики постотак воде) електрични проводник. Вода се налази и унутар ћелија и у њиховом међупростору. У њој су растворене разне соли и друге супстанце. Унутрашњи човекови органи су добри проводници електричне струје. Кожа је слабији електрични проводник и што је влажнија, електрична проводљивост јој је већа.

Електрична струја у гасовима. Под обичним условима гасови (ваздух) углавном се састоје из неутралних атома или молекула и зато су практично електрични изолатори. Међутим, при загревању или излагању зрачењу (нпр. рендгенским зрацима) део атома се распада на позитивно наелектрисане јоне и електроне. У гасовима се могу образовати и негативни јони. Настају тако што неутрални атоми присједињавају електроне. Постојање јона и слободних електрона у гасовима омогућује њихову електричну проводљивост.

Електрична проводљивост у гасовима остварује се јонима и слободним електронима.

Процес протицања електричне струје кроз гасове назива се *гасно електрично прањење*.

Произвођење електричне струје кроз гасове, односно гасно електрично прањење проучава се у посебним ткз. **гасним цевима**. У тим цевима се под високим напоном (јаким електричним пољем) и смањеним гасним притиском успоставља електрична струја коју прате интересантне светлосне појаве.

У олујним облацима могу настати бурна атмосферска електрична прањења, при чему настаје светлосни блјесак (муња) и чује се громљавина.

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Усмерено кретање наелектрисаних честица (електрона, јона и других) кроз проводник под утицајем електричног поља назива се **електрична струја**.

Електрична струја у проводницима (електричном колу) успоставља се и одржава помоћу извора **електричне струје**.

- Најједноставније електрично коло садржи: извор струје, потрошач и прекидач који су међусобно повезани проводницима (жицом чија се електрична отпорност обично занемарује).

Вредност електричне струје дефинише се односом количине наелектрисања (електричнитета) која прође кроз попречни пресек проводника и времена његовог противцања (у јединици времена):

$$I = \frac{q}{t}$$

Јединица којом се мери вредност електричне струје је **ампер** [A]: $A = \frac{C}{s}$.

Ако кроз попречни пресек проводника прође количина наелектрисања од једног кулона у јединици времена, онда кроз њега протиче струја од једног ампера.

Вредност струје мери се **амперметром** који се редно (серијски) укључује са елементима електричног кола: изворм струје и потрошачем (решо, грејалица, електрични шпорет, електрични бојлер итд.).

- Деловања (или ефекти) електричне струје могу бити:
 - 1) топлотно (решо, грејалица, бојлер итд.);
 - 2) хемијско (електролиза);
 - 3) магнетно (електромагнет) (о којем ће бити посебно речи);
 - 4) механичко деловање (користи се код електричних мотора и инструмената за мерење вредности струје и напона (амперметар и волтметар));
 - 5) светлосно деловање (електрична сијалица, муња).

- **Електрична отпорност проводника** сразмерна је његовој дужини, а обрнуто сразмерна површини попречног пресека проводника:

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

где је ρ (ро) – специфична електрична отпорност (отпорност јединичне дужине проводника са јединичном површином његовог попречног пресека).

- **Омов закон за део електричног струјног кола:**

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

Електрична струја у проводнику сразмерна је електричном напону на његовим крајевима, а обрнуто сразмерна његовој електричној отпорности.

Из претходног израза $R = \frac{U}{I}$ следи и дефиниција мрне јединице електричне отпорности проводника **ома**: ом $[\Omega] = \frac{\text{волт} [\text{V}]}{\text{ампер} [\text{A}]}$, односно $\Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$.

Ако кроз проводник на чијим крајевима је електрични напон од једног волта, противе струја од једног ампера, онда тај проводник има електричну отпорност од једног ома.

Омов закон за цело електрично струјног коло:

$$I = \frac{\epsilon}{R + r},$$

где су ϵ – електромоторна сила електричног извора (ЕМС), R – електрична отпорност проводника (отпорника, потрошача) у спољашњем делу кола и r – електрична отпорност извора електричне струје (унутрашња отпорност електричног кола).

• **Цул – Ленцов закон:** количина топлоте ослобођена у проводнику (потрошачу) у току протицања електричне струје једнака је производу струје на квадрат, електричне отпорности и времена протицања електричне струје:

$$Q = I^2 R t$$

Пошто је снага електричне струје: $P = UI$, то се количина топлоте ослобођена у проводнику може изразити и преко снаге електричне струје и времена протицања струје:

$$Q = P \cdot t$$

• У електричном струјном колу **отпорници (потрошачи) могу бити везани редно (серијски) и паралелно**.

Редна (серијска) веза:

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Еквивалентна електрична отпорност редно везаних отпорника једнака је збиру њихових електричних отпорности.

Паралелна веза отпорника:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Реципрочна вредност еквивалентне отпорности паралелно везаних отпорника једнака је збиру реципрочних вредности појединачних отпорности отпорника. Вредност еквивалентне отпорности мања је од вредности најмање појединачне отпорности.

• Раствори који проводе електричну струју зову се **електролити**.

Носиоци електричне струје у електролитима су позитивни и негативни јони. Обе врсте јона (позитивни и негативни) својим усмереним кретањем под утицајем електричног поља подједнако доприносе електричној струји у електролитима.

Процес издвајања супстанце на електродама у току протицања електричне струје у електролитима назива се **електролиза**.

- Електрична проводљивост у гасовима остварује се јонима и слободним електронима.

Јони (углавном негативни) и слободни електрони у гасовима настају при њиховом загревању или излагању јонизујућем зрачењу, нпр. рендгенским зрацима.

Процес протицања електричне струје кроз гасове назива се **гасно електрично пражњење**.

Посебан облик гасног пражњења је атмосферско електрично пражњење (**муња и гром**).

Шематски прикази и симболи у електричном струјном колу дати су у табели.

Прекидач		Сијалица	
Отпорник		Амперметар	
Извор једносмерне електричне струје		Волтметар	

Табела. Неки симболи у електричном струјном колу

ЧЕТВРТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

ЗАВИСНОСТ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ ОД НАПОНА

Задатак

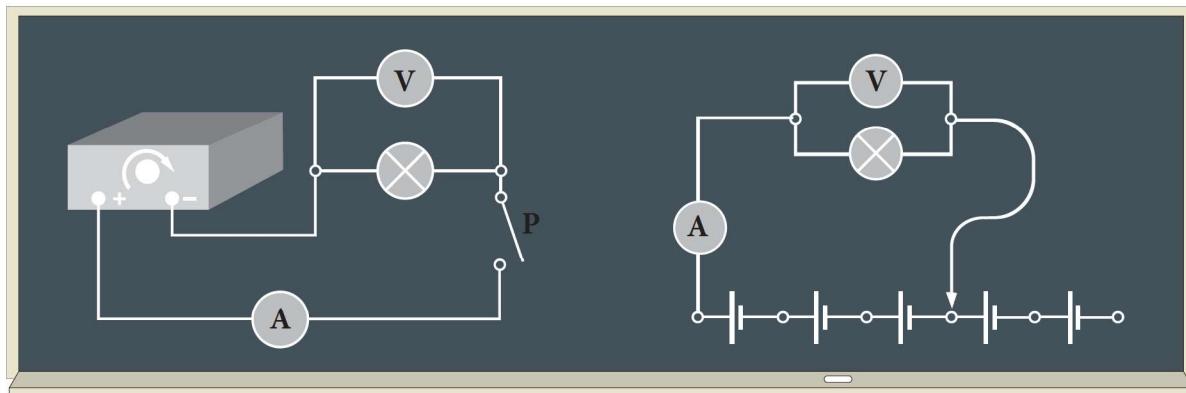
Утврђивање зависности електричне струје од напона на проводнику (отпорнику или потрошачу); табеларно и графичко приказивање те зависности.

Прибор

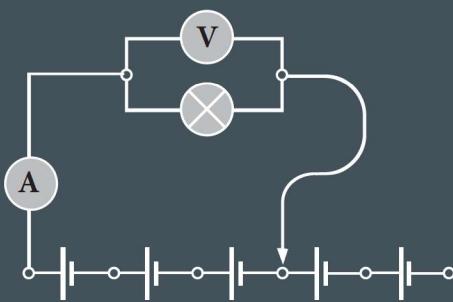
- а) извор електричне струје чији се напон може мењати од 0 до 12 V (или галвански елементи),
- б) амперметар (милиамперметар),
- в) волтметар,
- г) електрична сијалица или неки други потрошач,
- д) каблови (проводници електричне струје),
- ђ) прекидач.

Упутство

1. Повезати елементе електричног кола према шеми (слика 1). Исправност проверава наставник.



Слика 1



Слика 2

2. Краткотрајно укључити прекидач Р и проверити исправност повезаности половина мерних инструмената (амперметра и волтметра).

3. Измерити електричну струју у колу амперметром (милиамперметром) за сваку вредност напона која се очитава на волтметру.

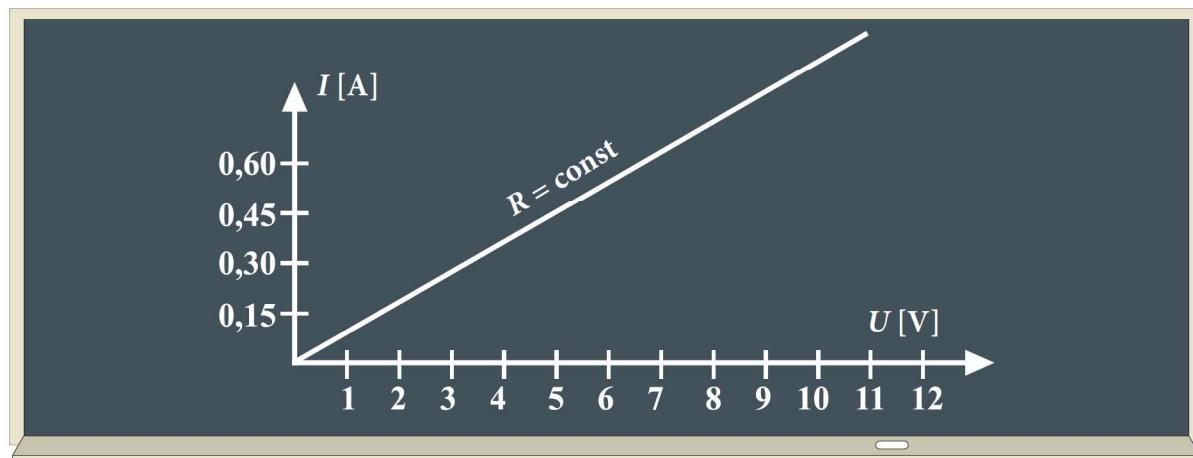
Као извор једносмерне електричне струје може се користити одговарајући број галванских елемената везаних серијски у батерију (слика 2).

Приказивање резултата

Измерене податке унети у табелу.

Напон U [V]									
Електрична струја I [A]									

Податке из табеле приказати графички. На апсцису (x-осу) уписати вредности електричног напона, а на ординату (y-осу) одговарајуће вредности електричне струје. Кроз добијене тачке пресека повући праву линију као на слици 3.



Слика 3

Добијена зависност електричне струје од напона уколико сталне електричне отпорности ($R = \text{const}$), у ствари је потврда Омовог закона једносмерне струје ($I = \frac{U}{R}$).

Закључак

ПЕТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

ОДРЕЂИВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ОТПОРНОСТИ ОТПОРНИКА У СТРУЈНОМ КОЛУ ПОМОЋУ АМПЕРМЕТРА И ВОЛТМЕТРА

Задатак

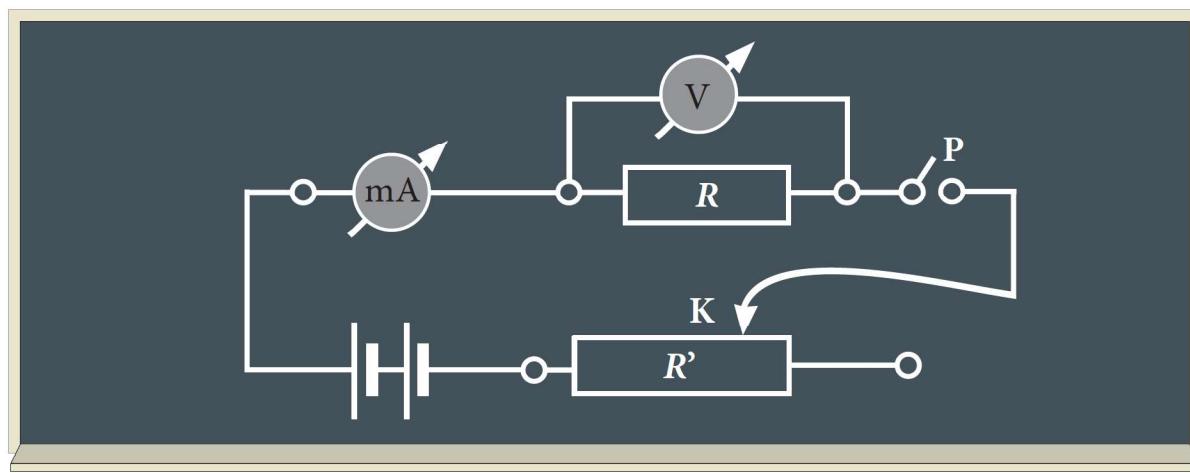
Одредити електричну отпорност отпорника (потребача) мерењем електричне струје која протиче кроз тај отпорник (потребач) и напона на његовим крајевима.

Прибор

- а) волтметар мањег мрног опсега (око 10 V),
- б) милиамперметар мрног опсега 300 mA,
- в) отпорник електричне отпорности R сталне вредности (реда 10Ω),
- г) регулациони отпорник R' од неколико десетина ома којим се регулишу вредности струје и напона помоћу клизача K,
- д) прекидач P,
- ђ) извор електричне струје,
- е) проводници (каблови).

Упутство

Повезати елементе струјног кола према приказаној шеми (слика 1). Електрични напон на отпорнику R' , мења се померањем клизача K.



Слика 1

Пошто наставник провери исправност повезаности елемената у електричном колу, постави се клизач K на регулационом отпорнику R' у положај у коме је његова електрична отпорност највећа. Тада се затвара коло прекидачем P и подеси да вредност струје буде 100 mA. Измери се напон на отпорнику R . Померањем клизача на

отпрнику R' подеси се да електрична струја буде 200 mA, измери се напон на отпорнику R . Исто се понови и за електричну струју од 300 mA.

Приказивање резултата

Вредности електричне струје и напона на отпорнику R унети у табелу.

Електрична струја I [mA]			
Електрични напон U [V]			
Електрична отпорност R [Ω]			

Из три паре вредности електричне струје и електричног напона (могао је да буде и већи број мерења), на основу Омовог закона за део електричног кола, израчујавају се вредности електричне отпорности отпорника R :

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

Све добијене вредности за електричну отпорност отпорника R треба да буду једнаке (у границама грешке мерења), што следи из Омовог закона.

Када су крајеви отпорника (потрошача) R у датом електричном колу на напону U , кроз њега ће пролазити струја I , која се може измерити амперметром. Ако би на крајевима отпорника (потрошача) R постојао напон 2 U ; 3 U ; 4 U , ..., утврдило би се да су електричне струје у колу 2 I ; 3 I ; 4 I , ..., тј. да су два, три, четири, ... пута веће вредности. За дати електрични отпорник (потрошач) R у електричном колу однос напона на његовим крајевима и електричне струје остаје сталан (константан):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2U}{2I} = \frac{3U}{3I} = \dots = \frac{nU}{nI} = \text{const.}$$

Из односа напона и електричне струје одређује се вредност електричне отпорности проводника (отпорника, потрошача) R .

Закључак

ШЕСТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ И НАПОНА У КОЛУ СА СЕРИЈСКИ И ПАРАЛЕЛНО ПОВЕЗАНИМ ОТПОРНИЦИМА

Задатак

Мерење електричне струје и електричног напона у сложеном електричном колу.

ПРВИ ДЕО ВЕЖБЕ

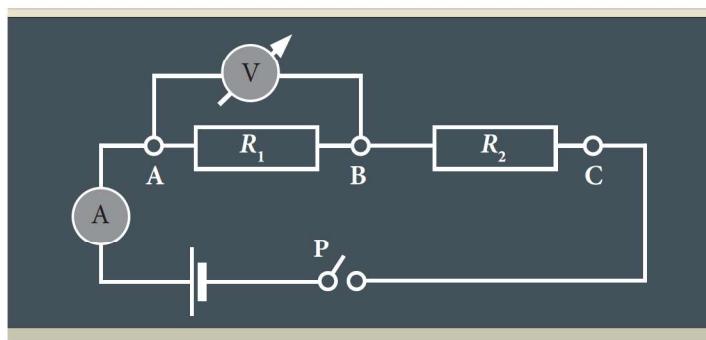
Мерење електричне струје и напона у колу са редно (серијски) везаним отпорницима.

Прибор

- а) амперметар,
- б) волтметар,
- в) извор електричне струје,
- г) два отпорника,
- д) прикључци,
- ђ) прекидачи,
- е) проводне жице.

Упутство

1. Саставити (повезати) електрично коло према шеми (слика 1).
2. Измерити волтметром напоне на отпорницима R_1 и R_2 (U_{AB} , U_{BC}).
3. Измерити укупан електрични напон на отпорницима R_1 и R_2 (U_{AC}).
4. Измерити електричну струју у тачкама А, В и С (I_A , I_B и I_C).



Слика 1

Приказивање резултата

Добијене податке унети у табелу.

U_{AB} [V]	U_{BC} [V]	U_{AC} [V]	I_A [A]	I_B [A]	I_c [A]

Проверити једнакости: $U_{AB} + U_{BC} = U_{AC}$ и упоредити вредности електричних струја I_A , I_B и I_c и извести закључак.

Закључак

ДРУГИ ДЕО ВЕЖБЕ

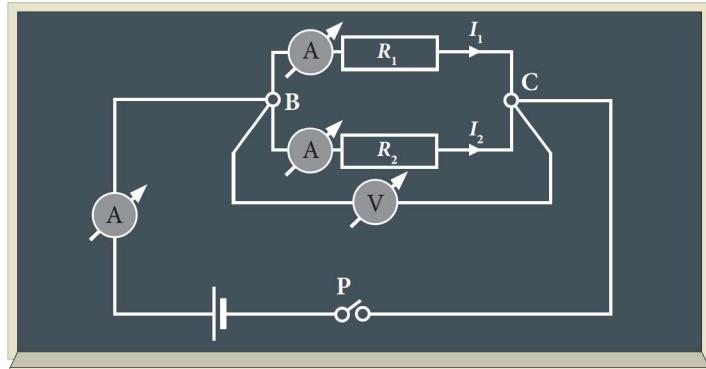
МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ И ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПОНА У КОЛУ СА ПАРАЛЕЛНО ВЕЗАНИМ ОТПОРНИЦИМА

Прибор

- а) три амперметра или један који се премешта,
- б) волтметар,
- в) извор једносмерне струје,
- г) два отпорника познатих електричних отпорности R_1 и R_2 ,
- д) прекидач,
- ђ) прикључци,
- е) проводне жице.

Упутство

1. Саставити (повезати) електрично коло према шеми (слика 2).
2. Измерити електричне струје у разгранатом делу кола I_1 и I_2 .
3. Измерити електрични напон U_{BC} волтметром.



Слика 2

Приказивање резултата

Познате и измерене податке унети у табелу.

R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	I [A]	I_1 [A]	I_2 [A]	$U_1 = I_1 R_1$ [V]	$U_2 = I_2 R_2$ [V]

Упоредити збир вредности електричних струја у гранама и вредности струја у неразгранатом делу електричног кола и извести закључак.

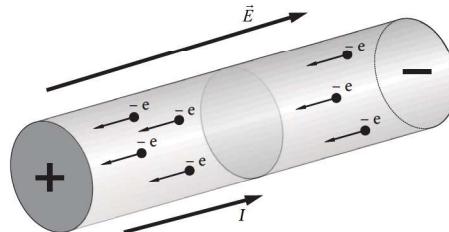
Упоредити производе $I_1 R_1 = U_1$ и $I_2 R_2 = U_2$ са електричним напоном U_{BC} који показује волтметар и извести одговарајући закључак.

Општи закључак

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Како настаје електрична струја у металном проводнику?

Електрична струја у металном проводнику настаје шако што се неуређено (шојлојин) кретање слободних електрона усмерава помоћу електричној поља. То се остварује усисавањем наиона на крајевима проводника који потиче од електричног извора.



2. Која је мерна јединица електричне струје и како се може дефинисати?

Јединица струје је ампер [A]. Ампер је једна од седам јединица Међународног система (SI). Када кроз нормални појречни пресек проводника прође количина наелектрисања од једног кулона [C] у јединици времена [s], тада кроз проводник потиче струја од једног ампера [A] ($A = \frac{C}{s}$).

3. Шта се подразумева под спољашњим, а шта под унутрашњим делом електричног струјног кола? Да ли кроз та два дела кола струја има исти смер?

Спољашњем делу струјног кола припадају: опорници (попрошачи), мерни инструменти, прекидач и проводне жице (каблови), а унутрашњи део кола је само извор електричне струје. Смер струје у извору је супротан смеру струје у спољашњем делу кола.

4. Навести основну разлику између извора и потрошача струје у електричном колу?

У извору електричне струје одређени облици енергије, као што су хемијски, механички и други, пређавају се у електричну енергију, а у попрошачу, нпр. у електричној прејалици или електричној сијалици, електрична енергија се трансформише у шојлојину, односно у светлосну енергију.

5. Одредити количину наелектрисања која у току 2 min, прође кроз попречни пресек металног проводника електричне отпорности 4Ω , при напону између крајева проводника од 12 V.

Подаци: $R = 4\Omega$, $U = 12\text{ V}$, $t = 2\text{ min}$; $q = ?$

Полазећи од дефиниције електричне струје; $I = \frac{q}{t}$, налази се:

$$q = I t = \frac{U}{R} \cdot t = \frac{12}{4} \cdot 2 \cdot 60 = 360 \text{ C.}$$

6. Како електрична отпорност проводника зависи од напона на његовим крајевима и електричне струје која кроз њега протиче?

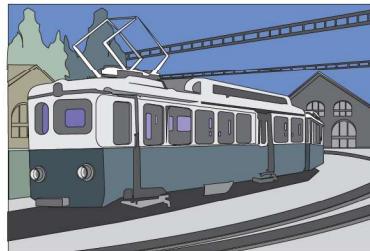
Електрична отпорност је карактеристика проводника и не зависи од најона на његовим крајевима и струје која кроз њега проличе. Електрична отпорност зависи само од величина које физишу у изразу $R = \rho \frac{l}{S}$, где су l – дужина проводника, S – површина његовој пречнијој пресека и ρ – специфична отпорност проводника.

7. Када настаје кратак спој у електричном колу? Чему служе електрични осигурачи?

Електрична кола су прорачуната за дозвољену вредност електричне струје. Ако се, из било кој разлога, вредност струје повећа изнад дозвољене, промошавајући прекомерно загревање, што може довести до оштећења. Да бисмо такве незадовољства спречили у електричној коли се везује осигурач (ослабљени део кола, који преогрева када се струја повећа изнад дозвољених вредности).

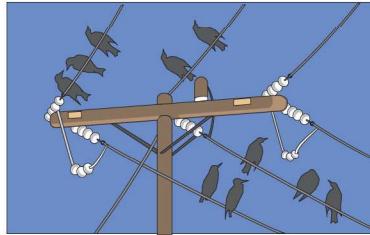
8. Да ли је опасно стајати на трамвајским шинама и када електрична струја из електромотора трамваја проличе кроз шине?

Електрична струја кроз трамвајске шине је мале вредности (велики пречнији пресек шина) и није опасна људском здрављу.



9. Зашто птице које стоје на проводницима са електричном струјом (слика) не добијају електрични „удар“?

Када птице стоје на проводницима са електричном струјом, оне не застварају електрично струјно коло. У случају да „преношавају“ проводне жице са струјом, оне би доживеле електрични удар.



10. Зашто је опасно непосредно додирнути проводник који је спојен са градском електричном мрежом када смо у контакту са земљом или бетоном?

При додиру проводника са електричном струјом када стојимо на земљи или бетону нашим телом затварамо електрично струјно коло.

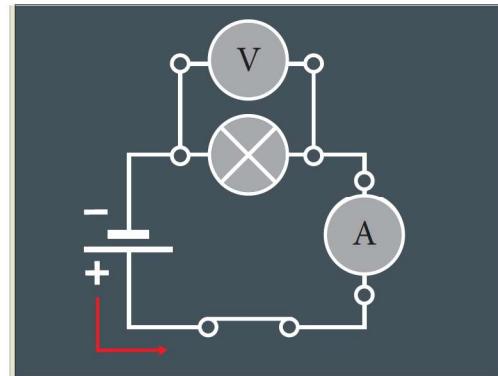
11. Постоји ли разлика између брзине носилаца електричне струје и брзине успостављања електричне струје у електричном колу?

Брзина носилаца електричне струје је значајно мања од брзине успостављања струје у електричном колу. Брзина успостављања струје је скоро неприметна, односно једнака брзини којом се у колу успоставља електрично поле (брзина светлости).

12. Како се укључује амперметар, а како волтметар у електрично струјно коло?

Амперметар се укључује редно да би кроз њега протичала струја исте вредности као и кроз потрошач.

Волтметар се укључује паралелно са отпорником (потрошачем) да би најон који показује волтметар био једнак најону на потрошачу (сијалица, трејалица и слично).

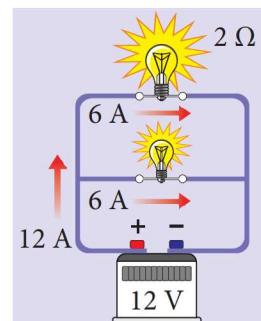


13. Како су повезани потрошачи електричне енергије (шпорет, фрижидер, бојлер, радио-телевизијски апарати и други) у кућној електричној инсталацији?

Електрични апарати (уређаји) у домаћинству су паралелно, јер је предвиђено да раде на најону од 220 V и када кроз њих протичу струје различитих вредности. Када би се потрошачи електричне енергије везали редно (серијски) електрична струја кроз све потрошаче била би исте вредности и неки од њих би преогрео.

14. На слици је приказано електрично струјно коло. Како су отпорници (потрошачи, односно сијалица) у колу везани и када ће кроз њих пролазити струје исте вредности?

У електричном колу сијалице су повезане паралелно. Кроз сијалице (отпорнике) протичу струје исте вредности само ако су њихове електричне отпорности једнаке.



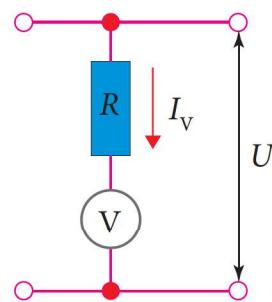
15. Шта најпре учинити при спасавању унесрећеног човека који је у додиру са електричним проводником (каблом) под напоном?

Прво искључити електричну струју која пролази кроз тело унесрећеног. Затим електрично изоловати себе од земље, тј. стапити на неки изолатор (подлогу) од пластике или дрвена, у нужди се може пресавити ћебе или кайути. Унесрећеног и каблове под најоном додиривати само неким предметом од изолаторске материјала (пластике или сувог дрвета).

16. Како се могу, помоћу волтметра, измерити веће вредности напона од његовог опсега мерења?

Веће вредности најона од мерној ојсете волтметра, могу се измерити тако што се редно са волтметром веже отпорник познате електричне отпорности. Тада је:

$$U = U_V + R I_V = U_V + R \frac{U_V}{R_V} = U_V \left(1 + \frac{R}{R_V} \right)$$



Ако је, рецимо, $R = R_v$, онда је $U = 2 U_v$, тј. напон на електричном отпорнику два пута је већи од напона који (мери) показује волтметар.

17. Три отпорника једнаких електричних отпорности од по 45Ω везују се редно и паралелно. Наћи однос њихових еквивалентних електричних отпорности.

Подаци: $R_1 = R_2 = R_3 = R = 45 \Omega$; $\frac{R_{er}}{R_{ep}} = ?$

Еквивалентна електрична отпорноста редно везаних отпорника је

$$R_{er} = R + R + 3R = 3R = 135 \Omega$$

а паралелно везаних отпорника:

$$\frac{1}{R_{ep}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R},$$

односно

$$R_{ep} = \frac{R}{3} = 15 \Omega$$

Однос еквивалентних отпорности отпорника износи: $\frac{R_{er}}{R_{ep}} = 9$

18. Проводна жица има кружни попречни пресек, пречника 1 mm. Дужина жице је 4 m, а електрична отпорност жице $50 \text{ m}\Omega$. Израчунати специфичну отпорност материјала од кога је жица изграђена.

Подаци: $d = 1 \text{ mm}$, $l = 4 \text{ m}$, $R = 50 \text{ m}\Omega$; $\rho = ?$

Пошто је

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ тада је: } \rho = \frac{RS}{l} = \frac{Rd^2\pi}{4l};$$

$$\rho = 0,98 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m.}$$

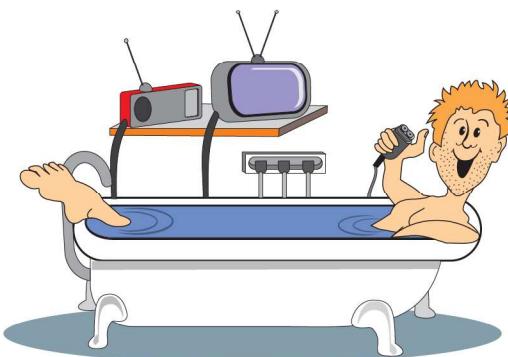
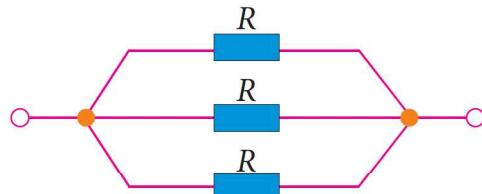
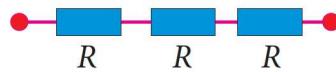
19. Човек може да страда и од електричне струје од само 50 mA ако протиче у близини његовог срца. Неопрезна особа је мокрим рукама ухватила два краја проводника између којих постоји 80 V . Ако је електрична отпорност човековог тела 2000Ω , да ли ће неопрезна особа, ипак, остати неповређена?

Подаци: $I_{max} = 50 \text{ mA}$, $U = 80 \text{ V}$, $R = 2000 \Omega$; какве су човекове последице?

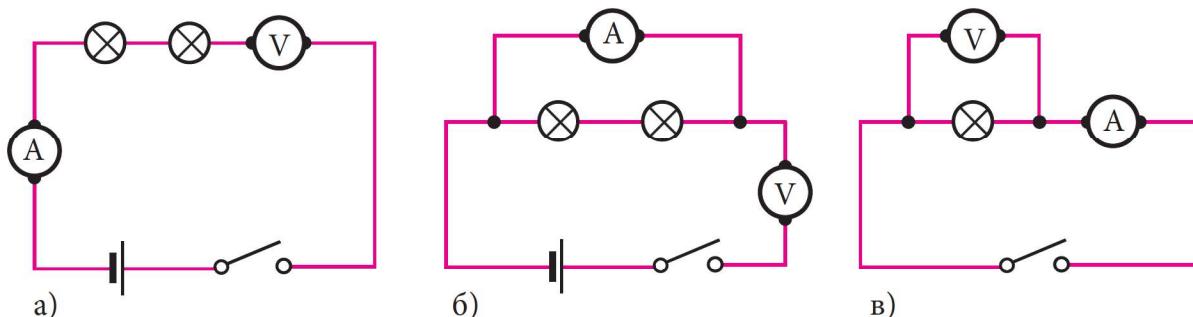
Електрична струја кроз човеково тело је:

$$I = \frac{U}{R} = 40 \text{ mA.}$$

Пошто је $I < I_{max}$, неопрезна особа ће, ипак, остати неповређена.



20. Наћи грешку (ако постоји) на свакој од шема на слици.



а) Волтметар је укључен редно (серијски), уместо да буде паралелно везан са сијалицама у електричној колоју.

б) Амперметар је појачано укључен паралелно са потрошачима (сијалицама), а волтметар серијски (редно) у коло, уместо да буде обраћен.

в) Недостаје извор електричне струје.

21. Електрична отпорност амперметра који може да мери вредност струје до 10 A је $0,02 \Omega$. Може ли се тај амперметар непосредно везати за полове акумулатора чији је електрични напон 2 V?

Подаци: $R_A = 0,02 \Omega$, $I_{max} = 10 A$, $U = 2 V$; може ли се амперметар непосредно везати за акумулатор?

Вредност електричне струје која би протекла кроз амперметар у случају непосредне везе са акумулатором износи:

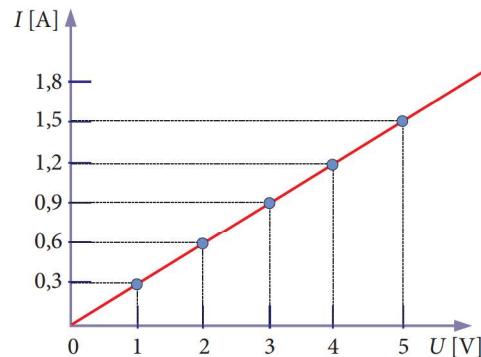
$$I = \frac{U}{R} = \frac{2}{0,02} = 100 A$$

Како је $I > I_{max}$, тада се амперметар не сме непосредно везати за полове акумулатора (дошло би до његовој преогревања).

22. У табели су дате вредности електричне струје која протиче кроз отпорник у зависности од напона на његовим крајевима. Нацртати график зависности струје од напона и одредити отпорност отпорника.

$U [V]$	1	2	3	4	5
$I [A]$	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5

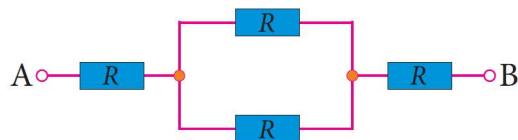
График зависности струје од напона добија се тако, што се вредности напона (из табеле) наносе на аксисну осу, а вредности струје на ординатну осу. Из крајева тих вредности повлаче се праве паралелне са ординатном, односно аксисном осом. Кроз пресечне тачке повлачи се полуправа из координатног почетка. Та полуправа је график зависности електричне струје од напона.



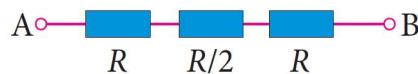
Корисћећи једајке из табеле (таблика) добија се електрична отпорносć ом-порника:

$$R = \frac{U}{I} = 3,3 \Omega$$

23. Електрични отпорници једнаке отпорности везани су као на слици. Израчунати вредност еквивалентне отпорности.



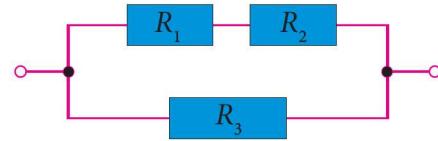
Ако се два јаралелно везана ом-порника замене једним ом-порником еквивалентне отпорности, шема везе ом-порника се јоједностављује:



Еквивалентна отпорносć је:

$$R_e = R + \frac{R}{2} + R = \frac{5R}{2}.$$

24. Електрични отпорници су везани као на слици. Израчунати еквивалентну отпорност ако су отпорности отпорника: 2Ω , 8Ω и 10Ω .



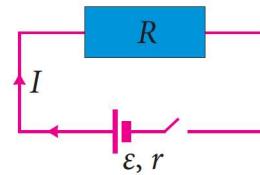
Подаци: $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 8 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$; $R_e = ?$

Ом-порници R_1 и R_2 везани су редно, па је њихова еквивалентна отпорносć $R_e = R_1 + R_2 = 10 \Omega$. Еквивалентни ом-порник R_e везан је јаралелно са ом-порником R_3 , па је еквивалентна отпорносć свих ом-порника:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_1 + R_3}{R_1 \cdot R_3},$$

односно: $R_e = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = 5 \Omega$

25. Електромоторна сила (ε) електричног извора унутрашње отпорности $0,1\Omega$ је $1,5 \text{ V}$. Наћи вредност електричне струје у колу ако је електрична отпорност у спољашњем делу кола $5,9 \Omega$.



Подаци: $\varepsilon = 1,5 \text{ V}$, $r = 0,1\Omega$, $R = 5,9 \Omega$; $I = ?$

На основу Омовој закона за цело електрично коло, добија се:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = 0,25 \text{ A}$$

26. Користећи податке са слике, израчунати:

а) вредности струје која протиче кроз отпорник отпорности R_1 ;

б) вредности струја које протичу кроз отпорнике отпорности R_2 и R_3 .

Занемарити унутрашњу отпорност извора.

Подаци: $\varepsilon = 20 \text{ V}$, $R_1 = 8 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$, $r = 0$;

$I_1 = ?$, $I_2 = ?$, $I_3 = ?$

а) Укупна електрична отпорносć у сијољашњем делу кола је:

$$R_e = R_1 + R_2 = 10 \Omega.$$

На основу Омовој закона за цело електрично коло израчунава се електрична струја која проличе кроз отпорник R_1 :

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_e} = 2 \text{ A}$$

б) Познато је да је $I_1 = I_2 + I_3$ (иошто нема најомилавања носилаца на електрисања у њојединим деловима кола). Како су електричне отпорносћи отпорника R_2 и R_3 једнаке, тада је и $I_2 = I_3$, па је:

$$I_2 = I_3 = 1 \text{ A}$$

27. Користећи податке са слике израчунати електричне струје које проличу кроз отпорнике ако је:

а) прекидач P отворен;

б) прекидач P затворен.

Занемарити унутрашњу отпорност електричног извора.

Подаци: $\varepsilon = 9 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 100 \Omega$, $r = 0$; $I_1 = ?$, $I_2 = ?$

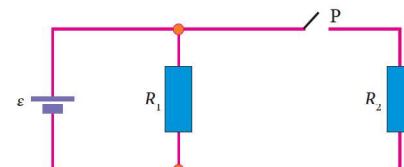
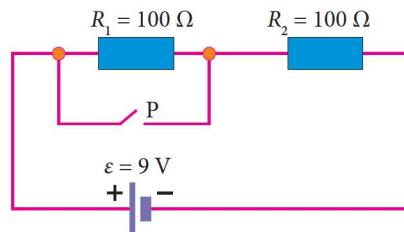
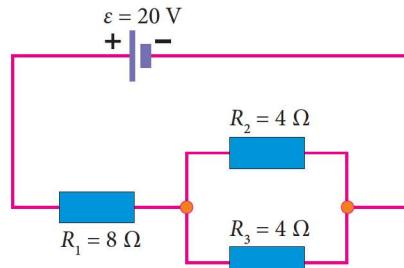
а) Ако је прекидач P отворен, електрична струја кроз отпорнике R_1 и R_2 има истију вредносћ, па је на основу Омовој закона:

$$I_1 = I_2 = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = 45 \text{ mA}$$

б) Ако је прекидач P затворен, отпорник R_1 је крајко сијојен, тада кроз њега (практично) не проличе струја, $I_1 = 0$, па је:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2} = 90 \text{ mA}$$

28. Када је прекидач P отворен, кроз отпорник R_1 пролази електрична струја од 90 mA (слика). У случају да је прекидач P затворен, кроз отпорник R_2 пролази електрична струја, такође, од 90 mA . Електромоторна сила (ε) извора је 9 V . Израчунати електричне отпорности отпорника R_1 и R_2 .



Подаци: $I_1 = 90 \text{ mA}$, $I = 90 \text{ mA}$, $\varepsilon = 9 \text{ V}$; $R_1 = ?$ $R_2 = ?$

Када је јрекидач Р отворен, тада је:

$$\varepsilon = R_1 I_1; R_1 = \frac{\varepsilon}{I_1} = 100 \Omega$$

Ако је јрекидач затворен, тада је најон на отворнику R_2 једнак електромоторној сили извора, тј.:

$$R_2 I_2 = \varepsilon; R_2 = \frac{\varepsilon}{I_2} = 100 \Omega$$

29. Када су на аутомобилу у стању кретања укључена „велика светла“, кроз сијалице његових фарова протиче електрична струја од 10 A. Израчунати снагу сијалица, ако је електрични напон на крајевима акумулатора из кога се сијалице напајају 12 V.

Подаци: $I = 10 \text{ A}$, $U = 12 \text{ V}$; $P = ?$

Снага сијалице је:

$$P = U I = 120 \text{ W}$$



30. Одредите електричну струју кроз тостер снаге 880 W, ако је прикључен на напон од 220 V.

Подаци: $P = 880 \text{ W}$, $U = 220 \text{ V}$; $I = ?$

Електрична струја која протиче кроз тостер је:



31. Одредите електричну енергију коју троши термоакумулациона пећ прикључена на напон од 220 V када кроз њу протиче електрична струја од 13,6 A током 9 h.

Подаци: $U = 220 \text{ V}$, $I = 13,6 \text{ A}$, $t = 9 \text{ h} = 32\,400 \text{ s}$; $A = ?$

Електрична енергија коју утроши термоакумулациона пећ једнака је раду електричне струје:

$$A = Pt = U I t = 26,9 \text{ kWh} = 96,84 \text{ MJ.}$$

32. Усисивач прашине за 2,5 h рада утроши 0,625 kWh електричне енергије. Израчунати снагу усисивача.

Подаци: $A = 0,625 \text{ kWh}$, $t = 2,5 \text{ h}$; $P = ?$

Снага усисивача је:



$$P = \frac{A}{t} = 250 \text{ W.}$$

33. Електрана производи електричну струју од 400 A и напона 30 000 V. Израчунати снагу електране. Колико сијалица од 40 W та електрана може да напаја да би оне нормално светеле?



Подаци: $I = 400 \text{ A}$, $U = 30\,000 \text{ V}$, $P_s = 40 \text{ W}$; $n = ?$

Снага електране износи:

$$P = UI = 12 \text{ MW}$$

Број сијалица које електрана може да одржава да нормално светле је:

$$n = \frac{P}{P_s} = 300\,000$$

34. Снага звучника грамофона је 4 W , а електрична отпорност његовог калема 4Ω . Наћи напон на крајевима калема звучника.

Подаци: $P = 4 \text{ W}$, $R = 4 \Omega$; $U = ?$

$$P = UI = \frac{U^2}{R} \quad (\text{jep je } I = \frac{U}{R}),$$

односно:

$$U = \sqrt{PR} = 4 \text{ V}$$



35. Израчунати електричну отпорност пегле која је прикључена на напон од 220 V . Снага пегле је $1,6 \text{ kW}$.

Подаци: $U = 220 \text{ V}$, $P = 1,6 \text{ kW}$; $R = ?$

Како је $P = \frac{U^2}{R}$, тадо је:

$$R = \frac{U^2}{P} = 30,25 \Omega$$



36. Кроз проводник грејалице чија је отпорност 25Ω за време од $2,5 \text{ h}$ протиче електрична струја од 4 A . Израчунати количину топлоте коју ослободи грејалица.

Подаци: $R = 25 \Omega$, $t = 2,5 \text{ h}$, $I = 4 \text{ A}$; $Q = ?$

Количина топлоте која се ослободи на грејачу грејалице је:

$$Q = R I^2 t = 1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}.$$

37. Вода у бојлеру запремине 50 l , загрева се грејачем снаге $1,5 \text{ kW}$. Израчунати температуру коју ће показивати термометар после $0,5 \text{ h}$ загревања воде. Почетна температура воде била је 10°C . Специфични топлотни капацитет воде је $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$, а густина воде $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Подаци: $V = 50 \text{ l}$, $P = 1,5 \text{ kW}$, $\tau = 0,5 \text{ h}$, $t_0 = 10^\circ\text{C}$,

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; t = ?$$

Количина топлоте коју вода прими током загревања једнака је количини топлоте која се за то време ослободи на грејачу бојлера:

$$Q = P \tau; mc(t - t_0) = P \tau; \rho Vc(t - t_0) = P \tau$$

$$t = t_0 + \frac{P \tau}{\rho Vc} \approx 22,9^\circ\text{C}.$$

38. Израчунати коефицијент корисног дејства радијатора запремине 5 l, ако се вода у њему загреје од 20°C до 80°C за пола сата. Грејач радијатора је прикључен на електрични напон од 220 V, а електрична струја која протече кроз радијатор је 5 A. Специфични топлотни капацитет воде је 4200 $\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$, а густина воде 1000 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Подаци: $V = 5 \text{ l}$, $t_0 = 20^\circ\text{C}$, $t = 80^\circ\text{C}$, $\tau = 0,5 \text{ h}$, $U = 220 \text{ V}$,

$$I = 5 \text{ A}, c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \eta = ?$$

Коефицијент корисног дејствија радијатора је:

$$\eta = \frac{Q}{A_k} = \frac{mc(t - t_0)}{UI\tau} = \frac{\rho Vc(t - t_0)}{UI\tau} = 63,64 \%$$

ТЕСТ ЗНАЊА



1. Навести основне елементе најједноставнијег електричног кола једносмерне струје и нацртати одговарајућу шему.

5 поена

2. Како се може измерити електрична струја помоћу амперметра, ако струја има већу вредност од опсега мерења инструмента?

10 поена

3. Попунити празна места у табели.

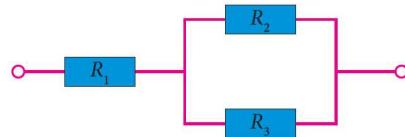
$I [\text{A}]$	1	5	0,8	?
$t [\text{s}]$	2	?	10	4
$q [\text{C}]$?	20	?	2,4

10 поена

4. Електрична отпорност проводника је 10Ω . Одредити отпорност другог отпорника направљеног од истог материјала чија је дужина два пута већа, а површина попречног пресека два пута мања.

5 поена

5. Израчунати еквивалентну отпорност отпорника везаних као на слици. Вредност електричне отпорности датих отпорника су: $2\ \Omega$, $6\ \Omega$ и $12\ \Omega$.



5 поена

6. Електромоторна сила извора је $4,5\text{ V}$, а његова унутрашња отпорност износи $0,5\ \Omega$. Наћи електричну отпорност спољашњег дела кола при којој би кроз електрично коло протицала струја од 1 A .

5 поена

7. Домаћинство дневно користи: електричну сијалицу снаге 40 W током 3 h , електрични решо снаге 500 W током 30 min и радио-апарат од 60 W током 4 h . Цена једног киловатчаса [kWh] електричне енергије износи 4 динара. Колико кошта дневна потрошња електричне енергије овог домаћинства?

10 поена

8. Транзистор снаге 7 W укључен је 3 h . Наћи рад електричне струје која противиче од батерије за напајање транзистора. Напон на крајевима батерије је 10 V . Израчунати количину наелектрисања која прође кроз транзистор за то време.

10 поена

9. Лифт у згради од 20 спратова користи се за подизање терета тежине $10\,000\text{ N}$ на висину од 60 m . Израчунати цену подизања терета ако 1 kWh кошта 10 динара. Коефицијент корисног дејства електромотора који подиже лифт је 50% .

10 поена

10. Електромотор дизалице, прикључен је на напон од 220 V . Вредност једносмерне струје је 2 A . Дизалица подиже терет вертикално навише брзином $0,62\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Коефицијент корисног дејства електромотора је $0,62$. Израчунати масу терета.

10 поена

11. У електричном лонцу се за 10 min загреје 2 l воде до температуре кључања (100°C). Израчунати електричну струју која противиче кроз грејач лонца. Почетна температура воде је 20°C , а електрични лонац је прикључен на напон од 220 V . Специфични топлотни капацитет воде је $4200\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$.

10 поена

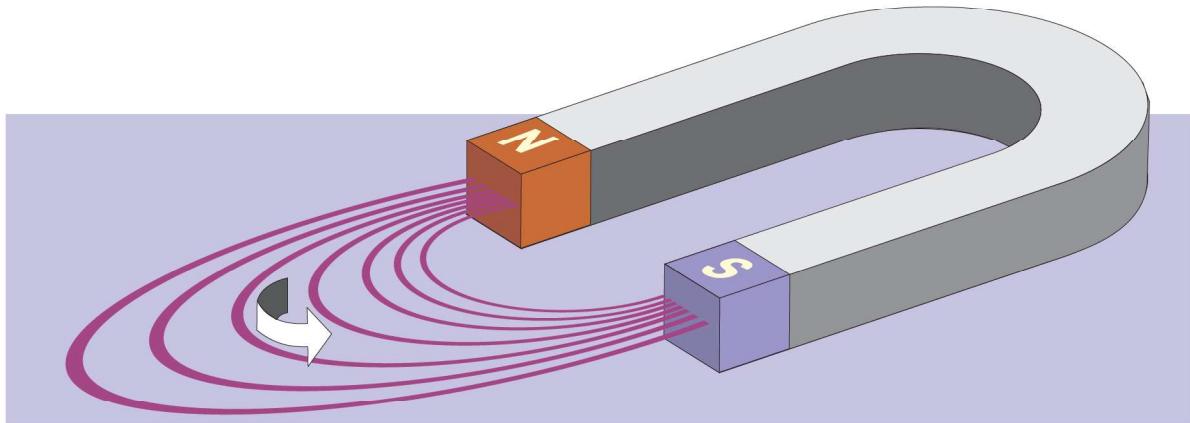
12. Израчунати степен корисног дејства електричног радијатора запремине $2,5\text{ l}$, ако се вода у њему загреје од 12°C до 80°C за 20 min . Радијатор је прикључен на напон од 220 V , а кроз њега противиче електрична струја од 5 A .

10 поена

МАГНЕТНО ПОЉЕ

Кључне речи:

магнетизам, магнети, магнетни полови, магнетно поље, линије силе магнетног поља, веза електричне струје и магнетног поља



У шестом разреду установили смо да пад тела узрокује Земљино привлачно деловање које се остварује посредством Земљиног гравитационог поља. У претходном поглављу смо закључили да се узајамно деловање наелектрисаних тела реализује посредством електричног поља.

Око сваког магнета или проводника са електричном струјом постоји **магнетно поље**. Испољава се силом којом дато магнетно поље делује на друге магнете, гвоздене или челичне предмете и проводнике са електричном струјом. Део физике у којем се све то проучава назива се **магнетизам**.

Област физике у којој се изучава узајамна повезаност електричних и магнетних појава је **електромагнетизам**. (Обрађује се у средњој школи.)

Магнетна својства тела тесно су повезана са структуром атома (молекула). Тек са упознавањем света молекула и атома могу се потпуније сазнати тајне магнета и могућности њихове практичне примене.

Овом приликом магнете, њихова својства и магнетно поље упознаћемо са макроскопског (феноменолошког) становишта.

МАГНЕТНО ПОЉЕ

УВОД

Од давнина је познато (још од античког доба) да гвоздена руда магнетит (Fe_2O_3) привлачи ситне гвоздене или челичне предмете, нпр. опилке, игле и слично. Магнетит је магнетна стена, сасвим природни оксид гвожђа (сл. 5.1).

Тела која у природном стању испољавају магнетна својства, називају се **природни магнети**.

У свакодневном животу обично се користе **вештачки магнети**. Они се израђују од челика са додатком кобалта и никла, који се накнадним поступком намагнетишу. Праве се најчешће у облику шипке, потковице и игле (сл. 5.2). Потом се деловање тих магнета на друге магнете или гвоздене предмете, односно њихово магнетно својство не мења током времена, називају се **стални магнети**.

Места магнета на којима се највише испољава деловање (на слици 5.2 његови крајеви), зову се **полови магнета**. Постоји **северни и јужни пол магнета**. Северни пол магнета се обележава са N (енглески, North), а јужни пол са S (енглески, South). Најчешће су различито обојени.

На слици 5.3 је магнет који привлачи челичне куглице. Када магнет привуче челичне куглице, онда се и оне магнетишу и привлаче друге куглице.

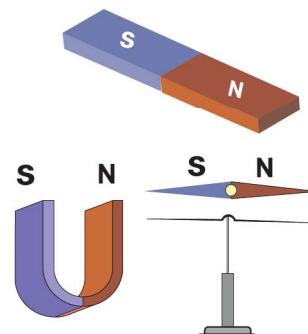
Истоимени полови магнета се одбијају, а разноимени привлаче, што се илуструје сликом 5.4.

Магнетни полови се не могу раздвојити. Деобом магнета добијају се два посебна магнета, а не појединачно северни и јужни магнетни пол (сл. 5.5).

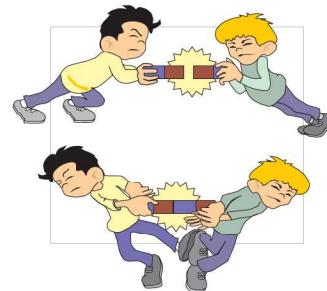
Прва примена магнета био је **компас**. У кинеском запису из 121. године описан је принцип рада компаса. Широка примена компаса, ипак, почиње тек у XII веку, посебно у поморству.



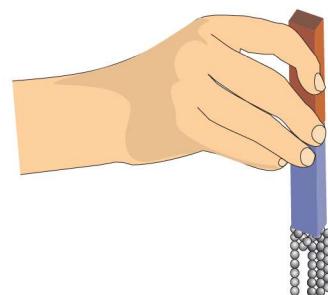
Сл. 5.1. Мајнештина руда



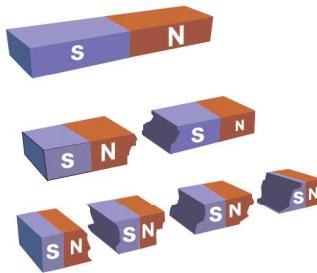
Сл. 5.2. Вештачки мајнешти



Сл. 5.4. Истоимени мајнештини полови се одбијају, а разноимени привлаче



Сл. 5.3.



Сл. 5.5. Деобом мајнешти добијају се нови мајнешти



Сл. 5.6. Компас (бусола)

Лака намагнетисана челична игла која може слободно да се обрће око вертикалне осе у хоризонталној равни, главни је део компаса. Користи се за одређивање страна света (сл. 5.6).

МАГНЕТНО ПОЉЕ СТАЛНОГ МАГНЕТА

Још у VI разреду установили смо да се узајамна деловања тела могу остварити непосредним контактом и посредстом физичког поља. Књига са стола, кликер са пода покрећу се рукама, колица се гурају или вуку, фудбалска лопта се шутира, запрежна кола вуку коњи, железничку композицију локомотива итд. То су само неки примери у којима се узајамно деловање тела остварује непосредним контактом. Међутим, постоје узајамна деловања тела и када нису у непосредном додиру. Имали смо прилику да посматрамо пад јабуке са дрвета, падобранца, испуштено тело са одређене висине итд. Шта узрокује пад тела на Земљину површину? Знамо да је то Земљино привлачно деловање које се остварује посредством Земљиног гравитационог поља.

Узајамно деловање наелектрисаних тела, као што је познато, остварује се посредством електричног поља.

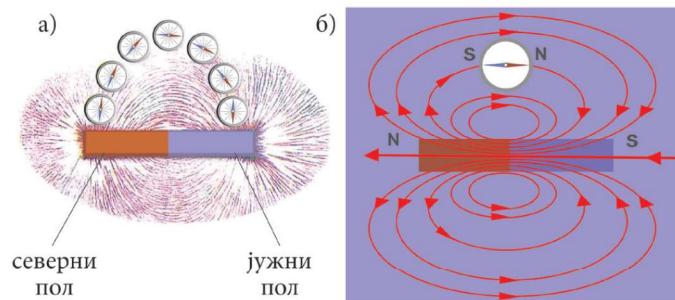
Посредник (преносилац) узајамног деловања између магнета или магнета и гвоздених (челичних) предмета је **магнетно поље**.

Око сваког магнета постоји магнетно поље које се испољава магнетном силом.

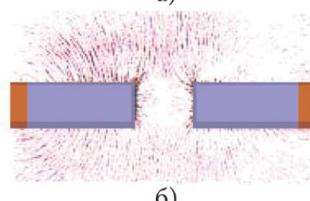
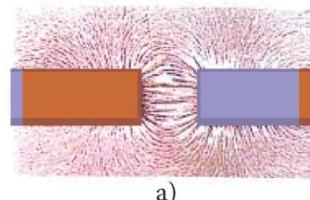
За проучавање магнетног поља, може се користити оглед: испод стаклене плоче постави се магнет (у нашем примеру у облику шипке). На горњу страну плоче равномерно се поспу опиљци гвожђа. Благим ударима у плочу (под утицајем магнетног поља) опиљци гвожђа заузимају положаје којима се показују линије сile магнетног поља (сл. 5.7 а). Опиљци гвожђа највише се гомилају на местима где су магнетни полови, што управо, потврђује њихово изражено магнетно деловање. Геометријски приказ линија сила дат је на слици 5.7 б.

Огледи се могу извести и са магнетима другог облика.

На слици 5.8 је распоред гвоздених опиљака код разноимених и истоимених магнетних полов. Код два различита пола магнета, магнетне линије усмерене су од једног пола ка другом (сл. 5.8 а). Линије сила два истоимена магнетна пола, имају облик као да се одбијају (сл. 5.8 б).



Сл. 5.7. Линије сile магнетног поља



Сл. 5.8.

Магнетно поље (слично као и електрично поље) сликовито (геометријски) приказује се линијама сила. Магнетне линије силе су затворене криве које „извиру” из северног магнетног пола и „увиру” у јужни магнетни пољ.

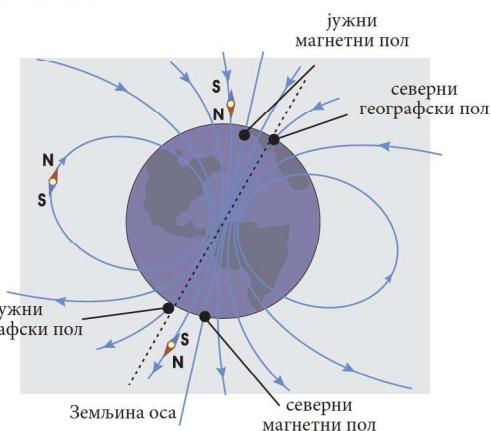
Када се говори о магнетним линијама силе у ствари се мисли на линије које прате правац и смер деловања магнетне силе тог поља. Густина линија силе указује на интензитет тог деловања: што је већа густина линија силе, то је и већи интензитет магнетне силе и обратно, где је густина линија мања, мања је и вредност силе.

МАГНЕТНО ПОЉЕ ЗЕМЉЕ

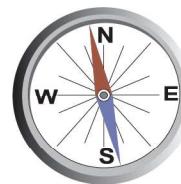
Магнетна игла компаса у хоризонталном положају у сваком месту на Земљи заузима исти правац (север – југ). То показује да око Земље постоји магнетно поље. Земља има, дакле, својство огромног магнета, чије магнетно поље делује одређеном магнетном силом на друга магнетна тела, наравно и на магнетну иглу (сл. 5.9).

Северни магнетни поље Земље налази се код јужног географског поља, а јужни магнетни поље код северног географског поља. Магнетни полови Земље су, дакле, обрнуто постављени у односу на њене географске половине (сл. 5.9).

Земљина магнетна оса која пролази кроз Земљине магнетне половине не поклапа се сасвим са осом Земљине ротације (која пролази кроз географске половине). Оса која пролази кроз магнетне Земљине половине није, дакле, паралелна са осом Земљине ротације, већ са њом заклапа угао од приближно 17° . Пошто се магнетни и географски полови не поклапају, игла компаса не показује правац географског меридијана (сл. 5.10). Угао између географског меридијана и правца игле компаса, назива се **угао деклинације**. Током времена тај угао се незнатно мења, о чему се, ипак, мора водити рачуна у поморском и ваздушном саобраћају.



Сл. 5.9. Земљино магнетно поље



Сл. 5.10.

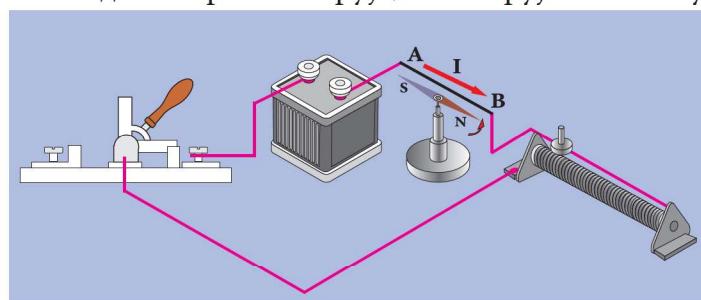
МАГНЕТНО ПОЉЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

У простору око наелектрисаних тела (честица) која су у стању релативног мирувања, као што је познато, постоји електрично поље које се испољава деловањем електричне силе на друга наелектрисана тела. Аналогно томе, у простору око магнета постоји **магнетно поље**, које се манифестије магнетном силом која делује на друге магнете или гвоздена тела.

Магнетна својства испољавају и проводници кроз које протиче електрична струја.

Праволинијски проводник АВ постављен је паралелно изнад магнетне игле. Ако се пропусти електрична струја кроз коло, магнетна игла скреће са свог првобитног правца. Скретање игле зависи од електричне струје; ако струја има већу вредност и отклон игле је већи и обратно. Овај оглед први је извео дански физичар Ханс Кристијан Ерстед (1821).

На основу Ерстедовог огледа (сл. 5.11) закључено је да око проводника са електричном струјом постоји магнетно поље. Магнетно поље проводника са струјом испољава се магнетном силом којом делује на магнете (магнетну иглу).



Сл. 5.11. Ерстедов ојлед

Интензитет магнетне сile проводника зависи од вредности електричне струје (о чему се закључује на основу отклина магнетне игле). Ако магнетну угу поступно удаљавамо од проводника којим протиче електрична струја, њен отклон постаје све мањи и обратно, са приближавањем отклон магнетне игле се повећава.

Дакле: **магнетно поље проводника којим протиче електрична струја смањује се повећањем удаљености од проводника и обратно.**

Ако се промени смер протицања електричне струје у посматраном колу, промениће се и смер скретања магнетне игле. То значи да су магнетне линије сile промениле смер. Магнетна игла мења смер скретања и у случају ако се струјни проводник постави прво изнад игле, а затим испод ње. Када се искључи струја у проводнику, онда се магнетна игла враћа у првобитан положај. Значи да су електрична струја (усмерено кретање наелектрисаних честица) и магнетна својства тела тесно повезани.

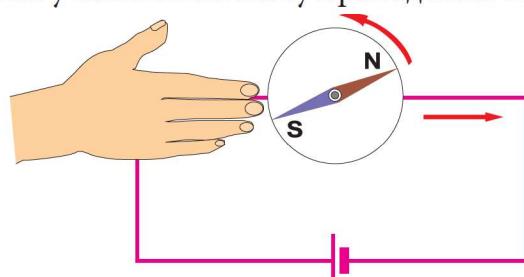
Магнетна својства тела су последица кретања наелектрисаних честица.

Магнетно дејство (ефекат) проводника са електричном струјом омогућује да се утврди не само постојање струје у датом проводнику него да се одреди и њен смер (на основу смера обртања магнетне игле).

За одређивање смера скретања магнетне игле у магнетном пољу проводника са струјом важи **правило десне руке**:

Када се десна рука дланом окренута постави изнад проводника са прстима испруженим у смеру пртицања електричне струје, онда палац показује смер кретања северног пола магнетне игле (сл. 5.12).

Код овог правила, рука се поставља увек с оне стране магнетне игле са које је и проводник.



Сл. 5.12. Одређивање смера скретања магнетна у пољу праволинијском проводника

Ако је познат смер скретања северног поља магнетне игле, истим правилом се одређује и смер електричне струје кроз проводник.

Може се извести закључак да постоји нераздвојна веза и условљеност електричних и магнетних појава.

Линије сила магнетног поља праволинијског струјног проводника

Магнетно поље праволинијског струјног проводника може се једноставно демонстрирати помоћу огледа (сл. 5.13).

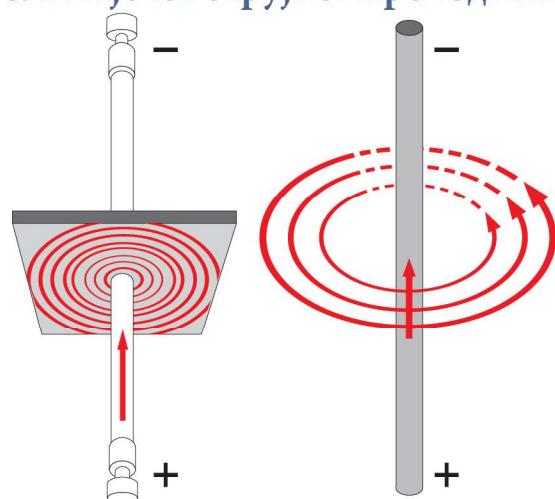
Кроз хоризонталан картон про-вучен је вертикално праволинијски проводник. Ако кроз овај проводник пропустимо електричну струју од неколико ампера, а затим поспремо по картону ситне гвоздене опиљке, запа-зићемо да су се они по картону распо-редили тако да образују затворене линије које окружују проводник. Оне показују облик и распоред линија сила магнетног поља (сл. 5.14).

Линије сила магнетног поља праволинијског струјног проводни-ка су концентричне кружнице са центром у проводнику. Налазе се у равним које су нормалне на про-водник.

Магнетне игле постављене око проводника са струјом показују смер линија сила магнетног поља. Смер се-верних полова магнетних игала је по договору узет за смер линија сила магнетног поља проводника (сл. 5.15).

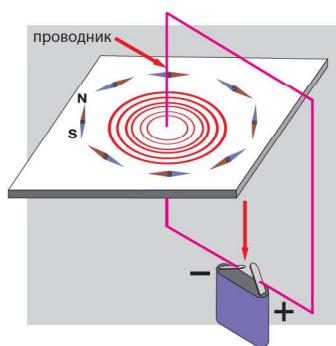
Смер линија сила магнетног поља праволинијског проводника одређује се **правилом десне руке**:

Ако се праволинијски струјни проводник обухвати десном руком тако да палац показује смер струје, линије сила магнетног поља имају правац и смер савијених прстију шаке десне руке (сл. 5.16).



Сл. 5.13.
Демонстрација
линија сила
маћетиног поља
праволинијској
струјној проводнику

Сл. 5.14. Линије сила
маћетиног поља
праволинијској струјној
проводнику



Сл. 5.15. Маћетине иле
токазују смер линија
маћетиног поља
праволинијској струјној
проводнику



Сл. 5.16. Правило
десне руке

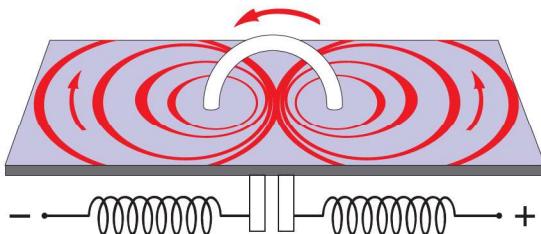
Магнетно поље кружног проводника

Магнетно поље кружног проводника и његове линије сile могу се такође једноставно показати. Кроз хоризонтални картон на коме се налазе опиљци гвожђа пролази кружни изоловани проводник у вертикалној равни. Када кроз проводник протиче струја, сваки опиљак гвожђа у магнетном пољу електричне струје намагнетише се и заузима положај тангенте на линију магнетног поља. Према распореду опиљака може се закључити да су линије магнетног поља затворене линије (сл. 5.17). У тачкама где је сила магнетног поља већа, опиљци су гушће распоређени и обрнуто.

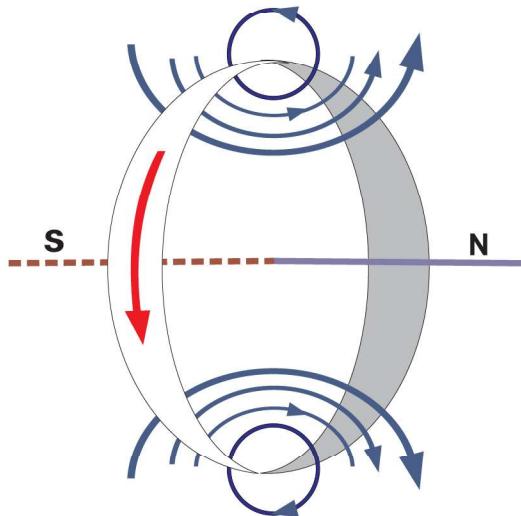
Смер магнетних линија кружног проводника може се одредити помоћу лаке магнетне игле која се поставља у разним тачкама на картону. Смер линија магнетног поља исти је као и смер северног пола магнетне игле.

На слици 5.18 смер електричне струје је означен на проводнику дебљом црвеном стрелицом, док су линије магнетног поља проводника представљене танким плавим усмереним линијама. Видимо да линије сile магнетног поља проводника пролазе кроз замишљену површину обухваћену проводником. Оне „увиру“ у површину на једној страни, а из ње „извиру“ на другој страни. Она страна кружног проводника (десна на слици) из које линије магнетног поља излазе јесте северни магнетни пол, док је друга страна, она у коју линије магнетног поља улазе, јужни магнетни пол.

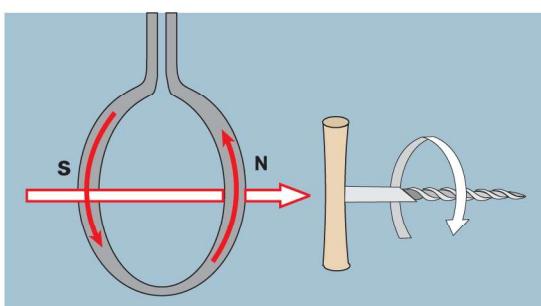
Северни магнетни пол кружног проводника једноставно се одређује правилом десног завртња: **северни пол кружног проводника окренут је оном правцу и смеру у коме би се померао завртање када је смер његове ротације исти као смер електричне струје кроз кружни проводник** (сл. 5.19).



Сл. 5.17. Маћетино поље кружног проводника



Сл. 5.18. Смер струје кружног проводника и смер линија сile његовог поља



Сл. 5.19. Правило десног завртња

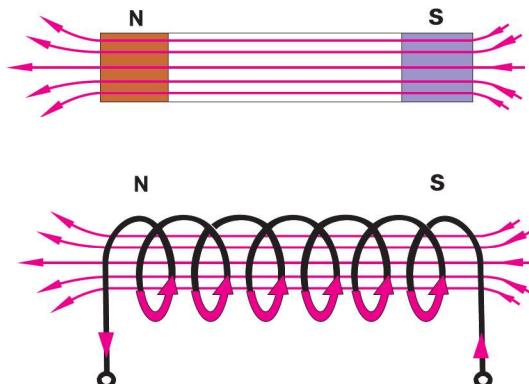
Магнетно поље соленоида

Магнетно поље проводника којим протиче електрична струја нарочито се испољава код **соленоида** (изолована жица намотана у облику завојнице, сл. 5.20). Код соленоида сваки завој (навој) делује као кружни проводник којим тече електрична струја. Магнетно поље соленоида једнако је скупном магнетном пољу свих завоја. Што је већи број завоја (што су гушће намотани) то је и снажније магнетно поље соленоида.

Променом смера електричне струје кроз соленоид долази до измене његових магнетних полов (северни и јужни пол „замењују“ положај), а тиме и смера линија сила поља.

Магнетно поље соленоида слично је магнетном пољу магнета у облику шипке, што се уочава по распореду линија сила та два магнетна поља (сл. 5.20).

Ако је соленоид много дужи од његовог дијаметра, онда је магнетно поље унутар соленоида хомогено (линије сила поља су међусобно паралелне и хомогено распоређене).



Сл. 5.20. Линије силе магнетног поља
магнетне шипке и завојнице

Магнетна индукција

Електрично поље наелектрисаног тела у стању мировања карактерише, као што је познато, величина – **јачина електричног поља**. У погледу физичке природе магнетно поље карактерише физичка величина – **магнетна индукција**. Означава се са \vec{B} . То је величина која је такође одређена интензитетом, правцем и смером.

Интензитет магнетне индукције већи је у оним областима магнетног поља где су линије сила поља гушће и обратно, мањи је на местима у пољу где је густина линија мања. Правац магнетне индукције у било којој тачки поља поклапа се са правцем тангенте на линију силе магнетног поља, а смер је одређен смером магнетних линија.

Јединица магнетне индукције је **тесла** (T). Назив је добила у част Николе Тесле, заслужног за развој науке о електромагнетизму и њену примену.

Магнетна индукција магнетног поља које делује силом од једног њутна на праволинијски проводник, дужине један метар, постављен управо на правац поља када је у проводнику струја од једног ампера назива се тесла ($T = \frac{N}{A \cdot m}$).

Електромагнет

У многим електричним уређајима које свакодневно користимо, магнетно поље се добија помоћу завојнице којом противе електрична струја (соленоида). Магнетно поље завојнице знатно се појачава ако унутар завојнице ставимо гвоздени штап, тзв. гвоздено језгро (сл. 5.21).

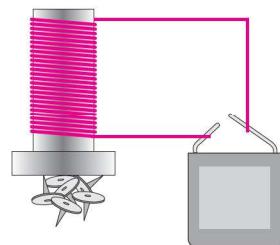
Соленоид са гвозденим језгром назива се електромагнет.

Магнетно поље соленоида са гвозденим језгром (електромагнета) много пута је већег интензитета од интензитета магнетног поља „празног“ соленоида.

Гвожђе има својство да постане намагнетисано у спољашњем магнетном пољу. А када се спољашње магнетно поље одстрани, гвожђе губи магнетна својства. Стога електромагнети имају предност над сталним магнетима: када се искључи електрична струја кроз соленоид (завојницу), тада „нестаје“ магнетно поље, а када се струја укључи, магнетно поље се поново успостави. Дакле, магнетно поље електромагнета може се по потреби укључивати и искључивати и подешавати вредност његове индукције, што има велике погодности у практичним применама.

Електромагнети имају широку примену: у звучницима, магнетофону, видеорекордеру, електричном звонцу итд.

Електромагнет учвршћен на крају крана дизалице служи за подизање гвоздених предмета (сл. 5.22). Електромагнети се користе и при рециклирању (преради ради поновног коришћења) отпада; из отпада различитог материјала извлаче се гвоздени предмети који се касније прерађују.



Сл. 5.21.
Електромагнет



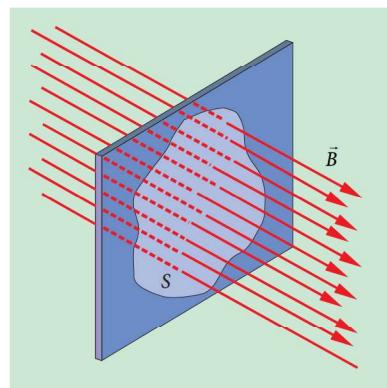
Сл. 5.22. Примена
електромагнета

Магнетни флукс

Магнетно поље, као што смо установили, приказује се линијама сile. На основу распореда и густине линија сile може се говорити о јачини, односно интензитету и смеру магнетне индукције (\vec{B}).

Број линија сile магнетног поља које пролази кроз неку површину S назива се **магнетни флукс**. Обележава се са Φ (грчко слово које изговарамо „фи“) Магнетни флукс кроз површину S , која је нормална на правац линија сile хомогеног магнетног поља одређен је једначином:

$$\Phi = B S.$$



Сл. 5.23. Маћетни флукс хомогеног
маћетног поља

Дакле, магнетни флукс хомогеног магнетног поља кроз површину која је нормална на правац линија сила једнак је производу интензитета магнетне индукције тога поља и површине (сл. 5.23).

Јединица за магнетни флукс је **вебер** и означава се са Wb. На основу дефиниције магнетног флукса следи:

$$\text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$$

Хомогено магнетно поље магнетне индукције од 1 T има магнетни флукс од 1 Wb кроз нормалну површину од 1 m².

Из једначине $\Phi = B \cdot S$ може се изразити интензитет индукције магнетног поља:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Интензитет магнетне индукције хомогеног магнетног поља једнак је магнетном флуку кроз нормално постављену јединичну површину на његове линије сила.

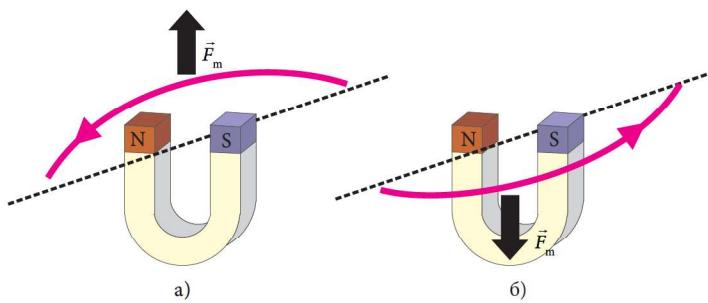
На основу претходне једначине дата је још једна дефиниција јединице магнетне индукције **тесла [T]**:

$$\text{T} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

Магнетну индукцију од једног тесла има хомогено магнетно поље са магнетним флукусом од једног вебера кроз површину од 1 m² нормалну на правац магнетне индукције.

ДЕЈСТВО МАГНЕТНОГ ПОЉА НА СТРУЈНИ ПРОВОДНИК

На проводник са струјом у магнетном пољу сталног магнета (у нашем примеру у облику потковице) делује сила магнетног поља. На слици 5.24 а, приказана је жица нормално постављена на правац линија сила магнетног поља. На жицу (проводник) којом противе струја делује магнетна сила усмерена навише. Ако је пак, смер струје кроз жицу супротан, као што је на слици 5.24 б, на жицу делује магнетна сила усмерена према доле.



Сл. 5.24. Деловање стапалној маћните на њиводник са струјом

Правац и смер ове силе је одређен: он зависи од правца и смера магнетног поља и смера електричне струје кроз проводник. А од чега зависи њен интензитет?

Мерења су показала да интензитет силе међусобне интеракције ова два магнетна поља зависи од:

- индукције магнетног поља (B) сталног магнета,
- јачине електричне струје I , која протиче кроз проводник,
- дужине (l) дела струјног проводника која се налази у магнетном пољу сталног магнета.

Свака од набројаних величина директно утиче на интензитет силе F која помира струјни проводник. Математички се то може изразити у облику:

$$F = B \cdot I \cdot l.$$

Ова формула може послужити за дефинисање јединице магнетне индукције.

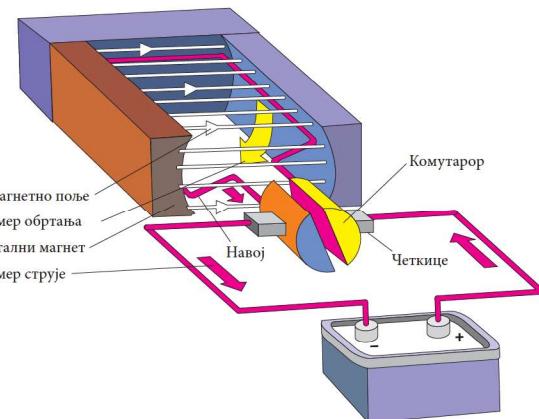
$$B = \frac{F}{I \cdot l} \Rightarrow 1\text{T} = \frac{1\text{N}}{1\text{A} \cdot 1\text{m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}.$$

Електромотор једносмерне струје. Сви смо чули за **електромотор**. Употребљава се за погон у разним возилима, електричним часовницама, видео-рекордерима, у CD уређајима, за покретање степеница итд.

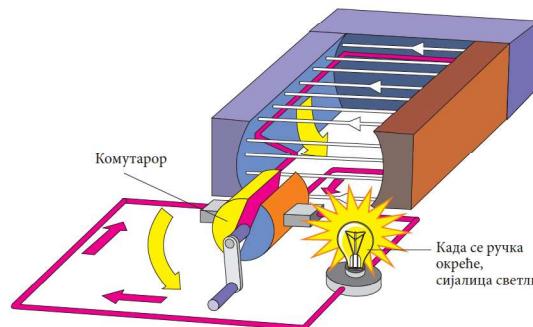
Принцип рада електромотора приказан је на слици 5.25. Између полова сталног магнета у облику потковице налази се проводни рам повезан са извором електричне струје. Крајеви рама су у контакту са комутатором (два метална полупрстена). Једносмерна струја од извора доводи се до четкица које належу на комутатор. Када струја протиче кроз рам у облику правоугаоника, онда на њега делује магнетна сила сталног магнета.

Генератор једносмерне струје. У генератору се енергија механичког кретања, конкретније кинетичке енергије ротације осовине рама, претвара у електричну енергију. У погледу смера трансформације енергије из једног у други облик генератор је обрнут електромотору. У генератору се на рачун кинетичке енергије ротације проводних намотаја у магнетном пољу добија електрична струја, односно електрична енергија. У електранама постоје огромни генератори који производе електричну струју за куће, станове, школе, фабрике итд.

На слици 5.26 је представљен једнотавни генератор једносмерне електричне струје. У пољу сталног магнета налази се проводник у облику рама. Смер струје се мења при сваком полуобрту ручке, тако да је једна четкица стално негативна, а друга позитивна, услед чега у колу постоји једносмерна електрична струја.



Сл. 5.25. Електромотор једносмерне струје



Сл. 5.26. Генератор једносмерне струје

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

• Око сваког магнета и проводника кроз који протиче електрична струја постоји **магнетно поље**. Узајамно деловање магнета као и проводника са струјом остварује се посредством магнетног поља. Основна карактеристика магнетног поља магнета и проводника којим протиче електрична струја је **магнетна индукција**. То је физичка величина одређена интензитетом, правцем и смером. Обично се обележава са \vec{B} .

• Магнетно поље се сликовито (геометријски) приказује **линијама силе**. Договорно је прихваћено да магнетне линије силе имају смер од северног ка јужном магнетном полу. Смер линија силе магнетног поља праволинијског проводника одређује се помоћу **правила десне рuke**: **ако се праволинијски проводник обухвати десном руком тако да палац показује смер електричне струје, линије силе магнетног поља имају правац и смер прстију рuke.**

Линије силе магнетног поља праволинијског проводника су концентричне кружнице, које су у равни нормалној на проводник са струјом. Центар кружница је на оси проводника.

• Јединица магнетне индукције је **тесла (T)**: магнетну индукцију од једног тесле има оно хомогено магнетно поље које има магнетни флукс од једног вебера кроз површину од 1 m^2 нормалну на правац магнетне индукције ($T = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$).

• Магнетни флукс хомогеног магнетног поља кроз површину нормалну на правац магнетне индукције једнак је производу интензитета магнетне индукције поља и површине:

$$\Phi = B \cdot S$$

Јединица магнетног флуksа је **вебер (Wb)**: $\text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$.

• Већи број навојака изоловане жице на неком изолатору или без изолатора чине **калем (завојницу)** или **соленоид**. Када кроз такав калем протиче електрична струја, он ће се понашати као стални магнет у облику шипке. У случају да се у шупљину калема (соленоида) постави шипка од меког гвожђа добија се **електромагнет**. Искључивањем електричне струје, електромагнет губи магнетна својства. Дакле, електромагнет се може користити као магнет према потреби, што није могуће код употребе сталних магнета.

• **Електромотор једносмерне струје** је електрични уређај у коме се енергија електричне струје претвара у кинетичку енергију (ротације) која се користи за погон разних електричних машина, апаратова (уређаја).

• **Генератор једносмерне струје**. У генератору се енергија механичког кретања претвара у електричну енергију. Према смеру трансформације енергије из једног у други облик генератор је обрнут електромотору. У генератору се, на рачун кинетичке енергије ротације проводних намотаја у магнетном пољу добија електрична струја, односно електрична енергија.

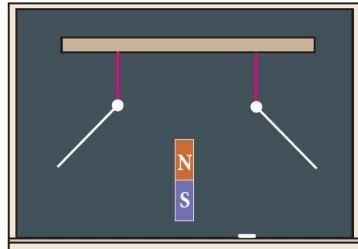
ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Како се може извадити гвоздена чиода из епрувете малог по-
лупречника (слика)?

Гвоздена чиода се може извадити из епрувете помоћу магнета.



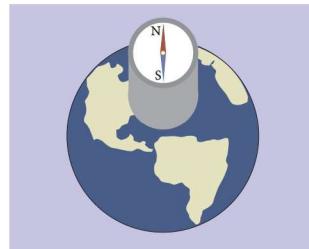
2. Две гвоздене игле су окачено о конце једнаке дужине. Када се са доње стране принесе магнет у облику шипке игле се међусобно одбијају (слика). Објасните зашто. Шта ће се дестити ако се магнетна шипка удаљи?



Иде се намагнетишу, тако да се на њиховим доњим крајевима образују истоимени магнетни ћолови. Услед тоја се измену њих јавља одбојна магнетна сила. Када се магнетна шипка удаљи иде ће се враћати у првобитни положај. (Шта би се десило да су иде од челика – сами одговорите.)

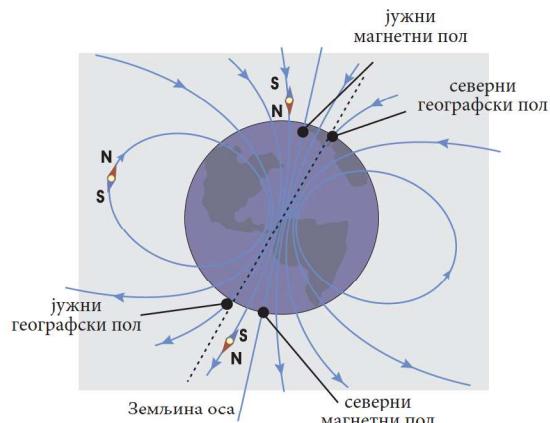
3. Како се објашњава појава да се магнетна игла компаса поставља у правцу север – југ?

Положај магнетне иде компаса условљен је деловањем Земљиног магнетног поља (слика).



4. Шта знате о односу положаја географских и магнетних Земљиних половина?

У близини јужног географског поља налази се северни магнетни пољ, а у околини северног географског поља јужни магнетни пољ Земље (слика).



5. Како се дефинише угао деклинације? Има ли тај угао сталну вредност и зашто је то важно?

Угао између географског меридијана и правца иде компаса у хоризонталном положају, назива се угао деклинације. Током времена тај угао се незнатно мења, али и оно малим његовим променама води се рачуна у поморском и ваздушном саобраћају.

6. Знамо да се магнетна игла у близини проводника са струјом заокрене за одређен угао у односу на положај игле који је заузимала када кроз проводник није протицала електрична струја (слика, а). Од чега зависи смер обртања магнетне игле? На рачун које енергије је извршен рад при обртању игле?

Смер обртања магнетне илле у магнетном пољу проводника, нпр. праволинијске међалне жице зависи од смера струје у проводнику као и од тоа да ли је илла постављена испод или изнад проводника. Рад при обртању магнетне илле у магнетном пољу проводника којим тече електрична струја врши се на рачун енергије електричне струје.

7. Одредити смер електричне струје у проводнику на основу положаја магнетних игала (слика).

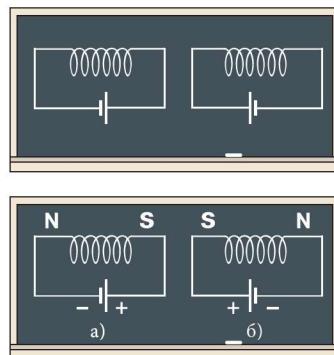
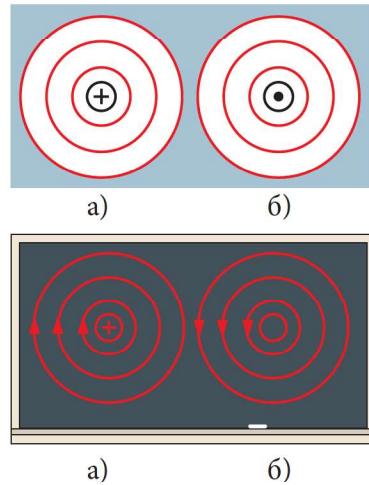
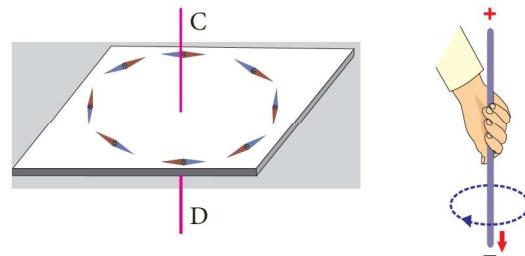
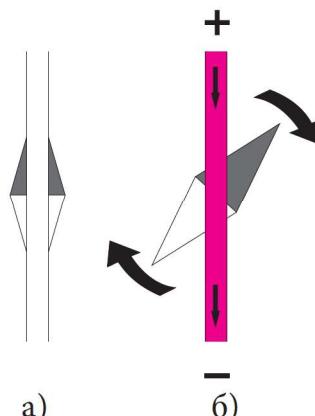
На основу положаја магнетних илала прво се одређује смер линија силе магнетног поља, а затим, правилом десне руке, и смер струје у проводнику (слика).

8. На слици а и б приказане су линије силе магнетног поља праволинијског проводника нормалног на раван странице. Означити стрелицама смер линија силе магнетног поља ако је на слици под а) смер струје од нас према листу хартије, а на слици под б) обратно.

Смер струје у првом проводнику означен „крстичем“ је од нас према листу хартије, а у другом проводнику смер струје је обележен штаком и он је од листа хартије према нама. Одговарајући смерови поља (на основу правила десне руке), означени су на слици, под а и б.

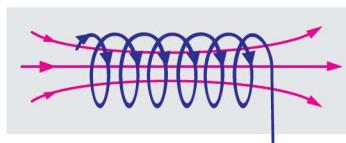
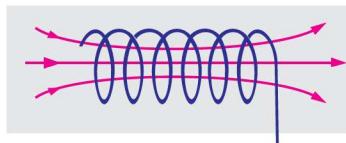
9. На слици су приказана два соленоида (калема) са електричном струјом. Да ли између тих калемова постоји међусобно деловање?

На ближим крајевима калемова постоје истиотимени (јужни) магнетни полови и услед тога калемови се међусобно одбијају (слика).



10. Смер линија сила магнетног поља соленоида приказан је на слици. На основу тога одредити смер струје кроз навојке соленоида.

Смер електричне струје кроз соленоид приказан је на слици.



11. У чему су основне разлике између магнетног поља сталног магнета и магнетног поља соленоида?

Мајнейно поље соленоида, променом вредности електричне струје кроз његове навоје, може се подешавати према потреби: повећавати или смањавати интензитет његове индукције, мењајши смер линија силе (променом смера струје), односно мајнейних полов, а прекидачем електричног струјног кола мајнейно поље соленоида може се укључивати и искључивати.

Ако се у соленоид унесе „меко“ извоже, тако да соленоид постане електромајней, могу се добити веома „снажна“ мајнейна поља, која се користе код електромајнейних дизалица и у акцелераторима за убрзање наелектрисаних честица великих енергија.

12. Навести неколико електричних уређаја у којима су утврђени електромагнети.

Електромајнейи се користе: у звучницима, мајнейфону, електричном звонцу, дизалицима итд.

13. Дефинисати магнетни флукс хомогеног магнетног поља. У којим јединицама се изражава магнетни флукс?

Мајнейни флукс хомојеној мајнейној пољу кроз површину која је нормална на правец мајнейне индукције једнак је производу интензитета мајнейне индукције поља и површине ($\Phi = B S$).

Јединица мајнейној флука је вебер и означава се са Wb. На основу дефиниције мајнейној флука добија се:

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

Хомојено мајнейно поље мајнейне индукције од једног Тесле [T] има мајнейни флукс од једног вебера [Wb] кроз површину нормалну на правец индукције од једног квадратног метра [m^2].

14. Израчунати магнетни флукс кроз површину од $0,5 \text{ m}^2$ кроз коју нормално пролазе линије силе магнетног поља магнетне индукције $0,2 \text{ T}$.

Подаци: $S = 0,5 \text{ m}^2$, $B = 0,2 \text{ T}$; $\Phi = ?$

$$\Phi = B S = 0,1 \text{ Wb}$$

15. Флукс хомогеног магнетног поља кроз површину од $2,4 \text{ m}^2$ има вредност од $1,44 \text{ Wb}$. Нађи интензитет магнетне индукције, ако је њен правац нормалан на ту површину.

Подаци: $S = 2,4 \text{ m}^2$; $\Phi = 1,44 \text{ Wb}$; $B = ?$

Интензитет магнетне индукције је:

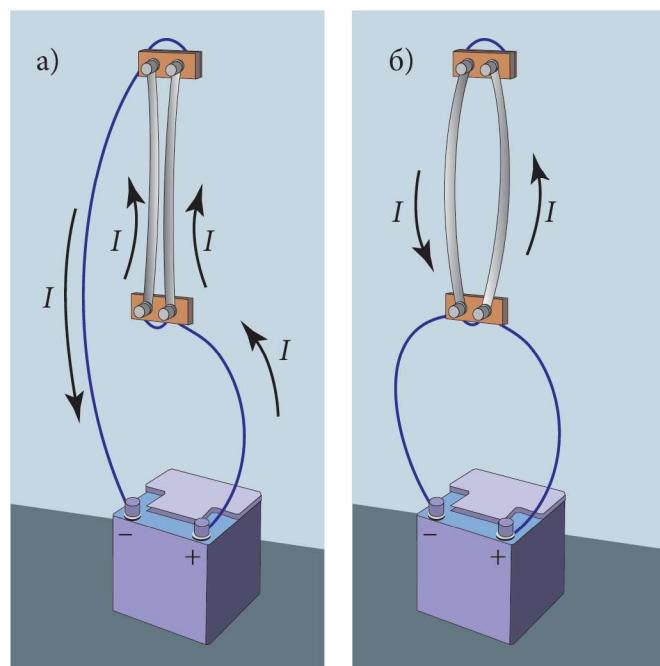
$$B = \frac{\Phi}{S} = 0,6 \text{ T}$$

16. Како узајамно делују два паралелна праволинијска проводника којима протиче струја: а) у истом смеру и б) у супротним смеровима?

а) Два једнолинијска паралелна проводника кроз које протиче електрична струја у истом смеру узајамно се привлаче (слика, а).

б) Ако кроз два паралелна једнолинијска проводника протичу струје у супротним смеровима, онда се они одбијају (слика, б).

Ове тврдње, експериментално доказане објасније на основу распореда линија силе магнетних поља датих проводника са струјом.



ТЕСТ ЗНАЊА



1. Која је од следећих тврдњи исправна?

- а) Гвоздено и челично тело када се намагнетишу постају стални магнети.
- б) Гвоздено тело делује као магнет само док је под утицајем сталног магнета, а челично тело када се намагнетише, постаје стални магнет.
- в) Намагнетисано гвожђе постаје стални магнет, а челик привремени магнет.

5 поена

2. На магнетни пол су стављене две гвоздене чиоде, паралелно једна другој. Како се понашају њихови слободни крајеви?

5 поена

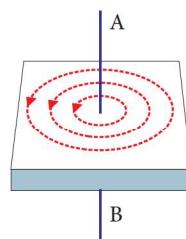
3. Може ли се човек на Месецу оријентисати помоћу компаса?

5 поена

4. Какав положај заузима магнетна игла која се може слободно обртати око своје средишне осе у било којој равни: на Земљиним магнетним половима и на Земљином екватору?

5 поена

5. Шта је установљено Ерстедовим огледом?

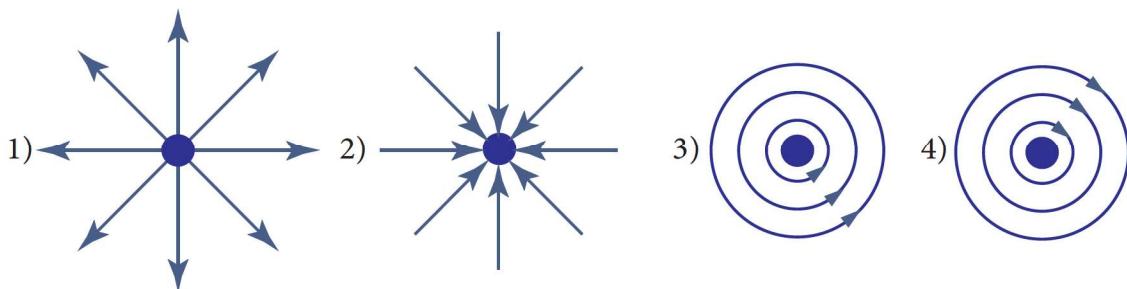


5 поена

6. Одредите смер струје у проводнику са слике на основу смера линија силе магнетног поља.

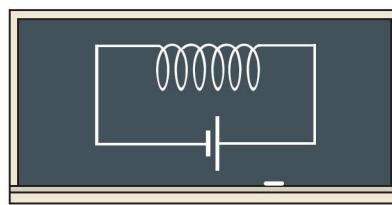
5 поена

7. Електрична струја у праволинијском проводнику који је нормално постављен на раван странице књиге, усмерена је од нас према листу хартије. Како су распоређене и усмерене линије силе магнетног поља струјног проводника? Заокружите редни број цртежа који даје исправан одговор.



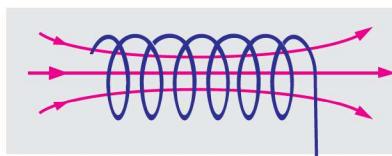
10 поена

8. На соленоиду (калсму) приказаном на слици кроз који протиче струја, одредите магнетне полове.



10 поена

9. Одредите смер електричне струје кроз соленоид на основу познавања смера линија сила магнетног поља соленоида (калема).

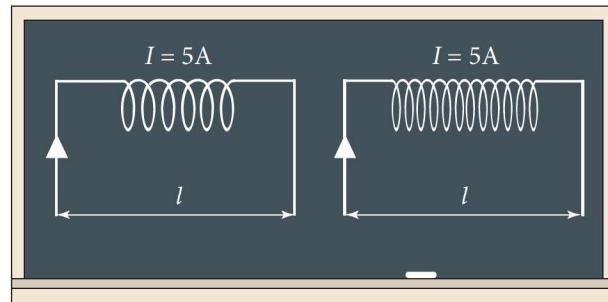


10 поена

10. Како се назива јединица магнетне индукције и како се она може дефинисати?

5 поена

11. Кроз два соленоида протичу електричне струје исте вредности, речимо по 5 A (слика). Који од соленоида има већи интензитет магнетне индукције?



5 поена

12. Флукс магнетног поља чије су линије силе нормалне на површину од $0,50 \text{ m}^2$ износи 1 Wb. Нађи интензитет магнетне индукције.

5 поена

13. Магнетна индукција хомогеног магнетног поља интензитета 0,16 T има правац нормале на површину од $0,10 \text{ m}^2$. Израчунати вредност флукса.

5 поена

14. Често се дешава да челични комади који се преносе електромагнетном дизалицом не отпадају од електромагнета и после искључења електричне струје из његових намотаја. Како се то објашњава? Шта треба урадити да се комади челика одвоје од електромагнета?

10 поена

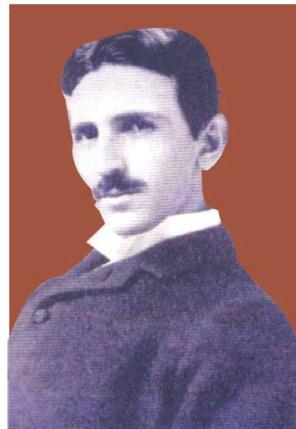
15. При употреби електромотора и генератора електричне струје врши се претварање једног облика енергије у други. О којим трансформацијама енергије је реч?

10 поена

ДОПРИНОС НИКОЛЕ ТЕСЛЕ И МИХАЈЛА ПУПИНА РАЗВОЈУ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЊЕНОЈ ПРИМЕНИ

Никола Тесла (1856–1943), српски шоналазач, физичар и инжењер свећанској индустрији, познат по својим открићима у области електротехнике. Рођен је у селу Смиљану код Госића у Лици. Основну школу учио је у Смиљану и Госићу, средњу у Карловцу, а технику ступио је у Грацу и Прају. Након тога радио као инжењер у телеграфским и телефонским компанијама (Марибор, Будимпешта) и компанији за унапређење електричне индустрије у Паризу.

Најпознатије једине Теслиној научно-истраживачкој рада починио је доласку у Америку (1884). У тој епохи је радио као инжењер у Едисоновој компанији електричних машина у Њујорку. После три године (1887) започиње самостални рад у својој лабораторији.



Никола Тесла

Рат електричних струја

Још као студент у Грацу, Тесла је открио недостатке једносмерне струје који се испољавају како у њеној производњи тако и при преношењу електричне енергије на већа растојања (велики губици енергије). Заступао је идеју да уместо једносмерне треба (у већини случајева) користити наизменичну струју (о којој ћете више сазнати у средњој школи). Наизменична струја има предност: једноставнија и економичнија производња, може се трансформисати по потреби на веће или мање напонске вредности и преносити на велика растојања са минималним енергетским губицима.

Упорно залагање за примену наизменичне струје Никола Тесла је наставио и у Америци. Жестоко се борио против Едисонове једносмерне струје.

Преломни моменат који је одлучио победника овог необичног и оштог сукоба био је Светски сајам у Чикагу 1893. године. На отварању сајма у (у вечерњим сатима) посетиоце је обасјала величанствена светлост сто хиљада ужарених електричних лампи које су напајали Теслини снажни генератори наизменичне струје. Већ тада постаје јасно да се свет опредељује за наизменичну струју. То је истовремено била и Теслина победа над Едисоном и његовим присталицама. Само та чињеница је довољна да се овековече слава и захвалност нашем и светском научнику.

ТЕСЛИНИ ПРОНАЛАСЦИ

Теслин ум је био динамомашина
која је радила за срећу човечанства.
Сарнов

Теслине радикалне идеје и проналасци повезане су са многим данашњим технологијама и техничким достигнућима: производња и пренос електричне енергије на великим удаљенностима, бежични комуникациони системи, радари, радио и телевизија, роботика, рачунари, факсови, интернет итд. Стога у многим књигама о Тесли налазимо исказе као што су: *Тесла је био не само исхреп свога већ и исхреп свога времена, Тесла је измислио 20. век, или Тесла је измислио будућност, Теслини проналасци изменили свеј, свеј ће гуђо чекаји да се ћојави љеније који би имао Теслину снагу-лајчу моћ и имајинацију.*

Теслин трансформатор. Један од познатијих Теслиних проналазака. Верујемо да сте имали прилику да га видите у лабораторији физике, у музеју Никола Тесла, на разним изложбама из области науке и технике. (О њему ћете више сазнати у средњој школи.)

У Теслином трансформатору могу да се произведу наизменичне струје и до неколико стотина хиљада волти и фреквенције преко милион херца, тзв. **Теслине струје**. Тесла их у почетку користи за изазивање разних светлосних ефеката (појава), а касније и за добијање азота из ваздуха, озона, топљење метала и рафинирање челика у разне сврхе.

Помоћу свога трансформатора Тесла је производио муње (Теслине муње) дужине и до 30 m, а једном приликом је упалио 200 електричних сијалица на даљини од 40 km, које међусобно нису биле повезане жицом. Теслином муњом упаљен је пламен на Универзијади, одржаној у Београду, 2009. године.

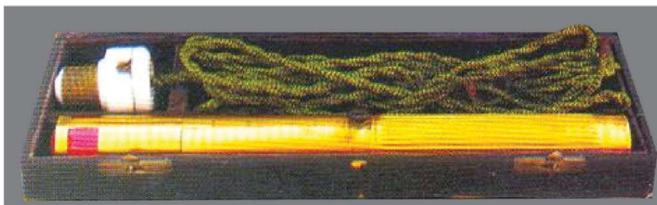
Теслине струје су безопасне за человека и имају благотворно биолошко дејство, па се користе у медицини у терапијске сврхе. На бази Теслиних струја засновани су разни апарати који се користе при лечењу нервних оболења и за извођење микрохирушких захвата уског реза и брзог зарастања рана (Сл. 4.10).

Генератор на Нијагариним водопадима. За изградњу прве хидроелектране на свету на Нијагариним водопадима користили су се генератори наизменичне струје које је развио Никола Тесла (Сл. 4.11). Прва три генератора пуштена су у рад 1896. године.

Ко је изумитељ радија? Почетком 1895. године Тесла је био у стању да помоћу своје оригиналне технике обезбеди преносе радио сигнала на растојање од 80 km (Сл. 4.12). Међутим, у то време се д догодила несрећа: пожар је захватио Теслину лабораторију и уништио целокупну њену опрему и документацију. Нешто касније, италијански истраживач, Маркони је први послao радио поруку преко океана (1901).



Помоћу Теслиној трансформатора упаљен је пламен на Универзијади, Београд 2009.



Сл. 4.10. Теслин инструмент за лечење високофреквенћним струјама

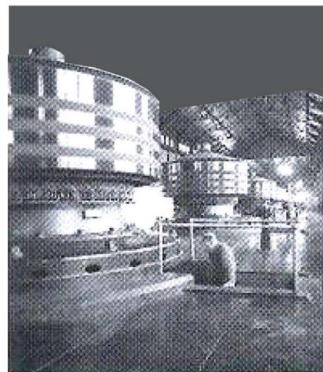
Свакако, Маркони је заслужан за откриће радија, али га није први конструисао. Тесла је пре Марконија обелоданио свој патент што је Врховни суд Сједињених Америчких држава и потврдио 1943. године. Суд је дакле, дао приоритет патенту Николе Тесле из 1895. године, признавајући да је наш научник изумитељ радијо преноса.

Даљинско управљање. Познато је, да је Тесла још 1898. године демонстрирао први чамац-робот (Сл. 4.13) помоћу електромагнетних таласа (радио-сигнала). Та чињеница даје за право да се Никола Тесла може сматрати оснивачем даљинског управљања. Тесла је тада говорио: *робот (Теслин чамац) ће бити способан да следи унайреđ задати курс и да извршава унайреđ задате команде, изабере између оноја што треба и што не треба да уради..., забележи утилске који ће касније утицати на његове акције.*

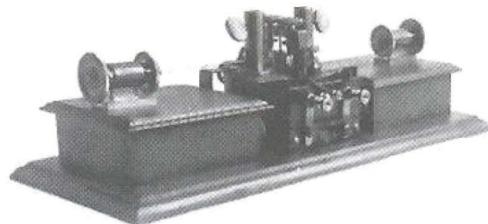
У овим Теслиним речима јасно се препознаје основа или елементи основе савремене рачунарске (компјутерске) технике, чак, и вештачке интелигенције.

На почетку 1900. године Тесла је осмислио и визију глобалног бежичног телекомуникационог система. Тада је већ предвидео да ће човек, држећи у руци малу направу не већу од ручног сата, моћи да слуша говор, музiku или гледа слике које су емитоване са било ког места на свету. Он даље наставља: „Моја мерења и прорачуни су показали, да је интерпланетарна комуникација постала реална могућност... Ми сигурно можемо послати поруку другој планети, вероватно је и да можемо добити одговор јер човек није једино биће у бескрају коме је подарен ум... Мени нису потребне никакве жицe, каблови или било какви други електрични или механички спојеви у систему међупланетарне комуникације; потребна је само природна средина“. Ове идеје су потпуно сагласне са савременим схватањем глобалног бежичног телекомуникационог система.

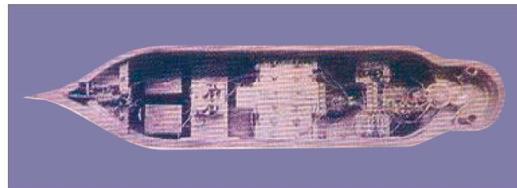
Требало је да прође скоро сто година да би се ова визија остварила. Живот савременог човека не може се ни замислiti без интернета, бежичних комуникационих мрежа и мобилних телефона.



Сл. 4.11. Оријинални Теслин генератор на Нијајари



Сл. 4.12. Теслин радио јредајник



Сл. 4.13. Теслин чамац-робот

Тесла је конструисао разне типове парних и гасних турбина, компресоре и вакуумске пумпе; пројектовао је и авион велике брзине који може вертикално да се подиже и лебди у ваздуху; проучавао је и атмосферски електрицитет, посебно његово пражњење кроз муњу доводећи то у везу са падом кишег...

Многи Теслинин радови још увек нису објављени и довољно проучени. Међу њима и оригинална открића у молекуларној физици и она која се односе на нове облике енергије.

Већ сама чињеница да је Тесла објавио више од 750 патената показује колико је неуморно радио.

Теслин однос према раду, најбоље карактеришу, управо, његове речи:

Уколико је мисао еквивалентна раду, онда сам раду йоклонио све будне сајве.

У част Николе Тесле, научника и проналазача, за његов огромни допринос развоју науке и технике, за његова открића која користи читаво човечанство, јединица за интензитет магнетне индукције у Међународном систему јединица названа је **тесла** [T].

Стекао је почасне докторате на многим познатим универзитетима широм света. Нису га мимоишла ни многа јавна признања и одликовања. Уврштен је у Дом славних у САД. На фасади познате спомен зграде у Стразбуру постављене су спомен табле (плоче) највећих умова света, а Теслина се налази поред Планкове, Ајнштајнове и Борове...

Михајло Пупин (1854–1935), српски физичар, инжењер електротехнике. Рођен у Извору, у Банату, где је завршио основну школу, а средњу је учио у Панчеву и Прају. Михајло Пупин је 1874. године отишао у Америку. Године 1879. уписао је Универзитет Колумбија у Њујорку. Мајстарске студије је завршио у Кембриџу, а докторирао у Берлину код чуvenог научника Хелмхолца. Наславничку делатност је започео на Колумбија универзитету. У научном свету јоскао је познати по својим извештавањима који су значајно унапредили квалитет телефоније и телеграфије на великим даљинама. То су били специјални калемови, касније названи **Пупинови калемови**. Њихово испитивање у каблове (телефонске линије) ради квалитетније преноса телескопских разговора, познато је као **пупинизација**. Помоћу Пупинових калемова домет телескопских разговора увећава се неколико десетина километара. За то се Пупин сматра једним од учесника телекомуникација.

Пупин је био међу првим научницима који је проширио сазнања о настајању и природи рендгенских зрака. Истраживао је и њихове интеракције са разним срединама. Имао је и низ запажених радова из електродинамике и термодинамике. Испитивао је и електрично пражњење у цевима са разређеним гасовима. Патентирао је и разне апарате за телеграфске и телефонске преносе, вишеструку телеграфију, телефонију, бежично преношење сигнала и др.

Пупин је имао 29 званично признатих патената, а међу њима, као што смо истакли, најзначајнији су Пупинови калеми.

Написао је више дела, а за књигу „Од пашњака до научника“ у којој је описао свој живот, добио је Пули策рову награду у Америци.



Михајло Пупин



ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ



ПРИПРЕМИЛИ: АУТОРИ И АГЕНЦИЈА ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
УЗ САГЛАСНОСТ ЗАВОДА ЗА УНАПРЕЂИВАЊЕ ОБРАЗОВАЊА И ВАСПИТАЊА СРБИЈЕ

Штедећи енергију, штедимо новац и чувамо планету



Енергетски извори деле се на **примарне и секундарне**.

Примарни извори постоје у природи у "готовом" облику. Њихова енергија може се директно користити или се претворити у жељени облик. Такви извори енергије су : Сунце, водотокови, фосилна горива (угљ, нафта, гас), биомаса, геотермални извори, ветар, водени таласи, плима и осека итд.

Секундарни извори (хидроелектрана, термоелектрана) енергију добијену из примарних извора претварају у енергију погодну за коришћење.

У њима се енергија примарног извора (воденог тока или угља) у генератору прво претvara у електричну енергију, која се одводи до корисника.

У зависности од времена за које се обнављају, извори енергије могу бити **обновљиви и необновљиви**.

У обновљиве изворе енергије спадају: Сунце, ветар, биомаса, геотермални извор, енергија водотокова (хидроелектрана), плиме и осеке и др. Код ових извора не исцрпљују се залихе енергије (без обзира на потрошњу) или се постепено релативно кретког времена обнављају.

Сунчева енергија колико год да се користи, постоји још милионима година, а енергија биомасе, ветра, плиме и осеке, морских и океанских таласа непрестано се обнавља.

Резерве фосилних горива (угља, нафте, природног гаса) су ограничene и сваким даном постају све "тање". За њихово обнављање потребни су милиони година. Зато се они убрајају у необновљиве енергетске изворе.

Поред тога при сагоревању фосилних горива ослобађају се штетни гасови којима се не загађује само животна околина него читава атмосфера..

Један од тих гасова је и угљен - диоксид који значајно поспешује тзв. **ефекат стаклене баште**.

ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ

Земљина атмосфера (ваздушни омотач) понаша се слично стаклу на стакленој башти (стакленику),

које пропушта већу енергију Сунчевог зрачења него што се из стакленика враћа у околнi простор.

Због тога је температура у стакленој башти виша од спољашње температуре.

Слично је и са Земљином атмосфером чија се густина стално увећава услед нагомилавања штетних гасова, ослобођених при сагоревању фосилних горива. Тиме се појачава ефекат стаклене баште, што доводи до загревања наше планете, отапања леда на половима и подизања нивоа воде мора и океана.

Загађивање атмосфере има и друге негативне последице које се такође испољавају у глобалним размерима. Савремено човечанство треба да посебно забрињава појављивање тзв. озонских рупа.

Шта је озонска рупа?

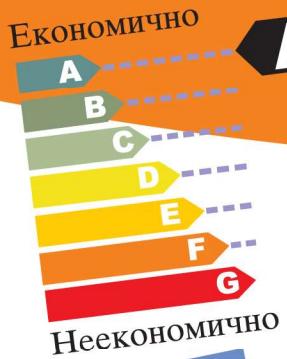
Озонски омотач је једина природна заштита живог света на Земљи од опасног ултраљубичастог зрачења. Налази се у стратосфери на висини од око 25 km. У природним (нормалним) условима количина озона у стратосфери је стабилна, а интензитет ултраљубичастог зрачења које доспева до Земљине површине минималан. Међутим, када се у стратосфери нађу гасови (који садрже хлор), ослобођени у производњи расхладних уређаја / дезодоранса итд., они у хемијским реакцијама разграђују молекуле озона.

Услед тога озонски омотач постаје све тањи, а на неким местима појављују се и озонске рупе ("прозори"). Ултраљубичasti зраци кроз озонске рупе несметано пролазе и доспевају до Земљине површине изазивајући разне негативне последице (рак коже, катараクトу очију, слабљење имунолошког система, као и нека тешка оштећења биљних и животињских ћелија.) Ултраљубичасто зрачење такође појачава и ефекат стаклене баште на Земљиној површини.

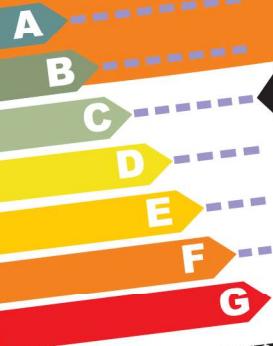
Како ублажити последице?

Да бисмо ублажили негативне последице изазване данашњим енергетским стањем, треба: рационалније и ефикасније користити постојеће изворе енергије; постепено прелазити са фосилних горива на коришћење обновљивих енергетских извора (Сунца, биомасе, ветра, хидроелектрана, геотермалних извора и др.); ограничiti (или искључити) производњу супстанци у којима се издвајају гасови који садрже хлор (тиме се одстрањују главни узрочници настајања озонских рупа); предузимати мере којима се ограничава емисија гасова узрочника ефекта стаклене баште, посебно угљен - диоксида (CO₂).

ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ



Економично



ЕНЕРГЕТСКИ РАЗРЕДИ

Према прописима развијених држава, сви нови електрични уређаји и апарати за домаћинство, морају имати ознаку **енергетског разреда**, која показује њихову просечну потрошњу електричне енергије.

Већина производа на нашем тржишту има ознаке енергетског разреда .

Скала енергетских разреда приказана је стрелицама са словним ознакама од " A " до " G ", при чему су стрелице различите дужине и боје.

Енергетски разред " A " означен је стрелицом зелене боје, која је и најкраћа. Он означава уређај (апарат) са најмањом потрошњом енергије, односно енергетски најефикаснији уређај. Енергетски разред " G " означава уређај са највећом потрошњом енергије, односно најмање енергетски ефикасан уређај.

Већ постоје уређаји, најчешће фрижидери, замрзивачи и њихове комбинације са ознакама " A + " и " A ++ ", или " AA " и " AAA " које стоје поред стрелица за разред " A ". То значи да су производици добровољно побољшали енергетску ефикасност изнад оне која се захтева прописима. **Изаберите (купите) увек уређај са словом " A " или што ближе слову A у абециди.**

Најмање енергије троше уређаји означени словима A, AA и AAA, односно са A+ и A++.

Боли енергетски разред не значи (обавезно) и већу цену производа, али сигурно значи мању потрошњу електричне енергије и мање издатке.



Шта да радимо ако нема налепнице?

Ако уређај (апарат) нема налепницу енергетског разреда, онда затражите од продавца да пронађе тај податак у документацији. У случају да и тада не дођете до тог податка, можда је боље да се определите за неки други производ, али са налепницом .

Вашем коначном опредељењу може допринети податак: машина за прање судова енергетског разреда " A " троши **око 27 % мање** електричне енергије него машина са ознаком " C ".

Ознаке квалитета рада уређаја

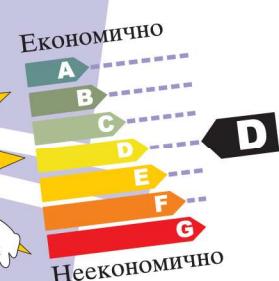
Основне ознаке квалитета рада уређаја од " A " до " G " спичне су словним ознакама енергетског разреда и утврђене су у складу са европским стандардима. Слово " A " гарантује најбоље радне карактеристике, а " G " означава најлошија радна својства уређаја.

Налепнице за сијалице

Поред стандардне ознаке енергетског разреда у облику словне ознаке од " A " до " G ", на кутији сијалице треба да буду исписани и подаци о светлосном флукусу (светлост коју сијалица емитује на одређену површину) у луменима (lm) електрична снага сијалице у ватима (W) и просечно време употребе сијалице у сатима (h).

Сигурно нећете погрешити

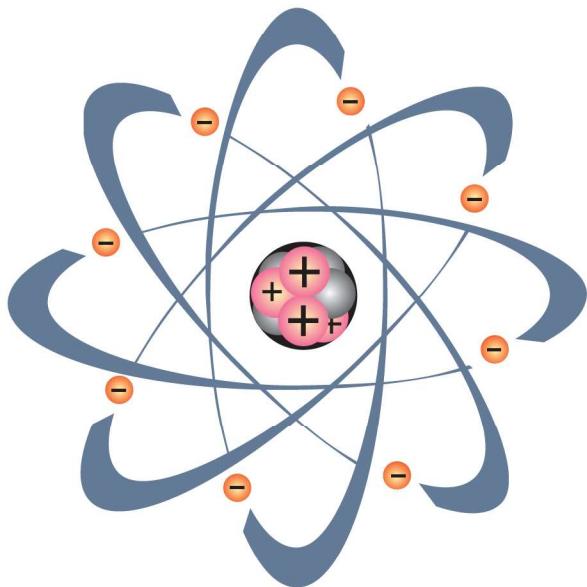
ако купујете уређаје са ознаком " Енергетске звездице - Energy star " јер она гарантује најмању потрошњу електричне енергије (и до 70 %).



ЕЛЕМЕНТИ АТОМСКЕ И НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ

Кључне речи:

атом, атомско језgro, електрон, електронски омотач, нуклеарна сила, радиоактивност, радиоактивни распад, алфа, бета и гама зраци, заштита од нуклеарног зрачења, нуклеарна фисија, нуклеарна фузија, нуклеарни реактори



Пре више од 2500 година, покренута је идеја о атомској структури материје. Тада познати филозофи старе Грчке (Лукреције, Леукит и Демокрит) долазе до закључка да се материја, жива и нежива, састоји из *атома*, невидљивих и недељивих честица. Они даље претпостављају да је бескрајно мноштво облика материје последица различитих кретања и груписања атома.

Током векова представа умних грчких филозофа (Демокрита и других) о атому претрпела је значајне промене, све до сазнања да се атом може делити, односно да је атом сложена честица.

Два значајна открића крајем XIX века: откриће *природне радиоактивности* (Бекерел) и *електрона* (Томсон) неизбриво су потврдила сложену структуру атома.

Следећи корак учињен је 1914. године, када је Ернест Радерфорд (Rutherford, Ernest, 1871–1937) експериментално доказао да атом има позитивно наелектрисано језро око кога круже негативно наелектрисани електрони. Нилс Бор (Bohr, Niels Henrik David, 1885–1962) је убрзо затим објаснио понашање електрона у омотачу атома и дао теоријске основе структуре атома. Истраживања се настављају све до наших дана. Формиране су нове гране физике у којима се изучавају атом и његови саставни делови.

ЕЛЕМЕНТИ АТОМСКЕ И НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ

Прве идеје о атомској структури материје јављају се још у старој Грчкој. Покретнули су их Леукип и његов ученик Демокрит који су живели у V веку пре наше ере. Али, тек крајем XIX века, после низа открића у физици и хемији, постаје јасно да је супстанца изграђена од **молекула и атома**.

У досадашњем проучавању физике, у више на-врата позивали смо се на молекулску и атомску структуру супстанце (сл. 6.1). Приликом проучавања топлотних појава установили смо да су оне последица хаотичног, неуређеног (топлотног) кре-тања молекула. Без познавања структуре атома, по-себно његовог електронског омотача, појава сло-бодних електрона и процеси јонизације атома (мо-лекула) не могу се описати, а још мање објаснити наелектрисавање тела и електрична струја у разним срединама.

Одређене представе о свету атома и молекула формирали сте и на основу саз-нања из хемије. Предстоји нам детаљније упознавање структуре атома, његових ос-новних својстава и одговарајућих процеса.

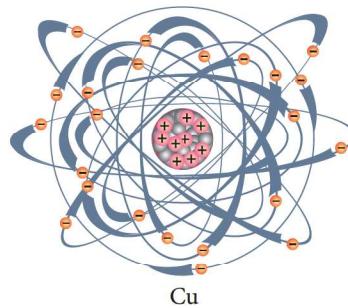
Део савремене физике у коме се изучавају структура атомског (електронског) омотача и његова основна својства, везивање атома у молекуле (хемијске везе), као и одговарајући процеси, назива се **атомска физика**. Утемељена је у првој трећини XX века.

У обради овог поглавља треба да одговоримо и на разна питања која се односе на атомско језгро: од чега се састоји атомско језгро; које силе одржавају саставне делове (протоне и неутроне) језгра у релативно малом делу простора, у самосталној целини; какве трансформације атомског језгра су могуће; који процеси у оквиру атомског језгра могу бити искоришћени у техничко-практичне сврхе? Ово су само нека од фундаменталних питања на која треба да одговори **нуклеарна физика** (фор-мирана 30-тих година XX века).

Јединице у атомској и нуклеарној физици. Све величине којима се описују мо-лекули, атоми, атомска језгра и њихове саставне честице могу се извести помоћу основних величина Међународног система (SI). Исто се односи и на њихове мерне јединице. Међутим, из практичних разлога користе се и додатне (вансистемске) мерне јединице.

Маса електрона, па и атомског језгра и његових саставних честица (протона и неутрона) је веома мала, па се обично не изражава у килограмима или грамима, него у атомским јединицама масе, која се означава са *i*.

Атомска јединица масе је дванаести део масе атома угљеника $^{12}_6\text{C}$.



Сл. 6.1. Атом бакра

Изражена у килограмима, атомска јединица масе [u] износи
 $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Маса једног протона или неутрона приближно је једнака атомској јединици масе.

Енергија у атомској и нуклеарној физици обично се изражава у електронволтима [eV].

Енергију од једног електронволта добија електрон на путу између две тачке међу којима постоји разлика потенцијала од једног волта.

Како је елементарна количина наелектрисања $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, енергија електронволта изражена у џулима (J), према релацији $A = qU$, износи:

$$\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J (CV)}.$$

Веће јединице енергије од једног електронволта су: keV = 10^3 eV, MeV = 10^6 eV итд. (keV = $1,6 \cdot 10^{-16}$ J и MeV = 10^6 eV = $1,6 \cdot 10^{-13}$ J).

СТРУКТУРА АТОМА

Први значајни модел атома био је **Радерфорд-Боров модел атома**. Према том моделу, атом се састоји од позитивно наелектрисаног језгра (нуклеуса) и негативно наелектрисаних **електрона** који круже око језгра (електронски омотач).

Атомско језгро има сложену структуру. Састоји се од две врсте честица: позитивно наелектрисаних **протона** и електрично неутралних **неутрона**. Протони и неутрони уопштено се називају **нуклеони**. Протон и неутрон су приближно истих маса. Један протон или један неутрон има око 1840 пута већу масу од масе електрона. Стога се може сматрати да је скоро сва маса атома концентрисана у његовом језгрлу.

Дакле, **атом садржи три врсте честица, протоне и неутроне у језгру и електроне у атомском омотачу**.

Количине наелектрисања електрона и протона су једнаке по апсолутној вредности. То је најмања количина наелектрисања која се сусреће у природи и то је **елементарна количина наелектрисања (електрицитета)**.

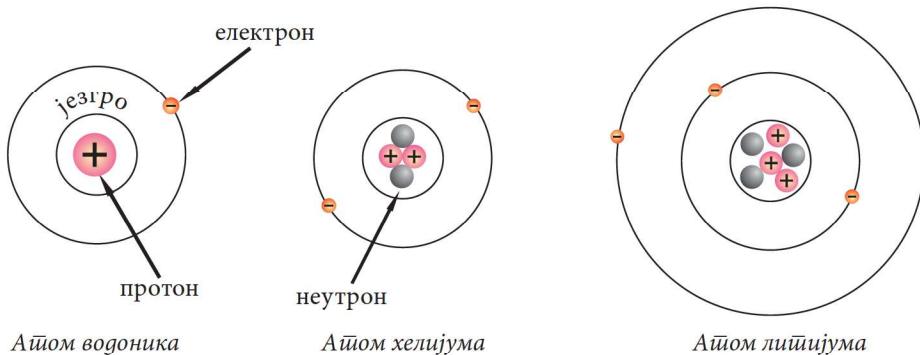
Као целина атоми су електрично неутрални. Позитивно наелектрисање језгра по апсолутној вредности једнако је негативном наелектрисању електрона у омотачу и њихова узајамна деловања се поништавају.

Релативно велике брзине електрона у омотачу атома спречавају њихов „пад“ у атомско језгро (и тако се одржава стабилност атома).

Радерфорд-Боров модел атома може се формално упоредити са Сунчевим планетарним системом. 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 планете условљава гравитациону силу Сунца, а кретање електрона електрична сила атомског језгра. Зато се овај модел атома често назива и **планетарни модел атома**.

Структура атома неких хемијских елемената. Атом водоника, по структури најједноставнији атом, састоји се од једног протона у језгру и једног електрона у омотачу. Атом хелијума има два протона и два неутрона у језгру и два електрона у

омотачу. Језгро атома литијума садржи три протона и три неутрона, а у омотачу има три електрона (сл. 6.2).



Сл. 6.2. Структура најједноставнијих атома

Атом кисеоника садржи осам протона, осам неутрона и осам електрона, а атом урана – 92 протона, 143 неутрона и 92 електрона (сл. 6.3). Вештачки су добијени атоми и са преко 100 протона.

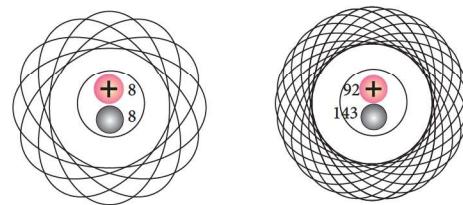
Из наведених примера се види, а то важи и за све атоме, да је број протона у језгру једнак броју електрона у електронском омотачу, па је сваки атом електронеутралан, посматран као целина.

Јонизација атома. У природи су могући процеси у којима се од неутралног атома одваја један или више електрона. Одвојени електрони се називају **слободни електрони** (сл. 6.4), а „остаци“ атома – **позитивни јони**. Дешава се и обрнут процес. Неки од слободних електрона могу да уђу у састав електронског омотача атома. Тако настају **негативни јони**.

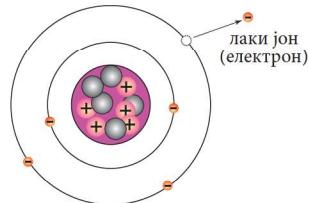
При преласку атома у јон (позитивни или негативни јон) мења се број електрона у електронском омотачу, а не мења се његово језгро.

Димензије атома и атомског језгра. Пречник језгра је реда величине 10^{-15} м, а атомског омотача око 10^{-10} м (сл. 6.5). Значи, пречник језгра је око 10^5 (100 000) пута мањи од пречника атома. Кад би се језгро приказало куглом величине чиодине главе, путање електрона би имале полупречник од око 100 метара.

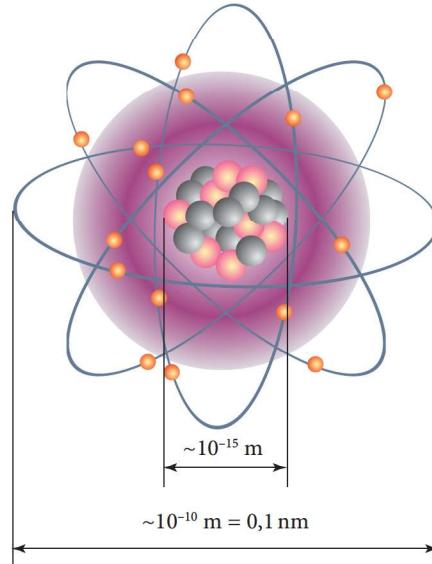
О димензијама атомског језгра може се добити одређена представа на основу упоређења:



Сл. 6.3. Структура сложенијих атома



Сл. 6.4. Јонизација атома



Сл. 6.5. Пречник атома и атомског језгра

радијус протона (језгра водониковог атома) приближно је толико пута мањи од центиметра, колико је пута центиметар мањи од растојања Земље до Сунца (око $150 \cdot 10^6$ km).

ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЈЕЗГРА

Атомско језгро је средишњи део атома у коме је концентрисана практично целокупна маса (протони и неутрони, названи нуклеони) и позитивно наелектрисање атома (сл. 6.6).

Основне карактеристике атомског језгра су **димензије** (реда величине 10^{-15} m), **маса**, **количина наелектрисања**, **атомски (редни) број** и **масени број**.

Маса језгра приближно је једнака укупној маси нуклеона у његовом саставу. Маса протона и маса неутрона приближно су једнаке ($m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg; $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg). Маса електрона износи $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31}$ kg. Однос масе протона и масе електрона строго узето је $m_p/m_e = 1836,12$.

Атомско језгро има позитивну количину наелектрисања Ze , где је e количина наелектрисања протона, Z број протона у језгру, односно **атомски (редни) број хемијског елемента у Мендељевљевом периодном систему**.

Количина наелектрисања протона је позитивна и по апсолутној вредности одговара количини наелектрисања електрона (елементарна количина наелектрисања $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C).

У данашње време су позната језгра са бројем протона од $Z = 1$ до $Z = 107$. Број неутрона у језгру означава се обично са N .

Укупан број протона (Z) и неутрона (N) назива се масени број језира (A):

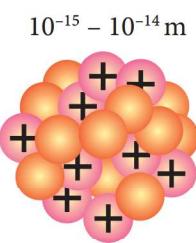
$$A = Z + N.$$

Нуклеонима (протонима и неутронима) приписује се масени број једнак јединици, а електрону – нулта вредност, што се пише на следећи начин: 1p , 1n и 0e .

Пошто је ознака за атомски број (Z) и за масени број (A), језгро атома се у општем случају означава симболима: ${}_Z^AX$, где је са X означен хемијски елемент. (Може се наћи и на ознаку ${}_ZX^A$ која се раније користила.)

Када се прати број протона и неутрона у језгрима различитих хемијских елемената периодног система, може се уочити да је до средине периодног система број протона приближно једнак броју неутрона. Код језгара са већим масеним бројем (A) број неутрона се повећава у односу на број протона, тако да је на крају периодног система хемијских елемената број неутрона око 1,6 пута већи од броја протона.

Атомска језгра са истим атомским бројевима, али са различитим вредностима масеног броја (са различитим бројем неутрона), називају се **изотопи**. Већина хемијских елемената има по неколико релативно стабилних изотопа. На пример, водоник има три изотопа: обичан водоник, деутеријум и трицијум (${}_1^1H$, ${}_1^2H$, ${}_1^3H$); кисеоник их има такође три: ${}_8^{16}O$, ${}_8^{17}O$, ${}_8^{18}O$, уран има више изотопа: ${}_{92}^{233}U$, ${}_{92}^{234}U$, ${}_{92}^{235}U$, ${}_{92}^{236}U$, ${}_{92}^{238}U$, олово чак десет изотопа итд.



Сл. 6.6. Атомско језиро

Маса хемијског елемента се одређује као просечена вредност маса свих његових изотопа узимајући у обзир њихову заступљеност. Тиме се објашњава зашто атомска маса неких хемијских елемената одступа од целих бројева. На пример, атомска маса бора је 10,82, неона – 20,18, хлора – 35, 46, гвожђа – 56,85, кобалта – 58,71, бакра – 63,54, цинка – 65,38, криптона – 83,80 итд. Открићем изотопа установљено је да хемијски елементи у природи најчешће представљају смесу својих изотопа.

НУКЛЕАРНА СИЛА

Нуклеарна сила обезбеђује повезаност нуклеона у атомском језгру и тиме његову релативну стабилност.

Између протона у језгру постоји одбојна електрична сила. Одбијање је толико велико да би ова сила за врло кратко време разорила свако језgro атома у природи. Међутим, то се ипак не догађа, јер између нуклеона у језгру делује и **нуклеарна сила**. **Нуклеарна сила** је привлачног карактера у домену између димензија нуклеона до димензија језгра и око 100 пута је већег интензитета од интензитета електричне силе, а око 10^{40} пута од интензитета гравитационе силе при једнаком растојању између честица. Нуклеарна сила делује како између протона и протона, неутрона и неутрона, тако и између протона и неутрона.

Нуклеарна сила не зависи од наелектрисања нуклеона.

На мањим растојањима од димензија нуклеона (протона и неутрона) нуклеарна сила има одбојни карактер чиме се објашњава да се нуклеони у језгру не претварају (не згрушавају) у компактну целину.

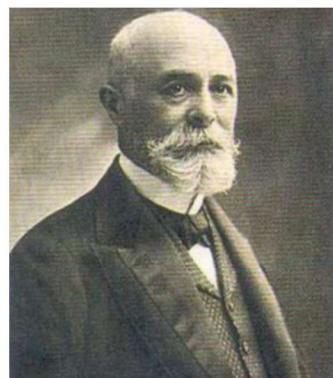
Деловање нуклеарне силе се не опажа у свакодневном животу јер она, за разлику од електричне силе, делује само на врло малим растојањима реда величине димензија језгра (10^{-15} m). Дакле, делује само у унутрашњости атомског језгра и обезбеђује његову релативну стабилност.

ПРИРОДНА РАДИОАКТИВНОСТ

РАДИОАКТИВНО ЗРАЧЕЊЕ

Прва сазнања о атомском језгру формирани су крајем XIX века, тачније 1896. године, када је А. Бекерел (Becquerel Antoine Henri, 1852–1908) открио да уран и његова једињења спонтано испуштају радиоактивно зрачење.

Марија Кери (Maria Skłodowska – Curie, 1867–1934) је са својим супругом Пјером Керијем првима открила радиодугу радиоактивног зрачења и изоловала хемијске елементе радијум и полонијум. За проучавање радиоактивности добила је 1903. године Нобелову награду за физику, заједно са супругом Пјером и Бекерелом. Насправила је истражи-



А. Бекерел

вања радиоактивних елемената и добила и другу Нобелову најраду 1911. године, овој јутра за хемију. Она је прва жена која је добила ову најраду и једина која је два јутра најрађивана овим највећим научним признанијем. Несумњиво је најпознатија жена-научник на свету.

Показано је, да интензитет и својства радиоактивног зрачења не зависе од спољашњих утицаја (осветљености, притиска, температуре итд), што потврђује да је оно посledица искључиво процеса који се одвијају унутар самог језгра.

Природна радиоактивност обично се запажа код тежих, нестабилнијих језгара, код оних хемијских елемената који се налазе на крају таблице периодног система. Међутим, ова појава је откријена и код неких релативно лакших хемијских елемената, као, на пример, што је калијумов изотоп $^{40}_{19}\text{K}$, угљеников изотоп $^{14}_{6}\text{C}$, неки изотопи елемената ретких земаља итд.

Појава спонтаног (без спољних утицаја) претварања нестабилних атомских језгара једног хемијског елемента у језгра других елемената уз емисију алфа-честица, бета-честица и гама-зрачења назива се природна радиоактивност.

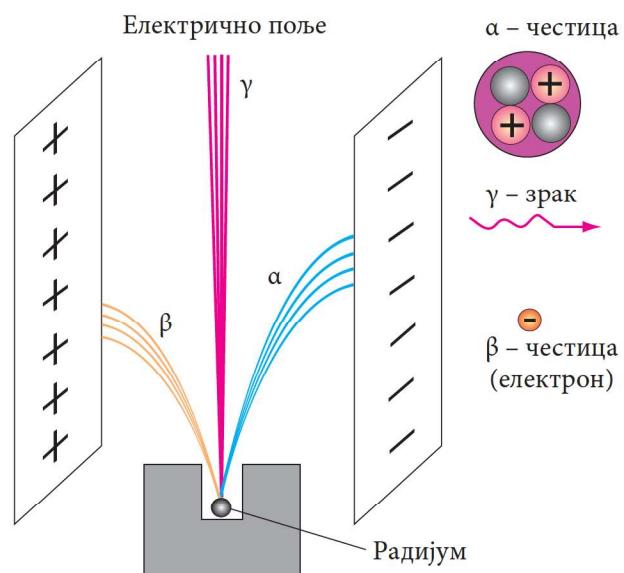
Емисија алфа и бета-честица и гама-зрака у процесу радиоактивности назива се радиоактивно зрачење.

Почетна анализа састава радиоактивног зрачења извршена је на основу отклона (скретања) тог зрачења у електричном и магнетном пољу. На слици 6.7 приказана је шема раздавања а и β -честица и γ -зрака у електричном пољу. У оловном суду се налази радиоактивни слемент-радијум. На основу скретања у електричном пољу утврђено је да су а-честице позитивно наелектрисане, β -честице негативно, а да су γ -зраци електрично неутрални.

Даља истраживања показала су да су а-честице заправо хелијумова језгра, β -честице електрони, а да су γ -зраци електромагнетно зрачење веома малих таласних дужина (великих фреквенција), односно велике енергије.



Марија Киру



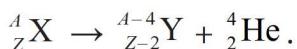
Сл. 6.7. Алфа-, бета-честице и гама-зраци у електричном пољу

АЛФА-РАСПАД

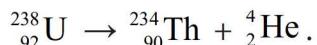
Спонтана трансформација атомског језгра при којој се емитује алфа-честица назива се **алфа-распад**. Алфа-распад је својство тежих атомских језгара хемијских елемената с масеним бројем $A > 200$ и атомским бројем $Z > 82$.

Алфа-честице (хелијумова језгра) састоје се од два протона и два неутрона.

У општем случају, α -распад може се представити симболички:

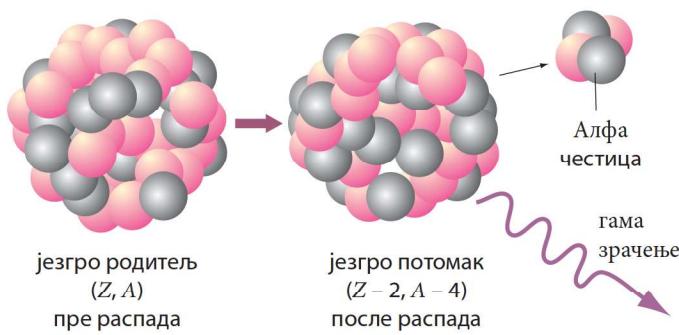


Са X је означен хемијски елемент који се распада (матично језгро), а са Y хемијски елемент који се образује после емисије α -честице (новонастало језгро). Масени број насталог језгра се смањује за четири, а атомски број за два у односу на почетно (матично језгро). То ћемо илустровати примером α -распада урановог изотопа ${}^{238}_{92} U$, после чега настаје торијум (сл. 6.8):



Из претходног примера α -распада (важи и за друге случајеве α -распада) види се да се одржава количина наелектрисања: број протона пре и после трансформације остаје непромењен. При α -распаду укупан број нуклеона (протона и неутрона) такође се не мења, остаје сталан.

Брзина α -честица при излетању из језгра може да буде веома велика (до 10^7 m/s), а кинетичка енергија реда величине неколико MeV. Пролазећи кроз супстанцу, α -честица постепено губи енергију, пошто јонизује њене молекуле (атоме), док се на крају не заустави. На свом путу α -честица може да образује око 10^5 пари јона. Што је већа густина супстанце, то је мањи домет α -честица. Домет α -честице зависи од њене почетне брзине. У ваздуху у нормалним условима домет α -честица износи неколико центиметара, а у чврстој супстанци приближно је реда величине 10^{-3} см. Алфа-честице се практично могу зауставити листом обичне хартије.



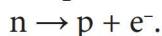
Сл. 6.8. Алфа-распад

БЕТА-РАСПАД

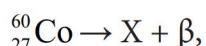
Под бета-распадом подразумева се више облика трансформације нестабилних атомских језгара, али ћемо размотрити само трансформацију при којој настаје **електронски бета-распад** (β^- -распад).

При електронском бета-распаду настају брзи електрони који се називају **бета-честице** (β -честице), а често и **бета-зраци** (равноправни називи).

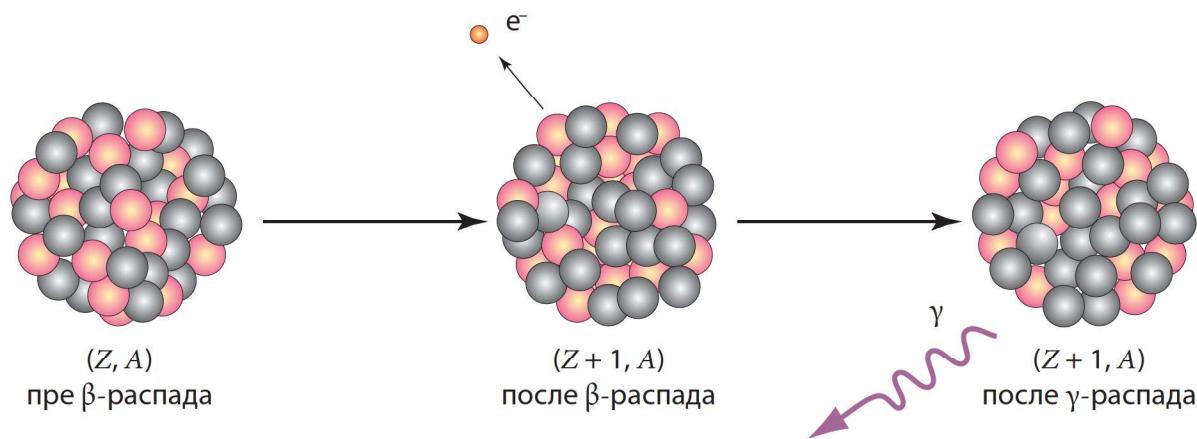
Познато је да се атомска језгра састоје из протона и неутрона и да у језгру не постоје електрони у „готовом“ облику. Како онда објаснити да при њиховим трансформацијама могу да се појаве електрони (β -честице). Постоји следеће објашњење. У процесу бета-распада један од неутрона у атомском језгру претвара се у протон уз ослобођење електрона.



Као пример може се узети бета-распад кобалта $^{60}_{27}\text{Co}$ (сл. 6.9). Језгро овог атома садржи 27 протона и 33 неутрона. Бета-распад овог језгра одвија се по шеми:

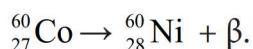


где је X новонастало језгро.



Сл. 6.9. Бета и гама распад

У току радиоактивног распада одржава се број нуклеона и количина наелектрисања. Стога новонастало језгро X има исти број нуклеона као и почетно језгро ($A = 60$), док је број протона у њему $Z = 28$ (јер је језгро напустио негативан електрон). Из периодног система хемијских елемената налази се да је новонастало језгро атома никла ($^{60}_{28}\text{Ni}$), па се може написати:



Дакле, неутрон се трансформише у протон и електрон. Протон остаје у језгру, па се број протона повећава за 1, број неутрона је мањи за 1, па је њихов укупан број и даље остао 60 (непромењен), а електрон (β -честица) излеће из језгра.

При бета-распаду као и код алфа-распада, ослобађа се енергија која прелази у кинетичку енергију продукта распада.

Гама-зраци (γ -зраци). Алфа и бета-распад атомских језгара често прати и емисија **гама-зрака** (што се уочава на сликама 6.8 и 6.9). Јављају се и при другим нуклеарним реакцијама. Гама-зраци су електромагнетни таласи као и светлосни, али много мање таласне дужине, односно много веће енергије и врло су продорни. У великом проценту пролазе чак и кроз бетонски зид дебљине до једног метра.

При гама-распаду атомско језгро не мења атомски број (Z) ни масени број (A), смањује се само његова енергија.

ПЕРИОД (ВРЕМЕ) ПОЛУРАСПАДА

При радиоактивном распаду трансформишу се нестабилна атомска језгра у релативно стабилнија и ослобађа се енергија радиоактивног распада. При сваком распаду један радиоактивни атом пређе у свог потомка. Значи, број радиоактивних атома се у току времена смањује, па се смањује и интензитет зрачења тог извора. За сваку врсту радиоактивних атома карактеристична је величина названа **период полураспада**, која на известан начин одређује брзину распада језгара у радиоактивном извору.

Период полураспада је време за које се почетни број атома неког радиоактивног елемента смањи на половину. Обично се обележава са T .

После два периода полураспада остаје још четвртина нераспаднутих језгара, после три – осмина, после четири – шеснаестина итд. Сваки радиоактивни изотоп има карактеристично време полураспада на које се спољашњим деловањем не може утицати (распад се не може убрзати, успорити или зауставити).

Радиоактивна језгра се распадају, спонтано, сама од себе.

Период полураспада, на пример, за радијум је 1600 година, за гас радон – 4 дана, за кобалт око 5 година, а за уран чак неколико милијарди година! На основу тога није тешко закључити да је уран на Земљи преостао још из времена настајања Сунчевог система.

БИОЛОШКО ДЕЈСТВО РАДИОАКТИВНОГ ЗРАЧЕЊА

Под дејством радиоактивног зрачења мењају се физичка, хемијска и биолошка својства средине кроз коју пролазе.

У процесу јонизације, као што је познато, од неутралних молекула и атома настају јони и слободни електрони. Број јона по јединици дужине пута назива се **специфична јонизација**. Највећа је код алфа-честица, мања је код бета-честица, а најмања код гама-зрачења.

Гама-зрачење најспорије губи енергију при проласку кроз супстанцу. Зато је ово зрачење веома продорно и када споља озрачује човека може продрети до сваког дела тела, па и проћи кроз тело.

Алфа-честице имају велику специфичну јонизацију и зато имају мали домет у ткиву живих бића. Када споља доспевају на људско тело, кожа их у потпуности апсорбује, па не допиру до унутрашњих органа. Али, ако се алфа-радиоактивни елемент или бета-радиоактивни извор унесу у организам удисањем, водом или храном, услед велике специфичне јонизације делују веома разорно на унутрашње органи. Осим тога, поједине радиоактивне супстанце у човечјем телу се гомилају у неким осетљивим органима. На пример, радиоактивни стронцијум у кости. Зато извори

алфа и бета-честица постају посебно опасни по људско здравље када се унесу у организам, о чему треба водити посебно рачуна.

Радиоактивно зрачење, јонизујући молекуле и атоме у живим организмима, доводи до промене стања у ћелијама и спречава њихову нормалну функцију, што може да проузрокује канцерогено обољење или смрт.

Деловање радиоактивног зрачења на неку супстанцу карактерише се величином која је названа **апсорбована доза зрачења** или **доза озрачења**.

Величина чија је вредност одређена односом апсорбоване енергије зрачења и масе означене супстанце назива се апсорбована доза зрачења (доза зрачења).

Мерна јединица за дозу озрачења је **греј** (Gy).

Греј је доза при којој озрачено тело прими енергију зрачења од једног цула по килограму ($Gy = \frac{J}{kg}$).

У живим организмима иста доза различитих врста зрачења изазива различите ефекте, па се, за процену степена озрачења користи тзв. **еквивалентна доза**. Мери се у **сивертима** (Sv). Изражава се такође у цулима по килограму ($Sv = \frac{J}{kg}$).

Уређаји за мерење дозе радиоактивног зрачења (као и било којег јонизујућег зрачења) су **дозиметри**.

Човек је стално изложен зрачењу

Човек је непрекидно изложен јонизујућем зрачењу чији се извори налазе у земљишту, ваздуху, води, као и космичком зрачењу.

За време рендгенског снимања плућа човек прими дозу од приближно 0,5 mSv (милисиверта), бубрега око 2 mSv, мозга 9 mSv, а при прегледу јетре отприлике 50 mSv.

На радиоактивно зрачење најосетљивије су оне ћелије које су врло активне и брзо се множе. Зато, под утицајем радиоактивног зрачења најпре страдају ћелије слезине, коштане сржи, чиме се нарушава процес образовања крви. Органи за исхрану такође су врло осетљиви на радиоактивно зрачење. Радиоактивно зрачење делује и на генетско наслеђе, у већини случајева има негативне последице.

Доза зрачења (за цело тело) од око 10 000 mSv је смртоносна. Доза од 4000 mSv смртоносна је за 50 % озрачених особа. Ако човек прими дозу зрачења до 1000 mSv, обично се може опоравити (без последица) за неколико недеља.

Најмања доза зрачења која може изазвати опажене непосредне последице износи приближно 500 mSv, при чему долази до промене у крвној слици уз појаву мучине и повраћања.

Опасност од радиоактивног зрачења по човека повећава се тиме што у тренутку озрачења нису приметне последице (осећаји бола и слично), чак и када су дозе смртоносне.

Примене радиоактивног зрачења

Прве примене радиоактивног зрачења биле су усмерене у научна истраживања, пре свега, на испитивање структуре супстанце.

Радерфорд је 1911. године извео познати оглед расејање а-честица на металним фолијама. Он је фолије злата и платине „бомбардовао“ а-честицама емитоване из природног извора (полонијума). На основу резултата тог огледа Радерфорд је дошао и до првог значајног модела атома. Тада је допунио Нилс Бор, па се касније назвао **Радерфорд-Боров модел атома**.

Бета-честице и гама-зраци такође се користе као пројектили за проучавање супстанце, посебно кристала.

Радиоактивно озрачавање живих бића може имати позитивне ефекте. Како су ћелије злоћудних тумора, које се брзо множе, много осетљивије на радиоактивно зрачење него нормалне (здраве) ћелије, на томе је засновано лечење малигних оболења.

Неке мутације изазване радиоактивним зрачењем могу довести и до позитивних промена код поједињих врста биљног и животињског света. На тој бази засноване су разне методе у селекцији нових сорти пшенице, кукуруза, овса, јечма и других култура као и неких пасмина животиња. Радиоактивно зрачење користи се и за стерилисање медицинских инструмената и за одржавање хране

ЗАШТИТА ОД РАДИОАКТИВНОГ ЗРАЧЕЊА

Марија Кири је умрла од леукемије, што се сматра последицом њеног дуготрајног излагања радиоактивном зрачењу. У време њеног рада с радиоактивним елементима опасности од њиховог зрачења нису биле познате и радило се без икакве заштите. Њене бележнице из доба истраживања радиоактивности још су и данас толико радиоактивне да их је опасно листати.

У спровођењу превентивних мера и заштите од радиоактивног зрачења, често се користе два термина: **радиолошка контаминација** (загађивање радиоактивним материјалом) и **деконтаминација** (његово отклањање).

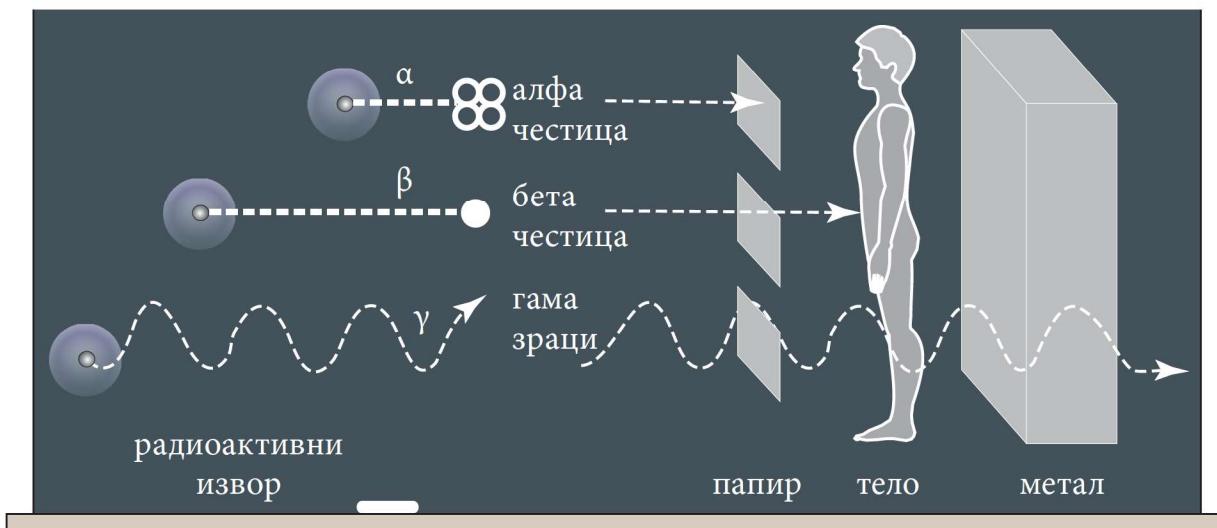
Знак упозорења на опасност од радиоактивног зрачења приказан је на слици 6.10.

Радиоактивни извори се, када нису у употреби, чувају у оловним судовима дебелих зидова. За чување алфа и бета радиоактивних извора могу се користити посуде од пластичних маса или алуминијума, јер њихова зрачења нису тако продорна као гама-зраци. Продорност поједињих врста радиоактивног зрачења приказана је на слици 6.11.

Алфа и бета радиоактивне супстанце су веома опасне по људско здравље ако се исхраном, водом или удисањем радиоактивних парова унесу у организам. Тада могу озбиљно угрозити човеково здравље (о томе треба посебно водити рачуна).



Сл. 6.10. Знак упозорења на опасност од радиоактивног зрачења



Сл. 6.11. Продорност радиоактивног зрачења

Особе које раде на нуклеарним реакторима или медицинско особље које рукује радиоактивним препаратима при лечењу пацијената мора имати заштитну одећу и обућу. Осим тога, користе се и заштитни паравани, кецеље и слично (што смо имали прилике да видимо при рендгенским снимањима).

При раду са било којим извором радиоактивног зрачења треба се придржавати мера посебне заштите које су прописане за сваку конкретну ситуацију.

Најједноставнији метод заштите је што више се удаљити од извора зрачења. Ампуле са радиоактивним препаратима не треба узимати рукама, већ треба користити специјалне алате са дугачком ручком и слично. У новије време, употреба радиоактивних извора као и заштита од радиоактивног зрачења су аутоматизовани и често се користе специјално опремљени роботи.

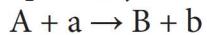
ВЕШТАЧКА РАДИОАКТИВНОСТ

Радиоактивност изотопа хемијских елемената добијених у нуклеарним реакцијама назива се **вештачка** или **индукована радиоактивност**.

Под **нуклеарном реакцијом** обично се подразумева трансформација атомског језгра неког хемијског елемента изазвана сударом са α -честицом, β -честицом (електроном), протоном, неутроном...

По правилу, у нуклеарним реакцијама учествују два језгра и две честице. Почетни пар језгро-честица је полазни, а нови пар језгро-честица је коначни продукт реакције.

Нуклеарна реакција симболично се приказује у облику:



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.

Како „пројектили“ за изазивање нуклеарних реакција могу се користити а-честице, β-честице (електрон), протон, неутрон и друге честице.

Постоје нуклеарне реакције при којима се као продукти добијају нова нестабилна, радиоактивна језгра изотопа хемијских елемената којих нема у природи јер имају веома кратко време полураспада. На основу тога може се дати и следећа дефиниција:

Претварање стабилних атомских језгара у нестабилна језгра подложна радиоактивном распаду назива се вештачка радиоактивност.

Вештачка радиоактивност се испољава као и природна радиоактивност емисијом а-честица, β-честица, гама-зрачења и других честица и формирањем новог језгра.

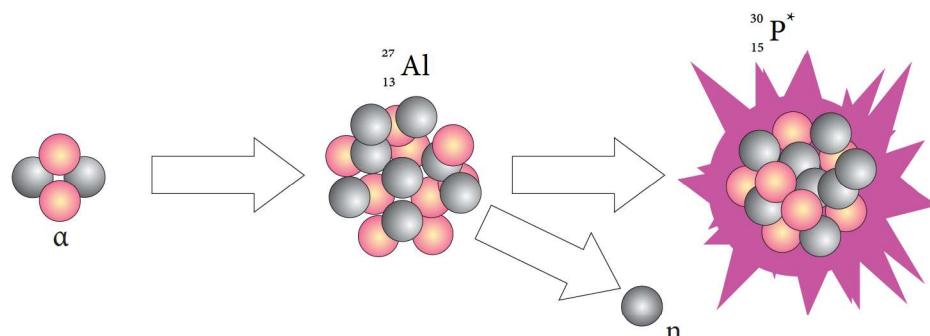
Ирена и Фредерик Жолио Кирி први су успели да путем нуклеарних реакција произведу вештачке радиоактивне елементе (1934). Они су а-честицама бомбардовали језгра атома алуминијума и добили радиоактивни изотоп фосфора и један неутрон (сл. 6.12).



Изотоп фосфора даље се распада и прелази у стабилан изотоп силицијума.

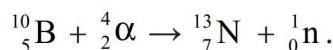
Ирена Жолио-Кирி
(1897–1956)

Фредерик Жолио-
Кир (1900–1958)



Сл. 6.12. Пример вештачке радиоактивности

Како пример вештачке радиоактивности може се узети и претварање стабилног натријумовог изотопа под дејством неутрона у радиоактивни изотоп такође на- тријума, који се путем β-распада трансформише у стабилни изотоп магнезијума. Или пример, у коме језгро атома бора под дејством а-честице прелази у језгро изотопа азота уз ослобођење неутрона:



Вештачка радиоактивност, односно радиоактивни изотопи, све више се практично примењује у науци и техници, а нарочито у медицини за лечење малигних оболења.

* Звездичком је означено да је језгро атома изотопа фосфора (${}_{15}^{30}\text{P}$) нестабилно (време полураспада свега 2,6 минута) и врло подложно радиоактивном распаду.

Проучавањем својстава честица које емитују вештачки радиоактивни изотопи добијају се корисне информације о структури атомског језгра.

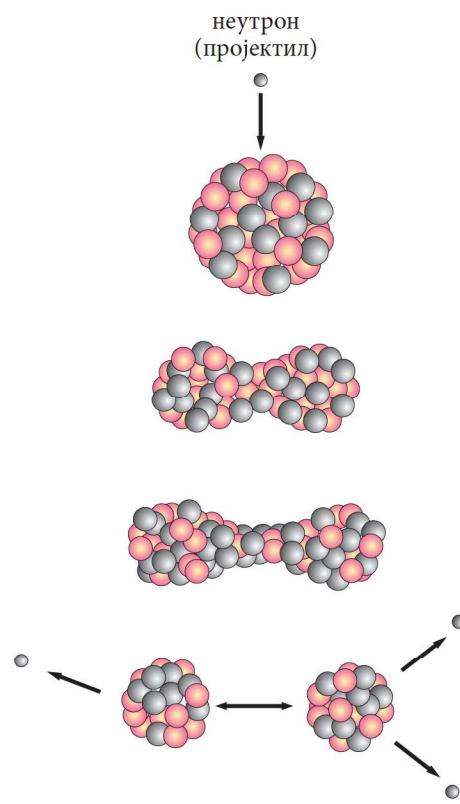
НУКЛЕАРНА ФИСИЈА

Посебна врста нуклеарних реакција је **нуклеарна фисија** (деоба, цепање) атомског језгра неког хемијског елемента.

Нуклеарна реакција у којој се атомско језгро цепа (дели) на два, ређе три нова језгра, при чему се емитују два до три неутрона и гама-зраци уз ослобођење релативно велике енергије, назива се **нуклеарна фисија** (сл. 6.13). Остварује се обично код атома са већим масеним бројем, односно код хемијских елемената који су при крају периодног система: торијума, урана, плутонијума и других.

Нуклеарна фисија реализује се обично дељивањем неутрона (може и других честица) на језгра подложна фисији као што су торијум, уран, плутонијум итд.

Енергија која се ослобађа при фисији једног језгра атома, нпр. изотопа урана $^{235}_{92}\text{U}$, износи око 200 MeV. Највећи део те енергије односи се на кинетичку енергију новоасталих језгара (око 168 MeV). Остали део енергије распоређује се на кинетичку енергију неутрона, β -честица и гама-зрачења које прати процес фисије. Током фисије језгра атома садржаних у једном граму урана $^{235}_{92}\text{U}$ издваја се енергија око $8 \cdot 10^{10}$ J. Продукти фисије (новоастала језгра) у већини случајева су радиоактивни и серијским β -распадима и испуштањем γ -зрака они прелазе у нова, стабилнија или стабилна атомска језгра.

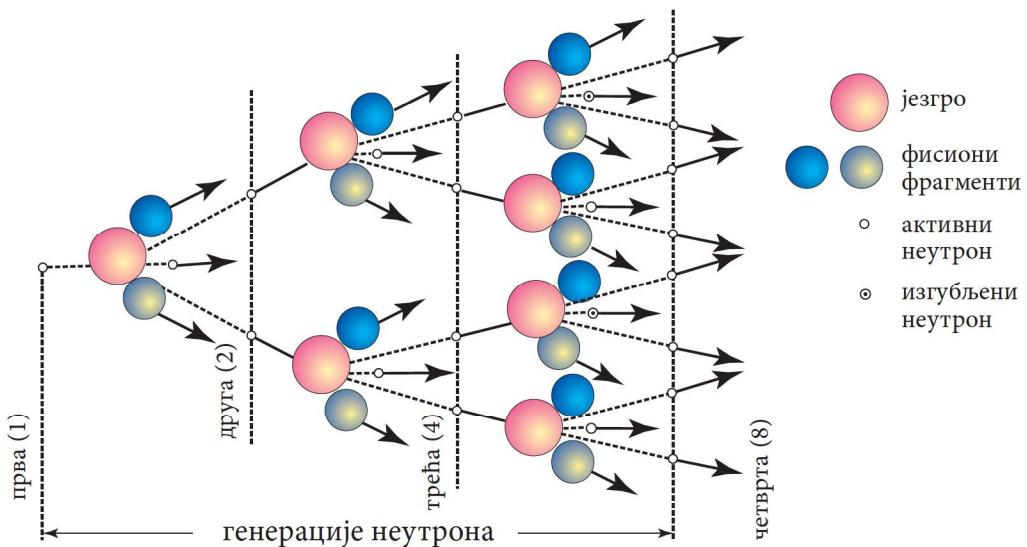


Сл. 6.13. Фисија (деоба) атомске језира

Нуклеарна ланчана реакција

Током фисије (деобе) сваког појединачног језгра издваја се просечно, као што је речено, релативно велика енергија (око 200 MeV по језгру атома урана). Али, то је одвећ мала вредност енергије да би могла имати неку практичну примену. Практична употреба подразумева много веће вредности енергије. Толика вредност енергије може се добити ако у фисионом процесу истовремено, у кратком интервалу времена учествује велики број језгара атома. Повољна је околност што процес фисије практична емисија неутрона (2 до 3 неутрона по једном догађају). Ови неутрони могу имати

велику улогу и посебан значај кад је реч о одржавању интензитета, контроли и управљању фисионим процесом. У сударима са суседним језгрима, претходно ослобођени неутрони могу проузроковати деобе нових језгара, повећавајући тако интензитет фисионог процеса. Буран процес фисије атомских језгара доводи до **ланчане реакције** (сл. 6.14).



Сл. 6.14. Нуклеарна ланчана реакција

Процес у коме се у кратком времену (реда величине микросекунде) остварује фисија огромног броја атомских језгара назива се **ланчана нуклеарна реакција**.

Минимална маса фисионе супстанце у којој је могуће остварити процес ланчане реакције назива се **критична маса**. Запремина која одговара тој маси нуклеарне супстанце је тзв. **критична запремина**.

У процесу нуклеарне ланчане реакције, с обзиром на то да је реч о огромном броју фисионих догађаја, ослобађа се, углавном у облику топлоте, изузетно велика енергија. На пример, при деоби свих језгара садржаних у једном граму урана издваја се енергија која се добија при сагоревању 5 тона угља или око 3000 литара нафте.

НУКЛЕАРНА ФУЗИЈА

Поред фисије (деобе) тешких атомских језгара, постоји још једна врста, у практичном смислу веома значајна и перспективна нуклеарна реакција, назvana **нуклеарна фузија** (спајање атомских језгара лакших хемијских елемената).

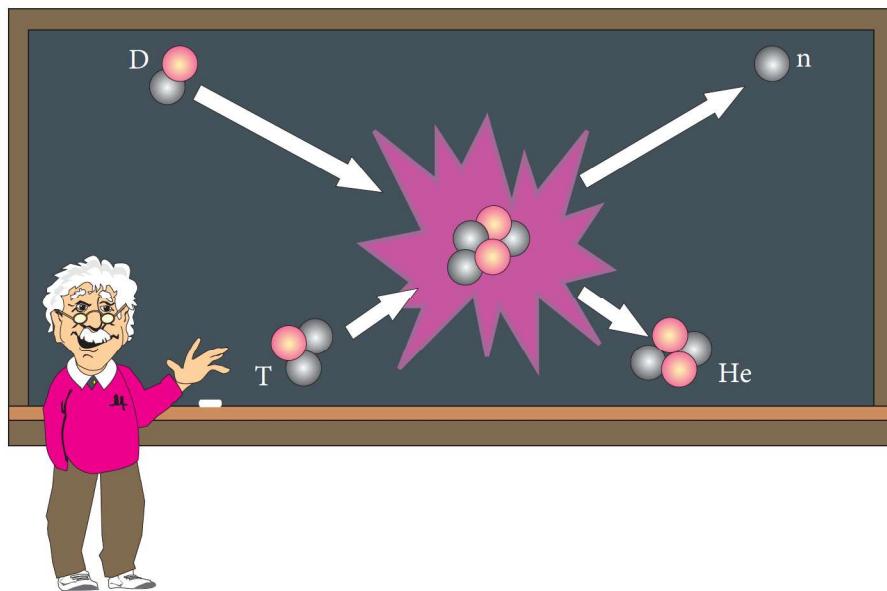
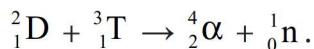
Процес нуклеарне фузије не може се остварити у обичним условима. Као што је познато, атомска језгра, поред неутралних неутрона, садрже и позитивно наелектрисане протоне. Да би се два језгра спојила (фузионисала) она треба да се приближе на међусобно растојање реда величине пречника атомског језгра. На мањим растојањима

ма привлачне нуклеарне сile надвладавају одбојне електричне сile и тада може доћи до спајања два атомска језгра. Да би се она (а тиме и њихови протони приближили на тако мало растојање, потребно је да атомска језгра расположу веома великим кинетичким енергијама (брзинама). То се може постићи загревањем њихове смеше до врло високих температурама, преко 10^7 К. Зато се процес фузије атомских језгара често назива и **термонуклеарна реакција**.

Нуклеарна реакција у којој долази до спајања (фузије) два атомска језгра лаких елемената и формирања тежег језгра, уз ослобођење релативно велике енергије и честица, назива се *нуклеарна фузија*.

У извесном смислу, фузија језгара атома лаких елемената је процес супротан процесу фисије (деобе) језгара атома тешких елемената. У једном случају долази до деобе једног језгра на два нова језгра, а у другом од два језгра образује се ново језгро. Са енергетског становишта фузија је слична фисији јер се у оба случаја ослобађа огромна енергија, око милион пута већа од хемијске енергије, нпр. енергије сагоревања нафте или угља.

Један од примера фузије посебно је интересантан и има перспективу да се у пракси примени као алтернативни извор енергије. Реч је о спајању водониковых изотопа: ${}_1^2D$ и ${}_1^3T$. У тој нуклеарној реакцији настају језгро атома хелијума и неутрон уз ослобађање релативно велике енергије (сл. 6.15):



Сл. 6.15. Нуклеарна фузија

Фузиони процеси (термонуклеарне реакције) одвијају се на Сунцу (вероватно и у другим звездама) у облику термонуклеарних циклуса. У тим процесима се издваја енергија на рачун фузије језгра водониковых атома у језгра атома хелијума. Енергија Сунчевог зрачења (као и зрачења звезда) највероватније води порекло од термонуклеарних реакција.

Треба посебно истаћи да су сви ти термонуклеарни циклуси затворени и да се непрекидно одвијају ослобађајући огромну енергију. Део те енергије доспева до нас, а и у космички простор уопште преко електромагнетног и космичког зрачења.

Термонуклеарне реакције доводе, у крајњој линији, до смањења најлакшег хемијског елемента (водоника) на Сунцу. Међутим, прорачуни показују да су његове залихе толике да се оне у термонуклеарним процесима не могу исцрпити за следећих неколико милијарди година. Зато се не треба плашити да ће термонуклеарни извори енергије на Сунцу убрзо „пресушити“ и да ће се наше Сунце, бар у наредних неколико милијарди година угасити.

ПРИМЕНА НУКЛЕАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Установили смо да се у нуклеарним реакцијама, посебно у процесу фисије и фузије, ослобађа релативно велика енергија. На пример, по једном фисионом распаду језгра атома урановог изотопа $^{235}_{92}\text{U}$ око 200 MeV ($\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$). Међутим, практична примена захтева знатно веће вредности енергије. Толика вредност енергије може се добити ако у фисионом процесу (а то се односи и на фузиони процес) учествује огроман број атомских језгара. То се може остварити, као што смо утврдили, у процесу нуклеарне ланчане реакције.

Технички уређај (постројење или систем) у коме се остварује, одржава и контролише нуклеарна ланчана реакција назива се нуклеарни реактор.

Као нуклеарно гориво у реактору користе се уранови изотопи, плутонијум, а у неким случајевима и торијум.

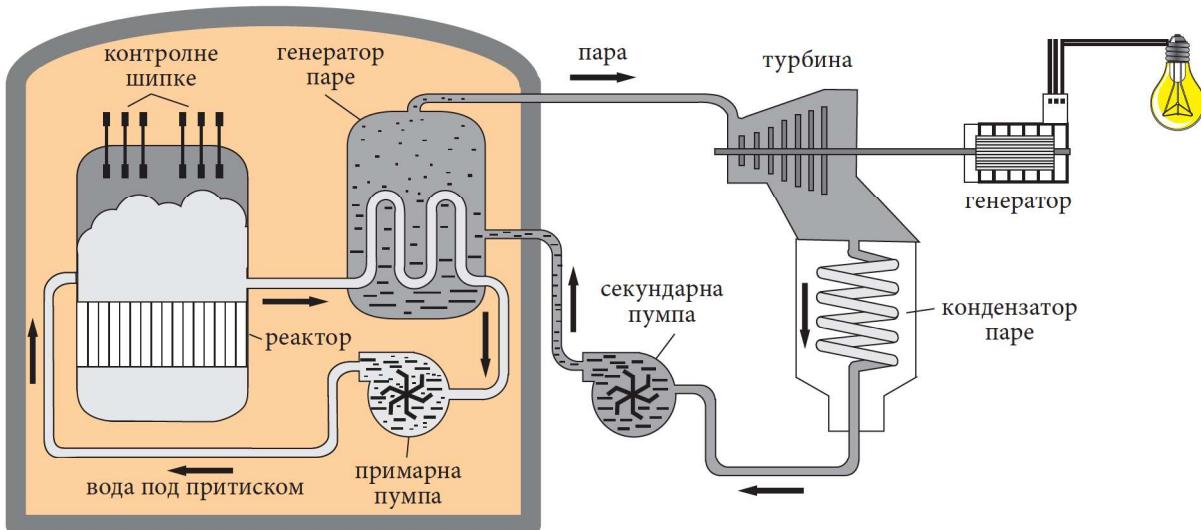
Већи део енергије који се ослобађа у нуклеарној ланчаној реакцији, издваја се у облику топлотне енергије која се може одводити из нуклеарног реактора и користити за покретање разних топлотних машина, нпр. парних турбина помоћу којих се производи електрична енергија. Реактори мањих димензија користе се за погон нуклеарних бродова и подморница.

Постоји и посебна врста реактора за производњу фисионог материјала, углавном плутонијума, који се користи као нуклеарно гориво за атомске, тачније нуклеарне бомбе. Прва нуклеарна бомба бачена је над Хирошимом 1945. године. Тек 1955. године, у Женеви одржана је прва Међународна конференција о коришћењу нуклеарне енергије у мирнодопске сврхе. Наредних година уложени су велики напори за развој нуклеарне технике.

Важна је примена нуклеарних реактора у научноистраживачком раду. Они се користе и као извори неутрона и гама-зрака који служе за добијање радиоактивних изотопа. Радиоактивни изотопи имају значајну примену у медицини и пољопривреди.

Нуклеарна електрана. То је нуклеарно постројење (технички систем) у којем се нуклеарни реактор користи за добијање прегрејане водене паре која, посредством парне турбине, покреће генератор електричне струје.

Производња електричне енергије у нуклеарној електрани приказана је на слици 6.16.



Сл. 6.16. Нуклеарна електрана

Прва нуклеарна електрана пуштена је у рад 1954. године у СССР-у. Њена снага износила је свега 500 kW. Снага данашњих нуклеарних електрана често је већа од 1000 MW.

По аналогији с нуклеарним реакторима, у којима се остварује контролисана ланчана реакција фисије језгра атома урана, плутонијума, торијума и других хемијских елемената, технички системи (постројења) за остваривање интензивних реакција фузије (синтезе) језгра атома лаких хемијских елемената, названи су **термонуклеарни реактори**. На том плану се доспело углавном само до теоријских решења. Коначно решење тог проблема допринело би решавању све израженије енергетске кризе и ублажило би еколошко стање, које све више угрожава човеков опстанак на Земљи. Фузиони процеси имају предност над фисионим јер не производе радиоактивне отпадне материјале.

СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

• Област физике у којој се изучава структура атома и молекула, као и појаве које се односе на електронски омотач атома назива се **атомска физика**.

• Нуклеарна физика је део савремене физике у којој се проучавају основна својства и структура атомских језгара као и њихове трансформације.

• Најмања електрично неутрална честица хемијског елемента која има његова хемијска својства назива се **атом**. Састоји се од **језгра** и **електронског омотача**. Атомско језгро садржи позитивно наелектрисане **протоне** и електрично неутралне **неутроне**. У омотачу се налазе негативно наелектрисани **електрони** који круже око језгра. Број протона једнак је броју електрона и зато је атом електрично неутрална честица.

Маса једног протона или једног неутрона је око 1840 пута већа од масе електрона. Стога се може сматрати да је целокупна маса атома концентрисана у његовом језгру.

Пречник атома је реда величине 10^{-10} m, док је пречник језгра 100 000 пута мањи (10^{-15} m).

Број протона у језгру назива се **атомски (редни) број атома**. Означава се са Z и он одређује место хемијског елемента у периодном систему. Број неутрона у језгру атома обележава се са N .

Укупан број протона и неутрона у атомском језгру је **масени број**. Обележава се са A , где је $A = N + Z$. Језгро нпр. угљеника приказује се симболично: $^{12}_6C$, што значи да ово језгро садржи 6 протона и 6 неутрона, односно да је: $Z = 6$, $N = 6$ и $A = Z + N = 12$.

• Маса електрона, атомског језгра и његових саставних честица (протона и неутрона) као и других микрочестица обично се изражава у **атомским јединицама масе (u)**.

Атомска јединица масе је дванаesti део масе атома угљеника $^{12}_6C$. Изражена у килограмима, атомска јединица масе износи

$$u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Маса једног протона или неутрона приближно је једнака атомској јединици масе.

Енергија у атомској и нуклеарној физици најчешће се исказује у електронволтима (eV).

Енергију од једног електронволта има електрон, протон или нека друга честица са елементарном количином наелектрисања која из стања мировања пређе пут између две тачке са потенцијалном разликом од једног волта:

$$\text{eV} = 1,66 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

- Између протона и неутрона (нуклеона) у атомском језгру делује **нуклеарна сила** и она обезбеђује његову релативну стабилност. Нуклеарна сила има кратак дomet (реда величине пречника језгра). Дакле, она делује само унутар атомског језгра. Интензитет нуклеарне сile је око 100 пута већи од интензитета електричне сile, а око 10^{40} пута од интензитета гравитационе сile.

Нуклеарна сила не зависи од наелектрисања нуклеона. Она делује како између протона и протона, неутрона и неутрона, тако и између протона и неутрона.

- Појава спонтаног (без спољашњих утицаја) претварања нестабилних атомских језгара једног хемијског елемента у језгра других елемената уз емисију алфа-честица, бета-честица и гама-зрачења назива се **природна радиоактивност**.

Природно радиоактивно зрачење чине: алфа-честице (хелијумова језгра), бета-честице (електрони) и гама-зрачење (електромагнетни таласи мале таласне дужине, односно велике фреквенције (енергије)).

- **Период полураспада** је време за које се почетни број атома неког радиоактивног елемента смањи на половину.

Под дејством радиоактивног зрачења настаје јонизација атома (молекула) средине кроз коју пролази. Услед тога мењају се физичка, хемијска и биолошка својства те средине. У живим организмима то доводи до промена у ћелијама и спречава њихову нормалну функцију што се негативно одражава на човеково здравље.

Величина чија је вредност одређена односом апсорбоване енергије зрачења и масе озрачене супстанце назива се **апсорбована доза зрачења (доза зрачења)**.

Мерна јединица доза озрачења је **греј (Gy)**.

Греј је доза при којој озрачено тело прими енергију зрачења од једног цула по килограму ($Gy = \frac{J}{kg}$).

У живим организмима иста доза разних врста зрачења изазива различите ефекте, па се за процену степена озрачења користи тзв. **еквивалентна доза**. Мери се у **сивертима (Sv)**. Изражава се такође у цулима по килограму ($Sv = \frac{J}{kg}$).

- **Радиолошка контаминација** је загађивање радиоактивним материјалом, а **деконтаминација** је његово отклањање.

За чување алфа- и бета- радиоактивних извора користе се кутије од пластичних маса или алуминијума, јер њихова зрачења имају малу продорност.

Алфа и бета радиоактивне супстанце су веома опасне по људско здравље ако се исхраном, водом или удисањем радиоактивних парова унесу у организам.

Извори гама зрачења чувају се у оловним судовима дебљине и до једног метра.

• Нуклеарна реакција у којој се атомско језгро цепа (дели) на два, ређе три нова језгра, при чему се емитују два до три неутрона и гама- зраци уз ослобађање релативно велике енергије, назива се **фисија**. Остварује се обично код атома са већим масеним бројем као што су торијум, уран, плутомијум и дрги.

Процес у коме се у кратком времену (реда величине једне микросекунде) остварује фисија огромног броја атомских језгара назива се **ланчана нуклеарна реакција**.

• **Нуклеарна фузија** је нуклеарна реакција у којој се спајају два атомска језгра лаких елемената у теже језгрог, уз ослобађање релативно велике енергије и честица.

• Технички уређеј (постројење или систем) у коме се остварује, одржава и контролише нуклеарна ланчана реакција назива се **нуклеарни реактор**.

Нуклеарна електрана је технички систем (постројење) у коме се нуклеарни реактор користи за добијање прегрејане водене паре која, посредством турбине, покреће генератор електричне струје.

Прва нуклеарна електрана пуштена је у рад 1954. године у СССР-у. Њена снага износила је свега 500 kW. Снага данашњих нуклеарних електрана често је већа од 1 000 MW.

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Дефинишите атом.

Атом је најмања електрично неутрална честица хемијској елеменита, која има његова својства и која се хемијским путем не може даље разложи.

2. Како гласи дефиниција молекула?

Молекул је најмања честица супстанце која има њена хемијска својства, а састоји се од одређеној броја истих атома (хемијски елементи) или различитих атома (сложена супстанца, јединење) везаних у целину хемијским везама.

3. Од којих честица се састоји атом?

Атом се састоји од нејативно наелектрисаних електрона (омотач атома), позитивно наелектрисаних протона и електрично неутралних неутрона.

4. У каквом односу су бројеви електрона у атомском омотачу и протона у атомском језгру?

Број електрона у омотачу атома једнак је броју протона у језиру.

5. Од чега се састоји атомско језгро?

Атомско језиро се састоји из протона и неутрона, који се једним именом називају нуклеони.

6. Која сила одржава нуклеоне у атомском језгру?

Нуклеоне у атомском језиру одржава нуклеарна сила. Интензитет нуклеарне силе је око 100 пута већи од интензитета електричне силе, а од интензитета првицијоне силе реда величине 10^{40} пута. Има кратки домен, реда пречника атомског језира (10^{-15} m). На распојањима мањим од пречника нуклеона (испод 10^{-16} m) има одбојни карактер.

7. Ред величине радијуса атомског језгра је:

- a) 10^{-8} m, б) 10^{-12} m, в) 10^{-15} m, г) 10^{-20} m?

Пог в)

8. Ред величине радијуса атома је:

- a) 10^{-10} m, б) 10^{-8} m, в) 10^{-12} m, г) 10^{-6} m?

Пог а)

9. Шта су изотопи хемијског елемента?

Језира која имају исти број ириона, а различите бројеве неутрона називају се изотопи хемијској елемената.

10. Познато је да нуклеарне силе не зависе од наелектрисања. Шта то конкретно значи?

Вредност нуклеарне силе између: ириона-ирiona, ириона-неутрона и неутрона -неутрона је иста, иод условом да се њарови ових честица налазе на једнаким међусобним распојањима. Нуклеарна сила, dakле, не зависи од наелектрисања честица.

11. Која од наведених сила (интеракција) има највећи интензитет у атомском језгру:

- а) електрична; б) нуклеарна; в) магнетна; г) гравитациона?

Под б)

12. Код којих хемијских елемената се запажа природна радиоактивност?

Природна радиоактивност запажа се првенствено код шешиких елемената као што су: уран, титанијум, торијум као и неких лакших елемената (калијум).

13. Шта је вештачка (индукована) радиоактивност?

Трансформација стабилних атомских језара хемијских елемената изазвана вештачким јутем (нуклеарним реакцијама), назива се вештачка (индукована) радиоактивност.

14. Наведите физичаре који су посебно заслужни за проучавање радиоактивности.

Природну радиоактивност је открио Бекерел (1896). Марија Кери са супругом Пјером Керијем установила је природу радиоактивности и изоловала радиоактивне елементе радијум и титанијум. Истраживања Марије и Пјера Керија наставила је њихова кћерка Ирена Кери-Жолио.

15. Дефинишите време (период) полураспада атомског језgra.

Период полураспада је време за које се број радиоактивних језара у неком радиоактивном узорку смањи за једну половину у односу на њихов почетни број.

16. Шта је нуклеарна реакција и како се симболично приказује?

Нуклеарна реакција је трансформација атомских језара изазвана њиховим узајамним деловањем или деловањем честица као што су α -честице, електрони, ириони, неутрони и друге. Симболично се приказују у облику: $a + A \rightarrow B + b$, или

А (а, б) В, где су А и В йочећи и коначно језиро; а и в йолазна и коначна честица у реакцији.

17. Шта знате о дејству радиоактивног зрачења (алфа, бета-честица и гама зрака) на живи свет?

При проласку кроз разне средине радиоактивно зрачење изазива процес јонизације. У процесу јонизације, као што је познато, од неутралних атома или молекула настају јони и слободни електрони. Ако радиоактивно зрачење пролази кроз живи организам (човеково тело), оно у ћелијама изазива јонизацију, тако да оне нису више у стању да нормално функционишу. Тиме се нарушава човеково здравље.

18. Описите настајање нуклеарне ланчане реакције. Где се користи тај процес?

Када се неутронима бомбардују језира урана $^{235}_{92}\text{U}$ долази до фисије, при чему се, осим два лакша језира, издвајају два до три неутрона који почињају ново језиро $^{235}_{92}\text{U}$. Она се такође цејају на два лакша језира и тако процес фисије атомских језира постaje све интензивнији. Описанi нуклеарни процес назива се ланчана реакција. У процесу ланчане реакције ослобађа се отромна енергија. Користи се за производњу електричне енергије, појон бродова, подморница, ракета итд. Неконтролисана (бурна) нуклеарна ланчана реакција се овија при експлозији атомске, тачније нуклеарне бомбе и при употреби нуклеарног оружја.



19. Шта су нуклеарни реактори и каква је њихова намена?

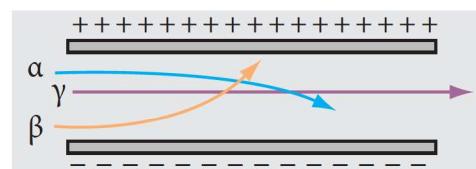
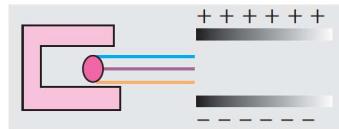
Нуклеарни реактори су техничка постројења (уређаји) у којима се овија контролисана ланчана нуклеарна реакција. Користе се у научноистраживачке сврхе, производњу електричне енергије (нуклеарне електране), појон бродова, подморница, добијање радиоактивних изотопа који се примењују у медицини, индустрији, пољопривреди и нажалости за нуклеарно наоружање.

20. Савремено развијени свет све више оптерећује нуклеарни отпад. Како се можемо од њега заштитити?

Нуклеарни отпад углавном чине производи преостали после „сајревања“ нуклеарног горива у процесу ланчане реакције. Садржи значајне количине радиоактивних елемената који емитују штетно јонизујуће зрачење. Да бисмо се заштитили од тог радиоактивног отпада, он се одлаже у специјално приремљену бурад која се склашиће на шешко приступачним месетима удаљеним од насеља или обрадивог земљишта. То су најчешће најутишени рудници, дна океана или дубоке јаме обложене дебелим специјално урађеним бетонским зидовима.

21. Из извора радиоактивног зрачења емитују се паралелни спонови α -честица, β -честица и гама зраци. Уцртајте на слици њихове путање између плоча наелектрисаног кондензатора (слика).

Како су α -честице јозићивно наелектрисане оне ће скренути ка нејазивној плочи кондензатора, β -честице (нејазивни електрони) јрема јозићивној плочи кондензатора, а γ -зраци пролазе између плоча кондензатора без скрећања.



22. Електрон се у хомогеном магнетном пољу креће по круглој путањи близином сталне вредности. Израчунати интензитет брзине и интензитет центрипеталне сile која делује на електрон, ако је центрипетално убрзање $3 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, а радијус његове путање износи 15 cm.

$$\text{Подаци: } a = 3 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, r = 15 \text{ cm}, m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; F = ? v = ?$$

Знамо да је интензитет центрипеталне силе:

$$\frac{mv^2}{r} = F, \text{ односно } \frac{mv^2}{r} = ma,$$

$$\text{одакле је: } v = \sqrt{ar} = 6,71 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Интензитет центрипеталне силе која делује на електрон је:

$$F = ma = 2,73 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

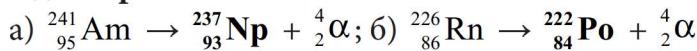
23. Колико електрона, протона и неутрона садржи атом кобалта $^{59}_{27}\text{Co}$?

Атом кобалта $^{59}_{27}\text{Co}$ садржи 27 електрона, 27 протона и 32 неутрона.

24. Који хемијски елементи настају α -распадом:

а) амерцијума $^{241}_{95}\text{Am}$; б) радона $^{226}_{86}\text{Rn}$?

Одговор



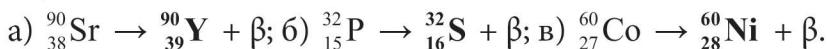
25. Елемент $^{225}_{88}\text{Ra}$ настало је као резултат два узастопна α -распада атома неког хемијског елемента. Који је то елемент?

Како је језиро атома радијума $^{225}_{88}\text{Ra}$ настало као резултат два узастопна α -распада неког елемената, тај елеменат има за 4 већи атомски број и за 8 већи масени број и то је $^{233}_{92}\text{U}$ (уранов изотоп 233).

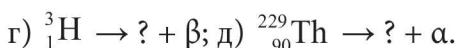
26. Који елементи настају β -распадом језгра:

- а) $^{90}_{38}\text{Sr}$; б) $^{32}_{15}\text{P}$; в) $^{60}_{27}\text{Co}$?

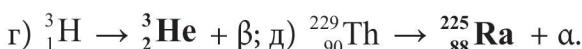
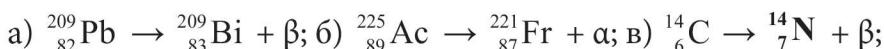
При β -распаду атомски (редни) број иовећава се за 1, а масени осимаје нейтромењен, па се налази:



27. Допунити следеће шеме распада радиоактивних изотопа:



Решење



ТЕСТ ЗНАЊА

1. Шта знате о структури атома?

5 поена

2. Да ли у природи постоје атомска језгра састављена само од:

- а) протона;
б) само од неутрона?

5 поена

3. Шта је атомски број, а шта масени број?

5 поена

4. Како се дефинише природна радиоактивност?

5 поена

5. Шта су α -честице, β -честице и γ -зраци?

5 поена

6. Како се мењају атомски (редни) и масени број при емисији α-честице, β-честице и γ-зрака?

10 поена

7. Шта је радиоактивна контаминација, а шта деконтаминација?

5 поена

8. Дефинишите апсорбовану дозу радиоактивног зрачења и одговарајућу мерну јединицу.

5 поена

9. Дефинишите фисију и фузију атомских језгара.

10 поена

10. У чему је суштинска разлика између нуклеарне и термонуклеарне електране?

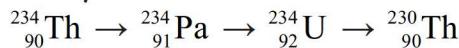
10 поена

11. Електрон се креће по кружној путањи око језгра водониковог атома. Радијус орбите електрона је $5,3 \cdot 10^{-11}$ m и он обиђе језгро $6,6 \cdot 10^{15}$ пута у току једне секунде. Одредити:

- а) вредности брзине и центрипеталног убрзања,
- б) интензитет центрипеталне силе која делује на електрон.

10 поена

12. У датом низу изотопа сваки следећи изотоп се добија распадом претходног:



Које честице су емитоване у сваком од тих распада?

10 поена

13. Радиоактивни изотоп јода ${}_{53}^{128}\text{I}$ користи се за проверу функционисања штитне жлезде. Период полураспада тог изотопа је 25 min. Ако је у почетном тренутку било $1,6 \cdot 10^{10}$ атома тог изотопа, одредити број нераспаднутих атома јода на крају истека 50 min.

10 поена

14. Радиоактивни јод ${}_{53}^{131}\text{I}$ има време полураспада 8 дана. У почетном тренутку је било N_0 атома тог изотопа јода. Израчунати број преосталих нераспаднутих атома јода после 24 дана.

5 поена

ФИЗИКА И САВРЕМЕНИ СВЕТ

Без науке (физике) и на њеним резултатима засноване џене и џенетологије, цивилизација би се враћила у далеку прошлост.

УВОД

Природне науке су одувек битно утицале на развитак људског друштва. Тај утицај стално се повећавао. То се нарочито односи на физику на чијим резултатима су заснована многа техничко-технолошка остварења.

Савремена физика има значајну улогу не само у решавању проблема техничко-технолошке природе, већ њени резултати све више утичу на образовање, културу, уметност, медицину и тако доприноси друштвеном прогресу уопште.

Наука (физика), и на њој заснована техника и технологија, најпосредније спаја људе и народе. Посредством науке и техничких остварења људи разных нација, различитих политичких и верских опредељења, филозофских оријентација, различите социјалног порекла лако се зближавају. Наука (физика) је, дакле, мост међу људима и народима. **Наука нема завичаја, њена домовина је цела наша планета.**

Живимо у време када се улажу максимални напори да се повећа продуктивност рада и да се тако побољша квалитет живота. Успех у решавању тих основних проблема савременог света зависи великим делом од људи непосредно укључених у научно-истраживачки рад.

Научно-технички прогрес суштински утиче на формирање човекове личности. Нова техника и технологија све више ослобађају човека од тешких физичких послова (које сада обављају машине), рад се интелектуализује и хуманизује. Подиже се ниво сазнања, мењају се радне и животне навике и обичаји, менталитет, морал, одговорност, емоције итд.

Заштити и унапређењу човекове околине много доприносе наука и техника и на њиховој бази остварена технологија, управо, оне човекове делатности које су нас и довеле до забрињавајућег еколошког стања.

Будућност може бити резервисана само за оне који се правовремено и на одговарајући начин укључе у савремена научно-техничка и технолошка кретања. То је истовремено и предуслов за решавање осталих друштвених проблема.

ФИЗИКА И ТЕХНИКА

Техника се заснива и развија, пре свега, на резултатима природних наука: физике, хемије, биологије и других.

Наука (физика) је основа и претходница технике и технолошких остварења. Али и техника повратно делује и на развитак науке, посебно, физике која је не само теоријска него и експериментална и примењена наука. Однос физике (као и осталих

природних наука) и технике је двосмеран. Открића у физици су незамислива без одговарајуће технике и техничких средстава. С друге стране, нерешени проблеми технике, њено усавршавање, захтеви и потребе друштвене производње и свакодневног живота изазовно делују на научнике (физичаре), мотивишу, инспиришу и коначно усмеравају њихову делатност на решавање тих проблема.

Већина кућних апаратова и уређаја конструисана је и функционише на законима физике. Да ли се може замислiti свет без електричне струје, радио и телевизијског пријемника, фиксног и мобилног телефона, електричног шпорета, бојлера, фрижидера, машине за прање рубља и судова? Како би изгледала наша путовања без аутомобила, железнице, бродова, авиона? Употреба компјутера постаје нужност у свим областима човекове делатности. Све интензивније се укључују и у реализацију наставног процеса. Нагло расте и кућна употреба овог савременог средства за рад. На многим местима где владају неповољни услови за рад (пећи за топљење метала, морске и океанске дубине, контрола и управљање нуклеарним реакторима, космички простори), постављају се роботи који успешно замењују човека.

Допринос технике развоју науке једноставно се може показати у настави физике. Знамо да експеримент у физици има значајну улогу. Без огледа и лабораторијских вежби настава физике свела би се на „голу“ теоријску интерпретацију. Таква настава била би апстрактна, „празна“. А шта су наставна средства у кабинетима и лабораторијама? Све су то конкретна техничка остварења без којих се не може замислiti савремена настава физике као и других наставних дисциплина уопште.

Без савремених електронских микроскопа не бисмо могли да „завиримо“ у свет молекула, и развитак молекуларне физике и са њом тесно повезане генетике био би знатно успорен. Усавршавање ракетне технике омогућује дубље и шире упознавање космичког света.

Реакторска техника користи се у разне истраживачке сврхе, а значајна је и за добијање нуклеарне енергије за погон бродова, подморница и производњу електричне струје. Енергија која се садржи у једном килограму урана $^{235}_{92}\text{U}$ могла би да напаја сијалицу од 100 вати 27 400 година (била би то вечна светлост).



ФИЗИКА И ДРУГЕ ПРИРОДНЕ НАУКЕ

Физика је основна природна наука. Изучава општа кретања материје као што су механичко, топлотно, електромагнетно (светлосно) и друга, и структуру материје.

Проучава и основне облике постојања материје: супстанцу и физичко поље, њихова основна својства као и узајамно деловање међу телима: гравитационо, електрично, магнетно итд. Због тога физика чини основу сазнања о природи.

Многи основни појмови, величине и закони, па чак и теорије формулисана у физици: пут, време, температура, маса, сила, рад, енергија, молекуларно-кинетичка теорија, теорија о молекулима и атомском свету итд; равноправно се користе у хемији и биологији. Сви основни закони у физици (закони кретања тела (честица), закони одржања енергије, масе, количине електричитета (наелектрисања), преносења топлоте итд) важе у хемији, биологији, астрономији, метеорологији, геологији... Молекуларна физика, посебно познавање молекулских сила, унапредила су сазнања о изградњи ћелија. Инструменти као што су оптички и електронски микроскоп, знатно су допринели развоју генетике, медицинских наука. Рендгенски зраци, радиоактивни изотопи и ултразвук имају широку примену у медицини. Телескопи су допринели развоју астрономије. Све наведене и многе друге чињенице потврђују тезу: **учећи физику, учимо и друге науке.**

Говорили смо кратко о утицају физике на друге природне науке. Али, постоји и обратно деловање. Између поједињих природних наука нема граница. Све се природне науке узајамно пружају и међусобно допуњавају. Открића и сазнања у једној научној дисциплини доприносе развоју других наука. На пример, атом, молекул и њихове узајамне везе не проучавају се само у физици него и у хемији тако да се добија комплетна слика о атомском и молекулском свету.

Посебно ћемо размотрити однос физике и хемије, физике и математике, физике и технике и физике и медицине.

ФИЗИКА И ХЕМИЈА

Физика и хемија, по предмету, садржају, методима и средствима која се користе у току проучавања, две су најсродније природне науке. Нису ретки случајеви (у шта смо имали прилике да се уверимо) да се једни те исти објекти и појаве изучавају и у физици и хемији. Они се на тај начин осветљавају са различитих страна тако да се добија комплетнија слика о њима. То се односи нпр. на молекулску и атомску структуру супстанце, топлотне појаве, провођење електричне струје у течностима и гасовима, на хемијску електролизу, на тумачење периодног система хемијских елемената итд.

Стечена знања у једној од ових наука користе се у другој. На пример, физичке величине, као што су маса, густина супстанце, концентрација супстанце, температура, притисак, количина топлоте, количина наелектрисања и многе друге, равноправно се користе у физици и хемији. С друге стране, познавањем периодног система хемијских елемената знатно се олакшава изучавање атомског и молекулског света. Изучавање топлотних појава у физици омогућује дубље разумевање хемијских реакција; анализа хемијских јединења заснива се на елементима физичке оптике (спектрална анализа)...

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

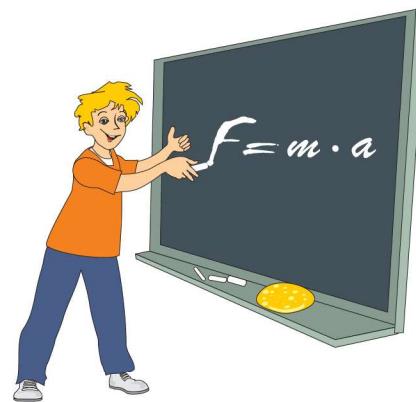
Математика је неизоставно интелектуално оруђе природних наука, посебно физике. Без математике оне би потпуно изгубиле своју егзактност, изостала би и практична примена. Закони природних наука (физике) се најтачније и најконкретније приказују математичким формулама. Само тим путем може се установити квалитативна и квантитативна веза између појединих физичких величина и параметара који карактеришу одређене облике кретања материје. Математичке операције и методе су неопходне и кад треба наћи вредности таквих величина које се не могу непосредно мерити (маса и димензија молекула, атома и његових саставних честица), као и вредности величина које карактеришу свет космичких димензија.

Историја физике показује да су развој појединих области физике и њихова практична примена били условљени развојем одређених области математике. Али, и обратно, развој појединих делова физике подстицајно је деловао на развитак појединих делова (грана) математике. На пример, Њутн је за формирање класичне механике био принуђен и сам да развије неке елементе више математике који се изучавају на крају средње школе.

Геометријска оптика је сјајан пример математизације једне читаве области физике, на чијим се законитостима заснивају оптички инструменти.

На основу математичких израза физичких величина и закона, може да се одреди облик зависности: директна или обрнута сразмерност, линеарна веза или други облици функционалне везе. Графикон физичке величине, на очигледан начин, изражава зависност једне од друге физичке величине, омогућава да се прати промена њене вредности у току времена.

Дакле, физика је тесно повезана са математиком. Велики физичар Галилеј је оправдано истицашо: „Језик физике је математика“. Није претерано рећи да је цела књига о природи (посебно део који проучава физика) написан језиком математике.



ФИЗИКА И МЕДИЦИНА

Медицина је тесно повезана са техником која је изграђена на основама физике као фундаменталне природне науке. Та веза има дубок историјски корен. Крајем XIII века почиње израда и примена наочара (Венеција). Први термометар је конструисао и у својим огледима применио Г. Галилеј 1597. године. Касније се користи и у медицинске сврхе (мерење телесне температуре).

Почетком XVI века почиње примена оптичког микроскопа, прво у физици (Г. Галилеј). Постепено се уводи и у медицинска истраживања, тако да су у новије време оптички инструменти постали моћно оружје у откривању узрочника разних оболења (изазване бактеријама и вирусима).

Рендгенске зраке (икс зраке) открио је В. Рендген при крају XIX века (1895). Касније су изграђени рендгенски апарати којима се по први пут снимају човекови унутрашњи органи (плућа, преломи костију и други). На основу њиховог снимка утврђује се здравствено стање и предузимају одговарајуће мере лечења.

А. Бекерел је открио природно радиоактивно зрачење 1896. године. Радиоактивни изотоп кобалт 60 који емитује гама зраке користи се за „убијање“ ћелија рака. У употреби су и други радиоактивни изотопи (јода, стронцијум и др.) којима се лече малигна оболења. Поред тога радиоактивни изотопи користе се и за стерилизације медицинских инструмената.

У новије време се неки радиоактивни изотопи користе у покушајима да се успори и процес човековог старења.

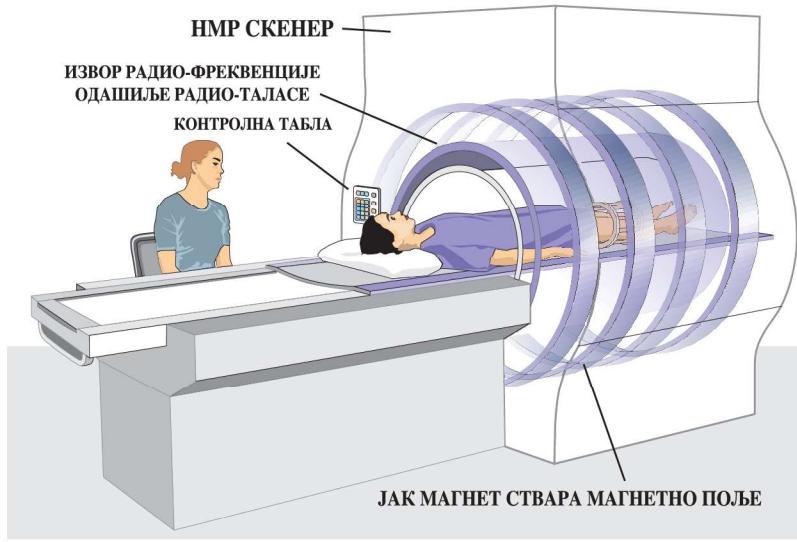
Техника прављења вештачких човекових органа заснована је углавном на законима физике. Међу њима посебно треба истаћи: удове, вештачке бубреже, апарат „срце-плућа“, уређаје за храњење крви кисеоником под повишеним притиском, васкуларни апарат за прављење вештачких крвних судова...

Сложене операције на срцу, крвним судовима, мозгу, очима итд., применом лазерске технике, спасиле су многе људске животе.

Теслине високонапонске и високофреквентне струје користе се за лечење разних нервних оболења. Електрошоковима се активира рад мишића и проток крви кроз крвне судове...

Најсавременији медицински апарат скенер и електромагнетна резонанца такође су израђени и функционишу на физичким процесима и законима.

НМР-Нуклеарна магнетна резонанца



Нуклеарна магнетна резонанца
(физика и медицина)

Дакле, сазнања у физици и на њима заснована специјална техника широко се користе у медицинским наукама посебно у области дијагностике, терапије и превентивне заштите човековог здравља. На тај начин резултати физике „утопљени“ у медицинске науке и њихова истраживања, доприносе чувању људског здравља – лечењу разних болести, ублажавању њихових последица, смањењу смртности људи, продужавању човековог века.

РЕШЕЊЕ ТЕСТОВА

ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ

1. Под г).

2. Подаци: $n = 10$, $t = 5 \text{ s}$; $T = ?$ $\nu = ?$

Период осциловања метронома је:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{5 \text{ s}}{10} = 0,5 \text{ s},$$

а фреквенција осциловања:

$$\nu = \frac{1}{T} = 2 \text{ Hz}.$$

3. Под г)

4. а) Код осцилаторног кретања тело има само потенцијалну енергију у амплитудним положајима;
б) само кинетичку енергију при проласку кроз равнотежни положај.

5. Период осциловања куглице на Месецу има већу вредност од периода осциловања исте куглице на Земљи, јер је Месечева тежа мања око 6 пута од Земљине теже.

6. Подаци: $E = 2 \text{ J}$, $m = 10 \text{ g} = 0,01 \text{ kg}$; $v_{\max} = ?$

На основу Закона одржања енергије је:

$$E_{p_{\max}} = E_{k_{\max}} = \frac{mv_{\max}^2}{2}, \text{ односно}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2E_{p_{\max}}}{m}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

7. Подаци: $\nu = 2000 \text{ Hz}$, $u_1 = 1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $u_2 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\lambda_1 = ?$ $\lambda_2 = ?$

Приликом преласка звука из једне у другу средину његова фреквенција се не мења (остаје стална), али се мења његова таласна дужина и брзина. Стога је:

$$\text{a)} \lambda_1 = \frac{u_1}{\nu} = \frac{1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2000 \text{s}^{-1}} = 0,73 \text{ m}$$

$$\text{б)} \lambda_2 = \frac{u_2}{\nu} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2000 \text{s}^{-1}} = 0,17 \text{ m}.$$

8. У затвореном простору звук се одбија од зидова па до слушаоца доспевају звучни таласи директно од извора и таласи одбијени од зидова.

9. Подаци: $\Delta t = t_1 - t_2 = 5 \text{ s}$, $u_1 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $u_2 = 1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $d = ?$

Звучни талас који се простире кроз ваздух доспева до другог брода после

$$t_1 = \frac{d}{u_1}, \text{ а звучни талас кроз воду након } t_2 = \frac{d}{u_2}$$

Временски размак између доласка ових таласа до другог брода износи:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{d}{u_1} - \frac{d}{u_2} = \frac{(u_2 - u_1)}{u_1 \cdot u_2} d,$$

одакле се добија: $d = \frac{u_1 \cdot u_2}{u_2 - u_1} \cdot \Delta t = 443,2 \text{ m.}$

10. Подаци: $t_1 = 1 \text{ min}$, $n = 15$, $x = 34 \text{ m}$; $u = ?$

Период таласа је:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60\text{s}}{15} = 4 \text{ s}, \text{ а таласна дужина } \lambda = 34 \text{ m, па је брзина таласа:}$$

$$u = \lambda v = \frac{\lambda}{T} = \frac{34\text{m}}{4\text{s}} = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

11. Подаци: $d = 34 \text{ m}$, $D = 5100 \text{ km}$, $v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t_1 = ?$, $t_2 = ?$

Време потребно звучном таласу да доспе до слушаоца у концертној сали је:

$$t_1 = \frac{d}{u} = \frac{34\text{m}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,1 \text{ s.}$$

Време које протекне до слушаоца који концерт прати преко сателита, чује музику после:

$$t_2 = \frac{D}{c} = \frac{51 \cdot 10^5 \text{m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,017 \text{ s.}$$

Дакле, слушалац који прати концерт преко сателита чује музику пре слушаоца у концертној сали.

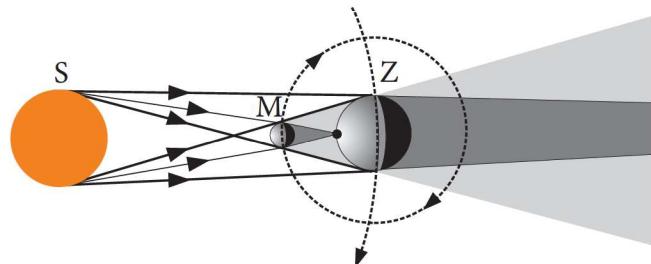
12. При преласку звучног таласа из једне у другу средину мења се брзина таласа, односно таласна дужина, а фреквенција остаје непромењена; при преласку звучних таласа из ваздуха у воду повећава се таласна дужина односно њихова брзина.

13. Ултразвук производе и користе нека жива бића, као што су делфини и слепи мишеви.

СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ

1. Светлосни зрак је оријентисана полуправа која полази из извора и показује правац простирања светлости. Скуп светлосних зрака чини сноп светлост.

2. Помрачење Сунца и Месеца су последице праволинијског простирања светлости. Сунце је светлосни извор чије су димензије знатно веће од Месеца. Услед тога се Месечева сенка сужава и покрива релативно мали део Земљине површине. Зато се помрачење Сунца види само из оних места на Земљи која се налазе у сенци Месеца.



3. 1. Упадни угао светлосног зрака једнак је одбојном углу ($\alpha = \beta$).
 2. Упадни, одбојни зрак и нормала налазе се у истој равни која је нормална на површину од које се светлост одбија.
 3. Ако светлосни зрак упада нормално на граничну површину, он се одбија у истом правцу у супротном смеру.

4. Подаци: $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v' = ?$ $v'' = ?$

а) Пошто је удаљеност лика лопте од равног огледала у сваком тренутку једнака удаљености лопте од равног огледала, то је интензитет брзине лика лопте у референтном систему везаном за огледало:

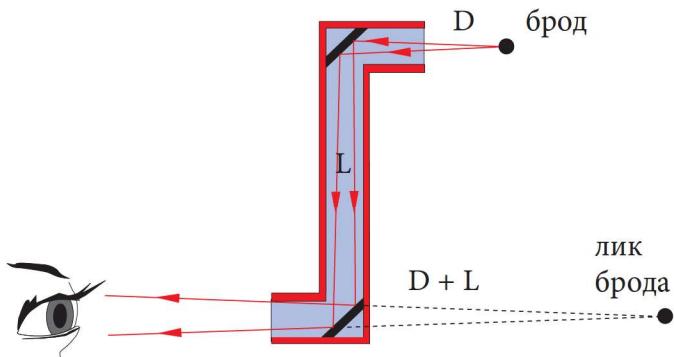
$$v' = v; v' = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

б) Брзина лопте и њеног лика имају исти правац и интензитет, али супротан смер (лопта и њен лик се приближавају огледалу, али само са супротних страна) па је брзина лика лопте у односу на лопту:

$$v'' = 2v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

5. а) Морнар у подморници кроз перископ види имагинаран (нереалан) лик брода (слика). Лик брода је усправан и његове димензије су исте као и брода (предмета).

б) Положај лика брода је на удаљености:
 $d = D + L$ (слика).



6. Подаци: $p = 80 \text{ cm}$, $l = 20 \text{ cm}$; $f = ?$ $r = ?$ $u = ?$

a) Из једначине конкавног (издубљеног) огледала $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$, налази се његова жижна даљина: $f = \frac{pl}{p+l} = 16 \text{ cm}$

б) Полупречник кривине огледала износи: $r = 2f = 32 \text{ cm}$.

в) Увећање огледала је: $u = \frac{l}{p} = 0,25$.

7. Подаци: $u = 5$, $r = 24 \text{ cm}$; $p = ?$ $l = ?$

Из израза за увећање издубљеног огледала $u = \frac{l}{p}$, добија се удаљеност лица: $l = up$.

На основу тога налази се:

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{r} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{p} + \frac{1}{5p} = \frac{6}{5p},$$

односно:

$$p = \frac{3r}{5} = 14,4 \text{ cm}.$$

Даљина лица је: $l = up = 72 \text{ cm}$.

8. Подаци: $d = 2$ $r = 92 \text{ mm}$, $p = 2 \text{ m}$, $P = 1,3 \text{ m}$; $l = ?$ $L = ?$

а) Жижна даљина испупченог огледала је:

$$f = \frac{r}{2} = 23 \text{ mm}.$$

На основу овог податка, користећи једначину испупченог (конвексног) огледала:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f},$$

израчунава се: $l = \frac{pf}{p+f} \approx 22,7 \text{ mm} = 2,27 \text{ cm}$.

б) Увећање огледала износи: $u = \frac{l}{p} = 0,01135$,

па је висина лица: $L = P \cdot u = 14,8 \text{ mm} = 1,48 \text{ cm}$.

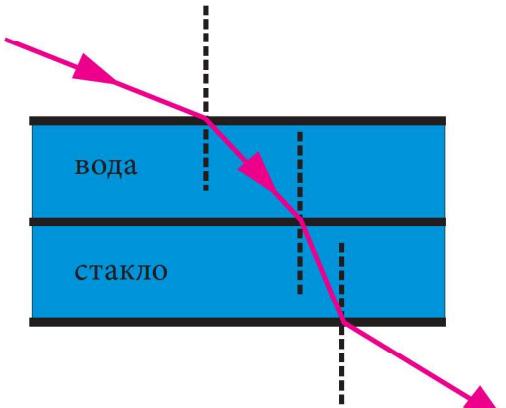
9. Подаци: $c_v = 225\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $c_s = 200\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; $n_r = ?$

Релативни индекс преламања стакла у односу на воду израчунава се као количник апсолутног индекса преламања стакла и воде:

$$n_r = \frac{n_s}{n_v}$$

Пошто је: $n_s = \frac{c}{v_s}$ и $n_v = \frac{c}{v_v}$,

налази се $n_r = \frac{v_v}{v_s} = 1,125$.



10. Подаци: $P = 24 \text{ cm}$, $L = 4 \text{ cm}$, $f = 12 \text{ cm}$; $p = ?$

Комбинацијом једначине сочива $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$ и израза за увећање сочива $u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p} = \frac{1}{6}$, после замене одговарајућих вредности, добија се:
 $p = 84 \text{ cm}$.

11. Табела се попуњава на основу једначине сочива и израза за оптичку јачину сочива:

$f [\text{cm}]$	10	100	20	80	-50	-40	-100
$\omega [\text{D}]$	10	1	5	1,25	-2	-2,5	-1

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} \quad \text{и} \quad \omega = \frac{1}{f} [\text{m}^{-1}]$$

12. Подаци: $f = 5 \text{ cm}$, $p = 4 \text{ cm}$; $l = ?$

На основу једначине расипног сочива: $\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = -\frac{1}{f}$, добија се удаљеност лика предмета:

$$l = \frac{pf}{p+f} = 2,22 \text{ cm}.$$

ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ

1. Прелазак слободних електрона са једног на друго тело или прерасподела електрона између делова тела.

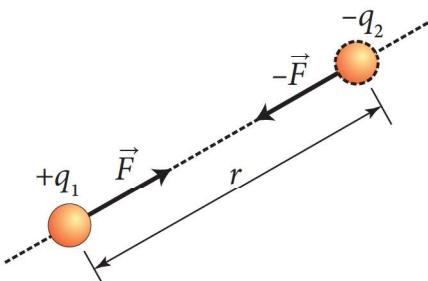
2. Тело се додиром наелектрише истом врстом наелектрисања као и наелектрисано тело.

3. Преносиоци наелектрисања у (металним) чврстим телима су слободни електрони, у течним срединама позитивни и негативни јони или њихове групе а у гасовима слободни електрони и (углавном) позитивни јони.

4. Укупан број позитивних и негативних наелектрисаних честица (електрона, протона, јона и других) остаје сталан у свим електричним интеракцијама и процесима.

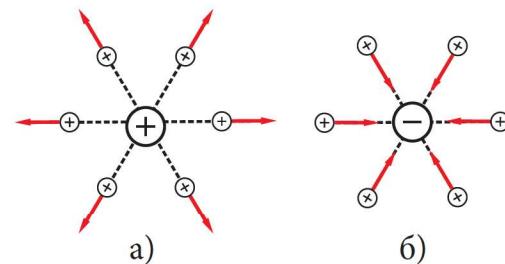
5. Кулонов закон: интензитет сile којом се привлаче или одбијају два наелектрисана тачкаста (или сферна) тела сразмеран је производу њихових количина наелектрисања, а обрнуто пропорционалан квадрату њиховог међусобног растојања:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$



Правац сile се поклапа са правцем најкраћег растојања међу телима, а смер сile је од једног ка другом телу ако је сила привлачна (разноимена наелектрисања), а од тела када су тела истоимено наелектрисана.

6. Линије електричног поља су замишљене линије које показују правац и смер кретања позитивно наелектрисане честице у електричном пољу. Служе за сликовито геометријско приказивање поља. На основу распореда, смера и густине линија сile може се говорити о врсти наелектрисања тела од којег потиче поље и о јачини електричног поља.



7. Интензитет јачине електростатичког поља у датој тачки простора одређен је количником интензитета електричне сile и количине наелектрисања тела: $E = \frac{F}{q}$.

Смер јачине електричног поља поклапа се са смером линија сile поља, односно са смером електричне сile.

8. Електрични напон је бројно једнак количнику рада сile електричног поља при премештању наелектрисаног тела из једне у другу тачку поља и количине наелектрисања тог тела: $U = \frac{A}{q}$. Јединица електричног напона као и електричног потенцијала је волт [V]: ако се при померању количине наелектрисања од једног

кулона [C] из једне у другу тачку поља изврши рад од једног цула [J], онда између те две тачке постоји напон од једног волта [V].

9. Веза интензитета јачине хомогеног електричног поља и напона између две тачке на међусобном растојању d у том пољу дата је формулом: $E = \frac{U}{d}$.

10. Подаци: $V = 10^{-9} \text{ mm}^3$, $E = 400 \frac{\text{N}}{\text{C}}$, $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $Q = ?$ $q = ?$

Тежина капљице је $Q = mg = \rho V g = 9,81 \cdot 10^{-15} \text{ N}$

Количина наелектрисања капљице налази се из једнакости:

$$qE = mg; q = \frac{mg}{E} = 2,45 \cdot 10^{-17} \text{ C.}$$

11. Подаци: $q_1 = 5 \mu \text{ C}$, $q_2 = -3 \mu \text{ C}$, $q_3 = 1 \mu \text{ C}$, $d = 10 \text{ cm}$, $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$; $F_3 = ?$
Интензитет силе која делује на честицу 3 је:

$$F_3 = F_{1,3} - F_{2,3} = k \frac{q_1 q_3}{d^2} - k \frac{q_2 q_3}{d^2} = 1,8 \text{ N.}$$

12. Подаци: $U_{AB} = 210 \text{ V}$, $q = 2 \text{ C}$; $A = ?$

Извршени рад је: $A = U_{AB} \cdot q = 420 \text{ J.}$

13. Подаци: $U = 200 \text{ V}$, $v_0 = 0$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $v = ?$

Из дефиниције рада преко кинетичке енергије:

$A = \Delta E_k = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{m_e v_0^2}{2} = \frac{m_e v^2}{2}$ и једнакости $E_k = A$, односно
 $\frac{m_e v^2}{2} = eU$, налази се брзина електрона:

$$v = \sqrt{\frac{2Ue}{m_e}} = 8,39 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

14. Подаци: $v_1 = 5000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_2 = 10\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $U = ?$

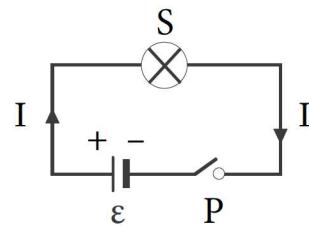
Из дефиниције рада преко кинетичке енергије

$$A = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \text{ добија се:}$$

$$eU = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \text{ односно: } U = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2 \cdot e} = 391,4 \text{ kV.}$$

ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

1. Најједноставније електрично коло једносмерне струје садржи: извор струје ϵ , отпорник (потребац, нпр. електричну сијалицу S), прекидач P и проводне жице (слика).



2. Вредност електричне струје која је већа од опсега мерења амперметра може се измерити тако што се паралелно амперметру веже отпорник познате електричне отпорности (слика).

Према датој схеми је:

$$I = I_A + I_R$$

Како су напони на амперметру и отпорнику једнаки (паралелна веза), то је $I_A R_A = I_R R$. Одавде је $I_R = \frac{I_A \cdot R_A}{R}$, па је:

$$I = I_A + \frac{I_A R_A}{R} = I_A \left(1 + \frac{R_A}{R} \right).$$

3. На основу података добија се табела са попуњеним празним местима:

I [A]	1	5	0,8	0,6
t [s]	2	4	10	4
q [C]	2	20	8	2,4

4. Подаци: $R_1 = 10 \Omega$, $l_2 = 2 l_1$, $S_2 = \frac{S_1}{2}$; $R_2 = ?$

Електрична отпорност другог проводника је:

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S_2} = \rho \frac{2l_1}{\frac{S_1}{2}} = 4 \rho \frac{l_1}{S_1} = 4 R_1,$$

$$R_2 = 40 \Omega$$

5. Подаци: $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 12 \Omega$; $R_e = ?$

Отпорници са електричним отпорностима R_2 и R_3 везани су паралелно, па је њихова електрична отпорност

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4\Omega}; R_e = 4 \Omega$$

Еквивалентни отпорник отпорности $R_e = 4 \Omega$ је редно везан са отпорником електричне отпорности R_1 , па је укупна еквивалентна отпорност:

$$R_e = R_1 + R_e = 2 \Omega + 4 \Omega = 6 \Omega$$

6. Подаци: $\varepsilon = 4,5 \text{ V}$, $r = 0,5 \Omega$, $I = 1 \text{ A}$; $R = ?$

На основу Омовог закона за цело електрично коло

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

налази се: $R I = \varepsilon - r I$, па је: $R = \frac{\varepsilon}{I} - r = 4 \Omega$

7. Подаци: $P_1 = 40 \text{ W}$, $t_1 = 3 \text{ h}$, $P_2 = 500 \text{ W}$, $t_2 = 0,5 \text{ h}$, $P_3 = 60 \text{ W}$, $t_3 = 4 \text{ h}$, 1 kWh кошта 4 динара; месечни рачун = ?

Електрична енергија коју троши домаћинство за један просечан месец (30 дана) износи:

$$A = 30 (P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3) = 18,3 \text{ kWh}$$

Месечни рачун за утрошену електричну енергију, износи: **73,2 динара.**

8. Подаци: $P = 7 \text{ W}$, $t = 3 \text{ h}$, $U = 10 \text{ V}$, $q = ?$

Рад електричне струје која пролази кроз вокмен је:

$$A = P t = 75,6 \text{ kJ}$$

Количина наелектрисања која је за 3 h протицала кроз вокмен, налази се из израза за рад електричне струје:

$$A = U I t = U q \quad (\text{jер је } q = I t),$$

па је: $q = \frac{A}{U} = 7560 \text{ C.}$

9. Подаци: $h = 60 \text{ m}$, $Q = 10\,000 \text{ N}$, $\eta = 0,5$; цена у динарима = ?

Користан рад који се изврши при подизању терета:

$$A_k = Q h = 600 \text{ kJ}$$

Укупан рад који се изврши при подизању терета:

$$A_u = \frac{A_k}{\eta} = 1200 \text{ kJ} \approx 0,33 \text{ kWh}$$

Подизање терета лифтом кошта око **3,3 динара.**

10. Подаци: $U = 220 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$, $v = 0,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\eta = 0,62$; $m = ?$

Укупна снага дизалице износи:

$$P_u = U I = 440 \text{ W},$$

а корисна снага дизалице:

$$P_k = \eta P_u = 272,8 \text{ W.}$$

С друге стране, корисна снага дизалице, изражена преко тежине и брзине којом се подиже терет је:

$$P_k = \frac{A}{t} = mg \frac{h}{t} = mgv,$$

па је маса терета,

$$m = \frac{P_k}{gv} = 44,9 \text{ kg.}$$

11. Подаци: $V = 2 \text{ l}$, $\tau = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$, $t_0 = 20^\circ \text{ C}$, $U = 220 \text{ V}$,

$$t = 100^\circ \text{ C}, c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; I = ?$$

Количина топлоте коју прими вода је:

$$Q = mc(t - t_0) = \rho Vc(t - t_0) = 672 \text{ kJ}$$

С друге стране,

$$I = \frac{Q}{U\tau} = 5,09 \text{ A}$$

12. Подаци: $U = 220 \text{ V}$, $I = 5 \text{ A}$, $V = 2,5 \text{ l}$, $t_0 = 12^\circ \text{ C}$, $t = 80^\circ \text{ C}$,

$$\tau = 20 \text{ min}, c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \eta = ?$$

Користан рад једнак је количини топлоте коју вода у радијатору прими током загревања:

$$A_k = Q = mc(t - t_0) = \rho Vc(t - t_0) = 714 \text{ kJ}$$

Укупан рад једнак је утрошеној електричној енергији:

$$A_u = U I \tau = 1320 \text{ kJ}$$

Степен корисног дејства радијатора износи:

$$\eta = \frac{A_k}{A_u} = 0,54 = 54 \%$$

МАГНЕТНО ПОЉЕ

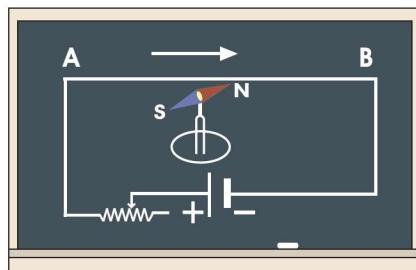
1. Под 6)

2. Слободни крајеви чиода се одбијају, зато што се на њима образују истоимени магнетни полови.

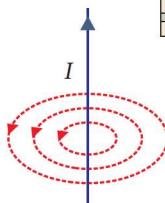
3. Месец нема сопствено магнетно поље, зато је искључена употреба компаса.

4. Магнетна игла у Земљином магнетном пољу поставља се дуж линија сила поља: на магнетним половима Земље нормално, а на екватору дуж правца север – југ.

5. Ерстедовим огледом је утврђено да око сваког проводника којим протиче електрична струја постоји магнетно поље које се испољава деловањем магнетне сile на друге магнете или гвоздене предмете; на слици на магнетну иглу.

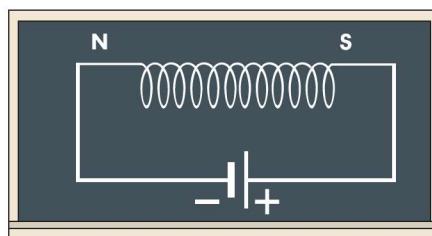


6. Смер струје у проводнику одређен је правилом десне руке и приказан је на слици.

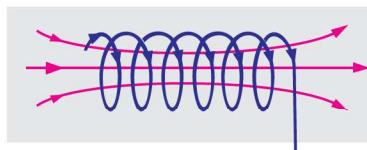


7. На основу правила десне руке утврђује се да су линије силе магнетног поља распоређене и усмерене као на цртежу 4.

8. Према правилу десног завртња на левом крају соленоида (калема) је северни, а на десном јужни пол као што је приказано на слици.



9. Смер електричне струје кроз соленоид приказан је на слици.



10. Јединица магнетне индукције је тесла [T]: магнетна индукција магнетног поља које делује силом од једног ъутна на праволинијски проводник, дужине један метар, постављен управо на правац поља када је у проводнику струја од једног ампера $[T = \frac{N}{A \cdot m}]$. Или: Интензитет магнетне индукције од једног тесле има оно хомогено магнетно поље које има магнетни флукс од једног вебера кроз површину од једног квадратног метра нормалну на правац магнетне индукције $[T = \frac{Wb}{m^2}]$.

11. Интензитет магнетне индукције је већи у другом соленоиду (калему), јер има већи број навојака.

12. Подаци: $S = 0,50 \text{ m}^2$, $\Phi = 1 \text{ Wb}$; $B = ?$

Интензитет магнетне индукције је:

$$B = \frac{\Phi}{S} = 2 \text{ T}$$

13. Подаци: $B = 0,16 \text{ T}$, $S = 0,10 \text{ m}^2$; $\Phi = ?$

Флукс хомогеног магнетног поља је:

$$\Phi = B \cdot S = 0,016 \text{ Wb}$$

14. Челик задражава магнетна својства и после искључења електричне струје из намотаја електромагнeta. Да би се комади челика одвојили од електромагнeta, треба променити смер електричне струје у намотајима електромагнeta.

15. У току рада у електромотору се енергија електричне струје претвара у механичку (кинетичку) енергију, а код генератора електричне струје обратно, кинетичка енергија ротационог кретања, претвара се у енергију електричне струје.

ЕЛЕМЕНТИ АТОМСКЕ И НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ

1. Основни делови атома су атомско језгро и омотач језгра. У омотачу су електрони, а у језгру нуклеони (протони и неутрони).

2. а) Језгро атома водоника представља само један протон.

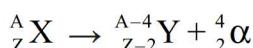
б) У природи не постоје атомска језгра која се састоје само од неутрона.

3. Атомски (редни) број је број протона у језгру, а масени број укупни број нуклеона (протона и неутрона) у атомском језгру.

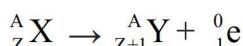
4. Претварање нестабилних атомских језгара хемијских елемената спонтаном емисијом (без спољашњег утицаја) у језгра других елемената уз емисију радиоактивног зрачења (алфа, бета-честица и гама-зрачења) назива се природна радиоактивност.

5. Алфа-честице су језгра атома хелијума. Састоје се из два протона и два неутрона. Бета-честице су електрони. Гама-зраци имају електромагнетну природу. Имају веома малу таласну дужину и велику енергију.

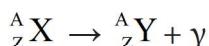
6. При α -распаду атомски број се смањује за два, а масени број за четири, што се симболично приказује у облику:



Када језгро еmitује β -честицу оно прелази у ново језгро са повећаним атомским бројем за један, а масени број остаје непромењен, тј.:



У емисији γ -зрака језгро не мења ни атомски ни масени број:



7. Радиолошка контаминација је загађивање земљишта, људства, опреме, намирница и др. радиоактивним материјалом, а деконтаминација његово отклањање.

8. Апсорбована доза је мера енергије радиоактивног зрачења коју апсорбује јединична маса означеног тела (средине). Јединица апсорбоване дозе је **греј** (Gy):

$$Gy = \frac{J}{kg}.$$

9. Нуклеарна физија је нуклеарна реакција у којој долази до деобе атомског језгра на два лакша (нова) језгра, уз емисију два до три неутрона и ослобађање релативно велике енергије.

Нуклеарна фузија је нуклеарна реакција у којој долази до спајања (фузије) два атомска језгра лакших хемијских елемената и формирања тежег језгра, уз ослобађање велике енергије.

10. Термоелектрана се састоји од парног котла, турбине и електричног генератора. У ложишту парног котла ослобађа се топлотна енергија сагоревањем угља и њоме се загрева водена пара. Водена пара се одводи у турбину где се врши претварање топлотне енергије у механички рад, који се затим, у генератору претвара у електричну енергију.

Код нуклеарне електране улогу ложишта парног котла има реактор. У њему се ослобађа енергија у току фисије атомских језгара и она се претвара у топлотну енергију. Даљи процес претварања топлотне енергије у електричну енергију сличан је процесу као код термоелектране.

11. Подаци: $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$, $n = 6,6 \cdot 10^{15}$, $t = 1 \text{ s}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $a = ?$ $F = ?$

а) Интензитет брзине електрона је:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi rn}{t} = 2,20 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

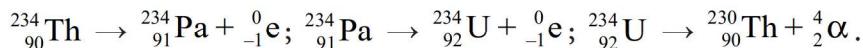
а интензитет цетрипеталног убрзања:

$$a = \frac{v^2}{r} = 9,11 \cdot 10^{22} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

б) Интензитет центрипеталне силе која делује на електрон износи:

$$F = ma = 8,29 \cdot 10^{-8} \text{ N}.$$

12. У прва два распада масени број се не мења, а атомски број се повећава за 1. То значи, у прва два распада емитоване су бета-честице. У трећем распаду масени број се смањује за 4, а атомски за 2, тј. у трећем распаду емитована је а-честица:



13. Подаци: $T = 25 \text{ min}$, $t_0 = 0$, $N_0 = 1,6 \cdot 10^{10}$ атома, $t = 50 \text{ min} = 2T$; $N = ?$

После периода полураспада ($t = T$) број нераспаднутих атома једнак је $\frac{N_0}{2}$. Након два периода полураспада ($t = 2T$) број нераспаднутих атома ће бити половина од половине, тј.:

$$N = \frac{N_0}{4} = 4 \cdot 10^9 \text{ атома}$$

14. После 8 дана преостаје $\frac{N_0}{2}$ нераспаднутих језгра атома изотопа ${}_{53}^{131}\text{I}$, а након 16 дана преостаће $\frac{N_0}{4}$ нераспаднутих језгра атома јода, док ће после 24 дана остати $\frac{N_0}{8}$ нераспаднутих језгра атома изотопа ${}_{53}^{131}\text{I}$.

Драги ученици,

Прошле су три године изучавања физике. Веријемо да вам је физика била занимљива. Стечено знање биће основа и полазиште не само у даљем упознавању физике него и других природних наука. Неће изостати ни практична примена вашег знања, посебно кад је реч о употреби разних електричних апаратова и уређаја. Познавање електричне струје допринеће и уштеди и ефикаснијем коришћењу електричне енергије, што у последње време постаје све актуелније.

Знања из физике постала су део опште културе сваког човека без обзира на професију којом се бави. Човек који не зна основне силе у природи, да разликује масу и тежину, како настаје електрична струја, на којим принципима функционишу кућни електрични апарати, каква је структура атома и атомског језгра, како се треба чувати од јонизујућег зрачења ... практично је неписмен иако зна да чита и пише.

На улазним вратима највећег универзитета на свету „Ломоносов“ у Москви, пише: „Највећи просјак је онај који тражи милост од природе“.

Драги ученици, сада се налазите пред великим задатком – уписом у средњу школу. Желимо вам успех. Знамо да ће знање које сте стекли у физици допринети успеху у даљем школовању без обзира за коју се средњу школу определили.



РЕЧНИК ЗНАЧАЈНИХ ПОЖМОВА

A

Акустика – област физике у којој се изучава звук.
Алфа-честица (α -честица) – састоји се од два протона и два неутрона (хелијумово језгро), симболички се означава ${}_2^4\text{He}$.

Ампер [A] – мерна јединица електричне струје; електрична струја има вредност од једног ампера, ако кроз његов попречни пресек протиче количина наелектрисања од једног кулона у току једне секунде [$A = \frac{C}{s}$].

Амплитуда – највеће растојање тела (честице) од равнотежног положаја (при осциловању тела окаченог за металну еластичну опругу или математичког клатна).

Апсорбована доза зрачења (доза озрачења) – величина чија је вредност одређена односом апсорбоване енергије зрачења и масе означене супстанце; мерна јединица је **греј** [Gy]: доза при којој озрачено тело прими енергију зрачења од једног цула по килограму [$Gy = \frac{J}{kg}$].

Атом – најмања електрично неутрална честица хемијског елемента, која има његова хемијска својства и која се хемијским путем не може даље разлагати; састоји се од језгра (протона и неутрона) и омотача (електрона). Пречник атома је реда величине 10^{-10} m.

Атомска јединица масе [u] – дванаести део масе атома угљеника ${}^{12}\text{C}$, која изражена у килограмима износи: $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

Атомски (редни) број (Z) – број протона у језгру атома хемијског елемента.

Атомско језгро – средишњи део атома, састоји се од протона и неутрона (нуклеона), пречник језгра је око 100 000 пута мањи од пречника атома (око 10^{-15} m). У језгру је концентрисана практично целокупна маса атома (маса електрона у омотачу може се занемарити).

B

Бета-честица (β -честица) – електрон који еmitује атомско језгро при радиоактивном распаду.

Брзина звука – једнака је производу таласне дужине и фреквенције; зависи од средине кроз коју се звук простире, нпр. брзина звука у ваздуху (зависно од температуре) је око $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, а у води приближно $1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Брзина светlosti (c) – зависи од средине кроз коју се светлост простире; у вакууму и приближно у ваздуху износи око $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. То је према савременој физици, највећа могућа брзина у природи.

Вештачка радиоактивност – претварање релативно стабилних атомских језгара у нестабилна језгра подложна радиоактивном распаду; изазива се „пројектилима“ као што су алфа-честице, бета-честице, протони и друге честице.

Г

Гама-зраци – електромагнетно зрачење веома мале таласне дужине (велике фреквенције, односно енергије) које еmitује атомско језгро приликом радиоактивног распада.

Диоптрија [D] – јединица за оптичку моћ сочива (наочара); дефинише се као реципрочна вредност жижне даљине изражена у метрима. Сабирна сочива имају позитивну диоптрију, а расипна – негативну.

E

Еквивалентна доза зрачења – величина којом се описује осетљивост поједињих делова организма на различите врсте јонизујућег зрачења; мери се **сивертима** [Sv].

Електрична отпорност металног проводника (R) – сразмерна је дужини проводника, а обрнуто је сразмерна површини пресека проводника и још зависи од природе супстанце од које је начињен проводник (ова дефиниција отпорности односи се на једносмерну струју).

Електрична струја (I) – усмерено кретање наелектрисаних честица (електрона и јона) кроз проводник под утицајем електричног поља.

Носиоци електричне струје у металним проводницима су (слободни) електрони.

Вредност електричне струје одређена је односом количине наелектрисања која прође кроз попречни пресек проводника и времена протицања струје.

Електрични напон (U) – величина једнака разлици електричних потенцијала између двеју тачака у електричном пољу; јединица је **волт** [V].

Електрично поље – око сваког наелектрисаног тела постоји електрично поље, које се испољава силом којом наелектрисано тело од којег потиче електрично поље делује на друга наелектрисана тела (честице).

Електролиза – процес издвајања супстанце на електродама у току протицања електричне струје у електролиту.

Електролит – супстанца чији раствор проводи електричну струју; обично су то раствори киселина, база и соли. Носиоци електричне струје у електролитима су позитивни и негативни јони.

Електромагнет – завојница (соленоид) са гвозденим језгром кроз коју се пропушта електрична струја.

Електрон (e) – елементарна честица која улази у састав атома, односно његовог омотача; маса електрона је $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, наелектрисање електрона је негативно и износи $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Елементарна количина наелектрисања (e) – количина наелектрисања протона ($+e$), односно количина наелектрисања електрона ($-e$). Апсолутна вредност количине наелектрисања једног протона или електрона, изражена у кулонима, износи: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ С.

3

Закон одржања количине наелектрисања – у сваком процесу укупна количина наелектрисања тела (честица) остаје непромењена (стална).

Звук – облик механичког таласа који се опажа чулом слуша.

Звучна резонанција – нагло појачање звука када се фреквенција звучног извора поклопи са сопственом фреквенцијом тела које је изазвано на принудно осциловање.

Зрак – линија (правац) дуж које се простира талас (светлост), односно одговарајућа енергија; скуп више зрака назива се **сноп**.

I

Индекс преламања светлости (n) – одређује се односом брзина светлости у двема провидним срединама; индекс преламања неке провидне средине у односу на вакуум назива се **апсолутни индекс преламања**.

J

Јачина електричног поља (\vec{E}) – одређена је односом сile, којом поље делује на наелектрисано тело и количине наелектрисања тог тела:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \text{ Изражава се њутнима по кулону } [\frac{N}{C}].$$

K

Количина наелектрисања (q) – величина којом се квантитативно одређује (описује) наелектрисање тела. Количина наелектрисања тела је целобројни умножак (мултипл) количине наелектрисања једног електрона, односно протона: $q = n e$, где је n – цео број.

Кулон [C] – јединица количине наелектрисања која садржи $6,22 \cdot 10^{18}$ елементарних количина наелектрисања исте врсте (електрона или протона).

Кулонов закон – вредност сile којом се привлаче или одбијају два наелектрисана сферна или тачкаста тела сразмерна је произвodu њихових количина наелектрисања, а обрнуто сразмерна квадрату њиховог међусобног растојања; правац сile се поклапа са правцем најкраћег растојања међу телима (честицама), а смер сile од једног ка другом телу ако је сила привлачна (разноимена наелектрисања), а од тела када су она истоимено наелектрисана.

L

Линије сile електричног поља – показују правац и смер кретања честице са позитивном количином наелектрисања у електричном пољу.

Лонгitudинални (уздужни) таласи – настају када честице осцилују у правцу (дуж) простирања таласа.

Лупа – сабирно сочиво мале жижне даљине; служи за посматрање ситних предмета кад нису потребна велика увећања (до десетак пута).

M

Магнетна индукција (\vec{B}) – величина којом се описује магнетно поље; мерна јединица магнетне индукције је **тесла** [T].

Магнетни флукс (Φ) – број линија сile магнетног поља које пролазе кроз одређену површину, обележава се са Φ ; јединица магнетног флуksа је **вебер** [Wb]: хомогено магнетно поље магнетне индукције од једног тесле [T] има магнетни флукс од једног вебера [Wb] кроз нормалну површину од једног квадратног метра [m^2].

Магнетно поље – облик физичког поља које постоји у простору око сваког магнета и проводника са струјом; испољава се силом којом делује на друге магнете, гвоздене (челичне) предмете; геометријски се приказује линијама сile.

Масени број атомског језгра (A) – представља укупан број протона (Z) и неутрона (N) у језгру ($A = Z + N$).

Механички талас – процес преношења осцилација од једне на друге честице дате средине, а тиме и одговарајуће механичке енергије.

Микроскоп – оптички инструмент за посматрање ситних предмета или сићушних организама невидљивих „голим“ оком; састоји се из објектива и окулара који се налазе на супротним странама цеви (тубуса). Увећавају предмете и до 3000 пута.

Молекул – најмања честица супстанце која има њена хемијска својства, а састоји се од одређеног броја атома.

H

Неутрон (n) – електрично неутрална честица, са масом око 1840 пута већом од масе електрона, нешто већом од масе протона ($m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg).

Нуклеарна ланчана реакција – процес у коме се у веома кратком времену (реда микросекунде) остварује фисија огромног броја атомских језгара уз ослобађање велике енергије.

Нуклеарна сила – повезује протоне и неутроне (нуклеоне) у атомском језгрлу и тиме његову релативну стабилност, кратког су домета (реда величине атомског језгра), око 10^2 пута већег интензитета од интензитета електричне сile, а приближно 10^{40} пута од гравитационе сile, не зависи се од наелектрисања нуклеона (приближно имају исту вредност између протона-протона, протона-неутрона и неутрона-неутрона).

Нуклеарна физија – деоба (цепање) атомског језгра на два нова језгра, при чему се емитују два до три неутрона и гама-зраци уз ослобађање релативно велике енергије.

Нуклеарна физија – спајање (фузија) два атомска језгра лаких елемената и формирање новог језгра уз ослобађање огромне енергије и честица.

Нуклеарни реактор – технички систем (постројење) у коме се остварује, одржава и контролише нуклеарна ланчана реакција; користи се у научно-истра-живачком раду, за покретање парних турбина помоћу којих се производи електрична енергија, погон бродова, подморница... и нажалост за производњу фисионог материјала (нуклеарног горива) за прављење нуклеарних бомби и пројектила.

O

Огледало – глатка, равна или сферна посребрена површина која одбија упадну светлост одређене таласне дужине (фrekвенције).

Одбијање светlosti – настаје када светлост (светлосни зраци) нађе на граничну површину која раздваја две средине различитих густине и одбија се тако што је упадни угао једнак одбојном углу.

Ом [Ω] – јединица електричне отпорности проводника; проводник има отпорност од једног ома ако потенцијална разлика од једног волта на његовим крајевима, узрокује струју од једног ампера ($\Omega = \frac{V}{A}$).

Омов закон за део електричног кола: једносмерна електрична струја у датом делу (потрошачу) кола сразмерна је електричном напону на његовим крајевима, а обрнуто сразмерна његовој електричној отпорности.

Омов закон за неразгранато цело електрично коло: једносмерна електрична струја сразмерна је електромоторној сили извора, а обрнуто је сразмерна збиру спољашње и унутрашње отпорности у колу.

Оптика – део физике у којој се проучавају светлосне појаве, њихови закони и на њима заснована примена.

Оптичка призма – провидно тело (од стакла или неког другог прозрачног материјала), које има бар две углачење површине које се секу под одређеним углом.

Оптичко сочиво – провидно тело од стакла, пластичне или друге провидне супстанце чије су обе граничне површине сферног облика, или чија је једна гранична површина сферна, а друга равна; постоје сабирна и расипна сочива (сабирна су најдебља на средини, а расипна су најтеша).

Осцилатор – систем (тело закачено за опругу, математично клатно) који производи осцилације одређене фrekвенције и сталне амплитуде.

Осцилаторно кретање – кретање тела по правој линији наизменично у једном и другом смеру око равнотежног положаја.

Осцилације – периодичне промене стања кретања тела (честице) у току времена; најједноставнији облик механичких осцилација су хармонијске осцилације (тела везаног за еластичну металну опругу или математичког клатна).

Отпорност паралелно везаних отпорника – реципрочна вредност еквивалентне отпорности једнака је збиру реципрочных вредности појединачних отпорности отпорника.

Отпорност редно везаних отпорника – еквивалентна отпорност једнака је збиру њихових електричних отпорности.

P

Период осциловања – време за које тело (честица) изврши једну осцилацију.

Период (врсмс) полураспада (T) – време за које се почетни број атома радиоактивног елемента смањи на половину; обично се обележава са T .

Периодично кретање – кретање тела (честице) које се после одређеног времена понавља на исти начин.

Потенцијал електричног поља (ϕ) – одређен је количником електричне потенцијалне енергије и количине наелектрисања у датој тачки поља ($\phi = \frac{E_p}{q}$): мерна јединица је волт [$V = \frac{J}{C}$].

Преламање светlosti – промена правца светлосних зрака на граничној површини која раздваја две средине различитих густине; ако зрак прелази из ређе у гушћу средину (из ваздуха у воду) прелама се према нормали, а из гушће у ређу средину (из воде у ваздух) од нормале.

Природна радиоактивност – појава спонтаног (без спољашњих утицаја) претварања нестабилних атомских језгара једног хемијског елемента у језгра других елемената уз емисију алфа-честица, бета-честица и гама-зрачења.

Протон (p) – честица са позитивном количином паелектрисања, која је по апсолутној вредности једнака количини наелектрисања електрона. Маса је нешто мања од масе неутрона, а око 1836,12 пута већа од масе електрона.

P

Рад једносмерне електричне струје (A) – у неком делу (потрошачу) електричног кола једнак је производу напона на крајевима тога дела кола, струје и времена њеног протицања; јединица рада електричне струје је цул [J], која је мерна јединица међухарактеристичког рада и енергије ($J = V \cdot A \cdot s$).

Радиолошка деконтаминација – отклањање радиоактивних супстанци којима је загађена животна средина (вода, ваздух, земљиште, разни предмети) или човеково тело.

Радиолошка контаминација – загађење животне средине (воде, ваздуха, земљишта) и хране (укључујући и организам живих бића) радиоактивним супстанцима.

C

Слободни електрони – електрони који се налазе на периферији електронског омотача (најудаљенији од језгра); њихова веза са матичним језгром је веома слаба, зато се лако ослобађају те везе и понашају се скоро као слободни.

Снага једносмерне електричне струје (P) – једнака је производу електричног напона и струје; јединица снаге је **ват**. Ват је једнак производу волта и ампера ($W = V \cdot A$).

Специфична електрична отпорност – отпорност проводника дужине од 1 м и површине пресека 1 m^2 на температури од 0°C .

T

Таласна дужина (λ) – растојање које пређе талас за један период.

Тесла [T] – мерна јединица магнетне индукције (магнетног поља): ако магнетно поље има флукс од једног вебера [Wb] кроз нормалну површину једног квадратног метра [m^2], онда магнетна индукција тог поља износи један **тесла** [$T = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$].

F

Фреквенција (учестаност) таласа (звука) – број осцилација које тело (честица) изврши у једној секунди; означава се са v или f .

X

Херц [Hz] – мерна јединица за фреквенцију (учестаност); ако тело (честица) изврши једну осцилацију у секунди, кажемо да има фреквенцију од једног **херца**.

П

Цул-Ленцов закон: количина топлоте ослобођене у проводнику кроз који противчестална једносмерна електрична струја једнака је производу струје на квадрат, електричне отпорности проводника (потрошача) и времена протицања струје.

ЛИТЕРАТУРА

- Д. Капор, Ј. Шетрачић: **ФИЗИКА** за VI разред основне школе, Завод за уџбенике, Београд, 2008
- Ј. Шетрачић, Д. Капор: **ФИЗИКА** за VII разред основне школе, Завод за уџбенике, Београд, 2009
- Г. Димић, Д. Илић, Ј. Томић: **ФИЗИКЛ** за VII и VIII разред основне школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1970
- М. Распоповић и остали: **ФИЗИКА** за VI, VII и VIII разред основне школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1996
- М. Бабић и остали: **ФИЗИКА** за VII и VIII разред основне школе, Профил, Загреб, 1999
- E. Zalamea, R. Paris, J. A. Rodriguez: **FISICA 1–3**, EMV – Educar, Bogota (Colombia), 1985
- G. Gamov, J. M. Cleveland: **PHYSICS, Foundation and Frontiers**, Prentice – Hall, New Jersey (U.S.A.), 1969
- R. Resnick, D. Holliday, K. S. Krane: **PHYSICS I & II**, J. Wiley & Sons, New York (U.S.A.), 1992
- И. Јанић, Д. Мирјанић, Ј. Шетрачић: **ОПШТА ФИЗИКА И БИОФИЗИКА**, Матићграф, Бања Лука, 1993
- И. Драганић: **КРОЗ СВЕТ РАДИЈАЦИЈА И РАДИОАКТИВНОСТИ**, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1996
- М. Пупин: **СА ПАШЊАКА ДО НАУЧЕЊАКА**, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1996
- В. Његован: **НИКОЛА ТЕСЛА ХЕРОЈ ТЕХНИКЕ**, Просвjeta, Загреб, 1950

САДРЖАЈ

ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ	9
Осцилаторно кретање	11
Осциловање тела закаченог о опругу	11
Осциловање куглице обешене о конац	11
Величине којима се описује осцилаторно кретање	12
Закон одржања механичке енергије при осциловању тела	13
Таласно кретање (механички таласи)	14
Врсте механичких таласа	15
Основне величине којима се описује таласно кретање	16
Звук	18
Како настаје звук?	19
Извори звука	19
Карakterистике звука	20
Звучна резонанција	21
Заштита од буке	22
Систематизација и обнављање градива	23
Прва лабораторијска вежба	25
Питања и задаци са одговорима и решењима	27
Тест знања	33
 СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ	35
Увод	36
Светлосни извори	37
Праволинијско простирања светlostи	38
Сенка и полусенка	39
Помрачење Сунца и Месеца	39
Одбијање светlostи	40
Равна огледала	41
Дифузна светlost	42
Сферна огледала	43
Лик предмета код сферних огледала	44
Брзина светlostи	47
Преламање светlostи. Индекс преламања	48
Тотална рефлексија светlostи	51
Преламање светlostи кроз призму и сочива	54
Конструкција лица предмета код сочива	56
Јачина и увећање сочива	57
Оптички инструменти	58
Лупа	59
Микроскоп	60
Систематизација и обнављање градива	62
Друга лабораторијска вежба	66
Трећа лабораторијска вежба	68

Питања и задаци са одговорима и решењима	70
Тест знања	79
ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ	81
Увод	82
Теорија атома о наелектрисавању тела	82
Наелектрисавање тела	84
Проводници и изолатори	86
Количина наелектрисања. Елементарна количина наелектрисања	86
Закон одржања количине наелектрисања	88
Узајамно деловање наелектрисаних тела. Кулонов закон	89
Електрично поље	90
Линије силе електричног поља	91
Јачина електричног поља	92
Нехомогено и хомогено електрично поље	93
Рад силе електричног поља	94
Електрични потенцијал и напон	95
Веза јачине хомогеног електричног поља и напона	97
Електричне појаве у атмосфери	98
Систематизација и обнављање градива	100
Питања и задаци са одговорима и решењима	103
Тест знања	107
ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	109
Увод	110
Услови настајања електричне струје	110
Извори електричне струје	112
Једносмерна електрична струја	115
Електрично коло једносмерне струје	115
Вредност једносмерне струје	116
Мерење електричне струје и напона	118
Електрична отпорност проводника	119
Омов закон за део електричног кола	121
Омов закон за цело струјно коло	123
Рад и снага електричне струје	123
Цул–Ленцов закон	125
Везивање отпорника	126
Електрична струја у флуидима (течностима и гасовима)	127
Систематизација и обнављање градива	130
Четврта лабораторијска вежба	133
Пета лабораторијска вежба	135
Шеста лабораторијска вежба	137
Питања и задаци са одговорима и решењима	140
Тест знања	149
МАГНЕТНО ПОЉЕ	151
Увод	152
Магнетно поље сталног магнета	153

Магнетно поље Земље	154
Магнетно поље електричне струје	154
Линије силе магнетног поља праволинијског проводника	156
Магнетно поље кружног проводника	157
Магнетно поље соленоида	158
Магнетна индукција	158
Електромагнет	159
Магнетни флукс	159
Дејство магнетног поља на струјни проводник	160
Систематизација и обнављање градива	162
Питања и задаци са одговорима и решењима	163
Тест знања	166
 ЕЛЕМЕНТИ АТОМСКЕ И НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ	175
Структура атома	177
Основне карактеристике језгра	179
Нуклеарна сила	180
Природна радиоактивност	180
Радиоактивно зрачење	180
Алфа-распад	182
Бета-распад	182
Период (време) полураспада	184
Биолошко дејство радиоактивног зрачења	184
Заштита од радиоактивног зрачења	186
Вештачка радиоактивност	187
Нуклеарна фисија	189
Нуклеарна ланчана реакција	189
Нуклеарна фузија	190
Примена нуклеарне енергије	192
Систематизација и обнављање градива	194
Питања и задаци са одговорима и решењима	197
Тест знања	201
 ФИЗИКА И САВРЕМЕНИ СВЕТ	203
Физика и техника	203
Физика и друге природне науке	204
Физика и хемија	205
Физика и математика	206
Физика и медицина	206
 РЕШЕЊЕ ТЕСТОВА	208
Осцилаторно и таласно кретање	208
Светлосне појаве	210
Електрично поље	212
Електрична струја	215
Магнетно поље	217
Елементи атомске и нуклеарне физике	219
Речник значајних појмова	223
Литература	226



Др Милан О. Распоповић
Богдан Д. Пушара

ФИЗИКА
СА ЗБИРКОМ ЗАДАТАКА,
ЛАБОРАТОРИЈСКИМ ВЕЖБАМА И ТЕСТОВИМА
за 8. разред основне школе

Прво издање, 2021. година

Издавач
Завод за уџбенике, Београд
Обилићев венац 5
www.zavod.co.rs

Ликовни уредник
Биљана Савић

Графички уредник
Мирослав Радић

Лекцијор и корекцијор
Чедо Недељковић

*Ликовно-графичко обликовање,
илустрације, дизајн и корице*
Тома Сарамандић

Комијућерско-графичка обрада
Мирко Јсковић

Обим
29 штампарских табака

Формат
20,5 × 26,5 cm

Рукопис предат у штампу 2021. године
Штампање завршено 2021. године

Штампа

CIP – Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

37.016:53(075.2)

РАСПОПОВИЋ, Милан О.

Физика 8 : са збирком задатака, лабораторијским вежбама и тествовима : за 8. разред основне школе / Милан О. Распоповић, Богдан Д. Пушара ; [илустрације Тома Сарамандић]. - 3. изд.
- Београд : Завод за уџбенике, 2013 (Лозница : Младост
груп). - 226 стр. : илустр. ; 27 cm

Тираж 7.000.

-- Физика 8 [Електронски извор]. - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) ; 12 cm

ISBN 978-86-17-18285-2

1. Пушара, Богдан Д. [аутор]

COBISS.SR-ID 279521799