OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

MLADI FIZIČAR objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i svima koje interesuju prirodne nauke.

PRILOZI KOJE NAM ŠALJETE, osim rešenja zadataka, treba da budu otkucani sa dvostrukim proredom na hartiji formata A4 i ne treba da budu duži od **3-4 kucane strane**. Crteži moraju biti izrađeni tušem na posebnoj hartiji.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU. Uređivački odbor zadržava pravo da rukopise rediguje bez traženja posebne saglasnosti autora, i da ih objavljuje redom koji ne zavisi od reda prispeća.

MLADI FIZIČAR izlazi četiri puta godišnje. Možete da postanete pretplatnik kada to poželite. Informacije o ceni ovog i narednih brojeva možete dobiti na telefone "Kluba NT" (011)644-593, 642-870, 643-241. Potrebno je da nas običnim pismom obavestite o broju primeraka na koji se pretplaćujete (na adresu: "Klub NT", Narodnog fronta 31, Beograd), da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro-račun "Kluba NT": **60806-603-36201**, Beograd, sa obaveznom naznakom "**za MLADI FIZIČAR**".

AKO NARUČITE VIŠE OD 20 PRIMERAKA (KOMPLETA) i blagovremeno izvršite uplatu, odobravamo vam rabat od 10%.

Priloge slati na adresu:

1. Društvo fizičara Srbije, 11080 Zemun, Pregrevica 118.
2. "Mladi fizičar", Redakcija,
   11000 Beograd, Studentski trg 12-16, tel. 3282-111/809

Obaveštenja:

1. Evidencija pretplate: "Klub NT" (011)644-593
2. Reklamacije i druge informacije: Sekretar Društva (011)107-107
3. Nabavka ovog i starih brojeva časopisa:
   Knjižara "Studentski trg", Beograd, Studentski trg 6, (011 185-295)
   Knjižara "MST Gajić", Beograd, Narodnog fronta 31, (011 642-870)

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo fizičara Srbije i "Klub NT"

Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329 od 29.9.1976. godine

Štampa: "MST Gajić", Beograd

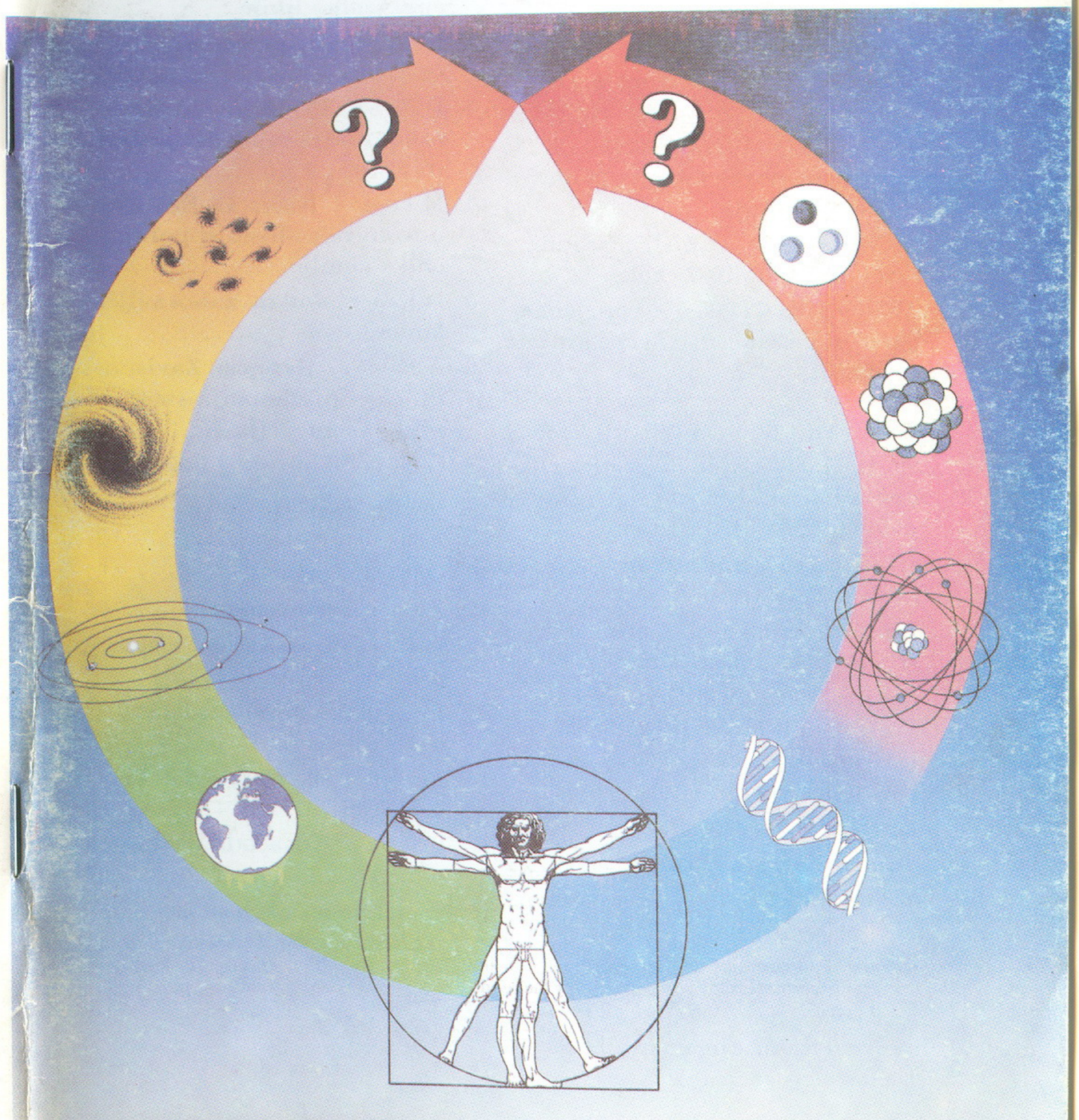
YU ISSN 0351-5575

48

93/94

МЛАДИ ФИЗИЧАР

часопис из физике за ученике



DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR Naučno-obrazovni časopis iz fizike za učenike osnovnih i srednjih škola, godina XII, broj 48 (1993/94).

YOUNG PHYSICIST Magazine for elementary and secondary school students.

JEUNE PHYSICIEN Journal pour les éléves des écoles élémentaires et secondaires.

JUNGER PHYSIKER Zeitschrift für Volks und Mittelschüler.

МОЛОДОЙ ФИЗИК Журнал для учеников начальных и средних школ

Izdaje: DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE, 11080 Zemun, Pregrevica 118, u saradnji sa „Klubom NT", Narodnog fronta 31, Beograd

Glavni i odgovorni urednik: Jablan Dojčilović

Urednici: D.Popović, A.Srećković, D.Kapor, M.Dimitrijević

Uređivački odbor: M.Burić, M.Ćuk, V.Žigman, R.Miler, R.Đorđević, D.Grujić, V.Babović, T.Senćanski, D.Filipović, D.Beodranski

Lektor: Slavica Koledin

Tehnička obrada: Lj.Damjanović, M.Perković

Ilustracije: N.Ubović, S.Milić, B.Vild

Naslovna strana: Da li možda mikrosvet i Kosmos imaju zajedničko ishodište? (strana 14)

S A D R Ž A J

1. S.Đeniže **Intenzitet i oblik spektralne linije** 1
2. P.Adžić: **Akceleratori čestica** 6
3. D.Redžić: **Doplerov efekat i zakoni održanja energije i impulsa** 11
4. M.Popović-Božić: **O Eratostenovom određivanju poluprečnika zemlje** 15
5. D.Kapor: **Jadan zaboravljeni komad** 16
6. A.Babić i Z.Radojčin: **Zavisnost indeksa prelamanja svetlosti od koncentracije** 19
7. G.Novak: **Sam svoj fizičar** .. 22
8. Zadaci za domaći rad 25
9. Konkursni zadaci 27
10. Odabrani zadaci 32
11. Zadaci iz astronomije 33
12. Zadaci sa klasifikacionog ispita iz fizike 33
13. Rešenja konkursnih zadataka iz MF–45 37
14. Rešenja konkursnih zadataka iz MF–46 40
15. D.Kapor: **Nova edicija knjiga iz fizike** 47
16. Spisak učenika koji su uspešno rešili konkursne zadatke 48

ФИЗИКА ДАНАС

ИНТЕНЗИТЕТ И ОБЛИК СПЕКТРАЛНЕ ЛИНИЈЕ

Стеван Ђениже, Физички факултет, Београд

Одувек смо желели да сазнамо карактеристике атома и молекула, од којих смо и сами изграђени, као и Универзума, чији смо делови. Фотони, који се емитују из атома (јона, молекула, молекулских јона, итд.), сведоци су интеракција у самоме атому, као и интеракција којима је атом у тренутку емитовања изложен на датом месту у Универзуму. Фотони су, дакле, весници и микро- и макросвета. Треба их само пажљиво регистровати и анализирати!

Као што знамо (према Бору), деексцитацијом побуђеног енергијског стања атома (или јона), емитује се фотон енергије

$$E_{if} = E_i - E_f = h\nu_{if}, \qquad (1)$$

где i и f представљају квантне бројеве полазног, горњег (иницијалног) и крајњег, доњег (финалног) стања. Учестаност фотона је увек строго одређена разликом енергија i и f стања. Ако се n_i (m^{-3}) атома исте врсте (у даљем тексту емитера) у јединици запремине налази у i-том побуђеном стању, онда ће процесима спонтане деексцитације (када су одсутни процеси сударне деексцитације или индукована емисија) сви они, кад-тад, да се врате у своја основна стања. Деексцитација ће се одигравати по енергијским нивоима сходно законима избора. Боравећи у побуђеном i-том стању, електрон, у току деексцитације, прелази на ниво f стања са $f < i$. Време боравка у неком стању, пре одигравања спонтане деексцитације, реда је величине $(10^{-8} - 10^{-9})$ s и назива се средњим временом живота атома. Реципрочна вредност средњег живота представља вероватноћу за неки догађај у јединици времена. Јасно је да је догађај баш спонтана деексцитација i-тог стања. Обзиром да се она може одиграти између i-тог стања и свих f стања, од $f = i - 1$ до $f = 0$ (основно стање), онда има смисла за сваки прелаз са i-тог нивоа на неки f-ти увести вероватноћу спонтане деексцитације у јединици времена

(A_{if}). Средње време живота (τ_i) i-тог стања је онда:

$$\tau_i = \frac{1}{\sum\limits_{f=i-1}^{0} A_{if}}. \tag{2}$$

Што је средње време боравка (живота) у неком стању дуже, вероватноћа спонтане деексцитације је мања, и обрнуто. Од свих n_i атома само ће део "изабрати" један одређени $i \to f$ прелаз. Број прелаза $i \to f$, који може довести до емисије фотона учестаности ν_{if}, је тада

$$n_i A_{if}. \tag{3}$$

Сваки од тих прелаза (спонтана емисија) доводи до појаве једног фотона у јединици времена. Укупна енергија, емитована из јединичне запремине, у јединици времена у јединични просторни угао на учестаности ν_{if} тада износи:

$$I_{if} = \frac{n_i h \nu_{if} A_{if}}{4\pi} \qquad \left(\frac{W}{m^3 srad}\right) \tag{4}$$

и представља укупну емитовану снагу на горе наведеним условима (назива се још и запреминска емисиона густина, емисиони коефицијент или емисивност). Појава спектралне линије (видети у оптици питања везана за пролажење електромагнетног зрачења кроз пукотине), дакле, сведочи о истовременој спонтаној деексцитацији у великом броју атома путем истог квантног прелаза. Велики број ($N_A = 10^{23}$) сличних јединки представља физички систем, у којем, поред карактеристика јединки, долазе до изражаја и колективни ефекти који карактеришу систем у зависности од интеракција у систему, просторних димензија и енергијског стања система.

На емисивност извора, дакле, може се утицати, пре свега, преко густине побуђених емитера (n_i) неког стања i. Зато се n_i и назива популацијом (насељеношћу) стања i. У реализацији насељености n_i учествују процеси атомске физике (сударна ексцитација, фотоапсорпција, радијативна рекомбинација, спонтана емисија, сударна рекомбинација итд.), при чему ће само стање система одредити доминантност улоге неких или неког од процеса. У рачунању n_i морају се знати вероватноће појединих атомских процеса (ефикасни пресек), као и функције расподела учествујућих честица (електрон, јон, атом, фотон, итд.), у атомским процесима.

Од укупне емитоване снаге I_{if} само део (J_{if})

$$J_{if} = I_{if}\alpha \tag{5}$$

стиже до експерименталног уређаја, који се увек налази на неком коначном растојању од извора зрачења и назива се интензитетом спектралне линије. Коефицијент α (увек је $\alpha < 1$) зависи од геометријске расподеле извор-детектор и од карактеристика средине кроз коју се посматрано зрачење преноси. У себи крије интересантне податке о апсорпционим способностима преносне средине. Ово последње је посебно питање и не мали проблем у астрофизици, где се посматрају зрачења из врло јаких извора (звезда).

Једначина

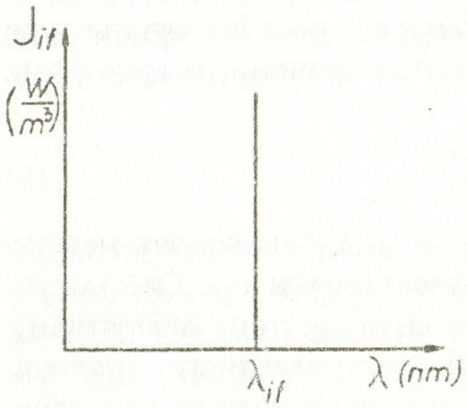
$$J_{if} = \frac{n_i h \nu_{if} \alpha A_{if}}{4\pi} \tag{6}$$

пружа могућност добијања података о: n_i, α и A_{if} на основу мерења укупног интензитета спектралне линије учестаности ν_{if}. Ове могућности се обилно користе у спектроскопској дијагностици лабораторијских и звезданих плазми, као и у познатој спектрохемијској анализи. Одређивање вероватноће спонтане деексцитације из интензитета спектралне линије је једна од данас успешно коришћених експерименталних метода. Видеће се у каснијим поглављима да познавање A_{if} може представљати оријентир за теоријска моделирања која омогућују у квантној механици налажење тзв. функција стања атома пре и после деексцитације ($i \to f$).

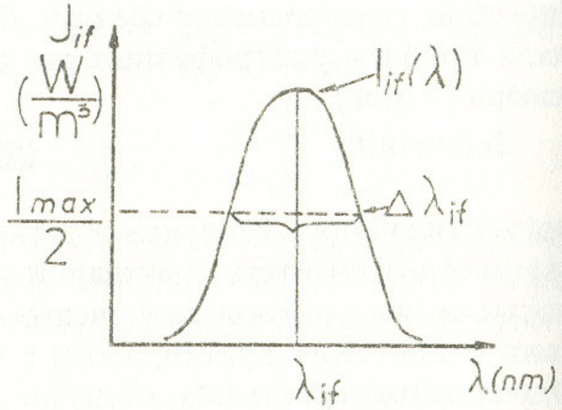
Спектрална линија, дакле, настаје емисијом великог броја јединки у систему и као таква мора истовремено да карактерише и јединку (емитер), али и услове у систему који су присутни у тренутку емисије. Заиста, када се оптичким инструментима велике моћи разлагања погледа спектрална линија, види се да представља неку расподелу (функционална зависност од λ) и да није бесконачно танка, као што је приказано на слици 1. Зависност $J(\lambda)$ назива се обликом или профилом спектралне линије, а ширина $\Delta\lambda$ те расподеле на половини максималног интензитета је тзв. полуширина спектралне линије (сл.2). На основу тога јасно нам је да су, поред таласне дужине (λ_{if}), и $J_{if}(\lambda)$ и $\Delta\lambda_{if}$ карактеристике спектралне линије. Док λ_{if} зависи од особености јединке, дотле се кроз $J_{if}(\lambda)$ и $\Delta\lambda_{if}$ испољавају карактеристике система, којем јединка у току своје емисије припада. Постојање $J_{if}(\lambda)$ само по себи сведочи о расподели емитованих фотона у једном уском интервалу спектра, а то значи да и њихови емитери, атоми, такође подлежу некаквој расподели. Ово је могуће само малим повећањем ширина нивоа ΔE_i и ΔE_f на вредностима енергија горњег E_i и доњег E_f енергијског стања, при чему те

ширине оштре енергијске нивое претварају у уске, али ипак коначне, енергијске интервале (сл.3). Ширине енергијских нивоа могу се разликовати од атома до атома. На тај начин електрони различитих атома имају различите, мада јако блиске, енергијске интервале у току истог квантног прелаза, а највећи број њих ће и "изабрати" прелаз за који је

$$\Delta E = E_i - E_f = h\nu_{if} = \frac{hc}{\lambda_{if}}.$$

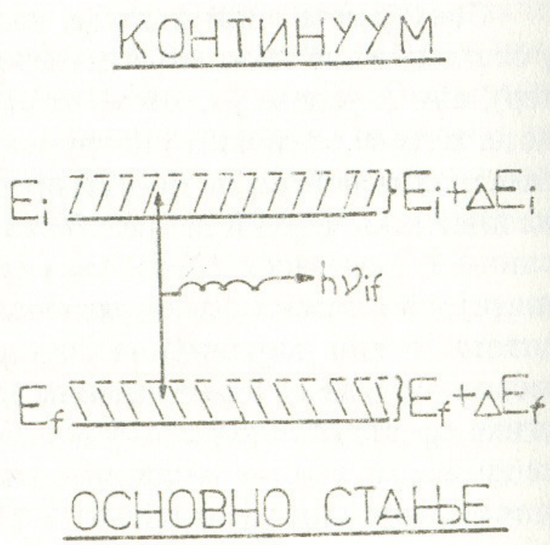


Слика 1



Слика 2

Зато је на λ_{if} и постигнут максимум интензитета спектралне линије. Ширине енергијских стања се рачунају на основу временски зависног пертурбационог рачуна и сведоче о постојању интеракција којима је атом изложен у току емисије. Природа просторне расподеле енергије у микросистемима (релација неодређености) доводи до тзв. природног ширења енергијских нивоа и код изолованог атома, тј. када су одсутне све интеракције емитера са својом околином. Резултат тога је увек присутно природно ширења спектралних линија. Полуширина природног ширења је мала и реда је величине 10^{-14} m.



Слика 3.

Временски зависне интеракције, којима је емитер изложен у току емисије, потичу или од спољашњег електричног, магнетног, изузетно

јаког гравитационог поља или од тзв. краткодометне, Van der Vals-ове интеракције. Свака од тих интеракција, на себи својствен начин, уписује се преко ΔE_i и ΔE_f у облик спектралне линије. Тако је у облику спектралне линије записано све о условима који су владали у систему у тренутку настанка линије. На основу овога одмах постаје јасно зашто је анализа облика спектралних линија постала једна од најинтересантнијих области у физици и астрофизици. Наиме, фотони, груписани у спектралне линије, стални су и поуздани преносиоци информација о догађањима у свемиру. Сакупљајући те фотоне, земаљским и сателитским спектрографима, у могућности смо да анализирамо спектралну линију и на основу утврђених λ_{if}, J_{if} и $\Delta\lambda_{if}$ судимо о емитеру (који је Z, колика је концентрација) и којим је интеракцијама био изложен у тој и тој звезди у тренутку настанка линије. Све ове непроцењиве спознаје пружају нам могућност да из дана у дан употпуњујемо слику о развоју свемира и да границе наших сазнања великом брзином померамо.

Ширине ΔE_i и ΔE_f, као што је већ речено, зависе од врсте интеракција и од стања i и f. У неким случајевима неке комбинације ΔE_i и ΔE_f могу довести до померања центра спектралне линије ка мањим (плавим) или ка већим (црвеним) таласним дужинама у односу на положај центра спектралне линије која настаје емисијом атома који нису изложени спољашњим интеракцијама. Овај ефекат је познат као померање спектралне линије, а из карактеристике померања, тзв. помераја, такође се могу извести закључци о врстама интеракција као узрочника.

Ако се узме у обзир да се емитери крећу у току емисије, онда се мора водити рачуна и о утицају познатог Доплеровог (Doppler) ефекта. Као што је познато, наиме у зависности од брзине кретања емитера, долази до промене таласне дужине. Ово се код спектралних линија исказује као увек присутна додатна компонента у полуширини $\Delta\lambda_{if}$ спектралне линије и износи

$$\Delta\lambda_D = \frac{2\sqrt{2\ln 2}\bar{v}\lambda_{if}}{c}. \tag{7}$$

$\Delta\lambda_D$ зависи само од средње брзине кретања емитера. Обзиром да средња брзина емитера зависи од T, доплеровска полуширина се тада може изразити као:

$$\Delta\lambda_D = 7,16 \cdot 10^{-7}\lambda_{if}\sqrt{\frac{T}{M}}\ (nm), \tag{8}$$

где је $T(K)$ температура система, M (а.ј.м.) маса емитера, а λ_{if} (nm) таласна дужина посматране линије. Доплеровско ширење је изразито код лаких и брзих емитера.

ШТА ЈЕ

АКЦЕЛЕРАТОРИ ЧЕСТИЦА (наставак)

Петар Аџић, Институт за нуклеарне науке, "Винча", Београд

Циркуларни (циклични) акцелератори

До сада смо подразумевали да се честице крећу у електричном пољу, а од сада ћемо се бавити кретањем честица у присуству електричног и магнетног поља. Треба одмах истаћи да се убрзавање наелектрисаних честица врши искључиво електричним пољем, док снажно магнетно поље има задатак да принуди честице да се крећу по одређеној кружној путањи и да се тако више пута убрзају. То би, најједноставније речено, био основни принцип на коме су засновани циркуларни или циклични акцелератори. С друге стране, познато је да свако убрзано кретање и одступање кретања наелектрисане честице од праволинијског имају за последицу губитак енергије честице у виду емисије електромагнетне радијације, "тврдих" x-зрака. Такав пример "закоченог зрачења" (bremsstrahlung) срећемо при кретању снопа наелектрисаних честица у електромагнетном пољу. Енергетски губици наелектрисаних честица постају значајнији како њихова енергија расте, а при њиховом убрзавању до релативистичких енергија у синхротронима, где је присутно снажно магнетно поље, представљају већ озбиљан ограничавајући фактор ("синхротронско зрачење"). Овај ефекат је добро објашњен класичном електродинамиком. Интензитет закочног зрачења је пропорционалан квадрату убрзања, а обрнуто пропорционалан квадрату масе наелектрисане честице, што значи да ће ефекти губитка енергије бити најзначајнији код електрона, а мање изражени за теже честице. Услед компоненте трансверзалног убрзања, губитак енергије зрачењем далеко је израженији код циркуларних акцелератора него у линеарним акцелераторима. Интензитет краткоталасног синхротронског зрачења у циркуларним акцелераторима расте као квадрат енергије, а обрнуто је пропорционалан квадрату радијуса орбите честице. Обично се ти губици изражавају снагом синхротронског зрачења, и за честицу масе мировања m_0, која се

брзином β креће по орбити радијуса R, износе:

$$P = C\gamma^4 q^2 \frac{\beta^4}{R^2} \qquad \text{или} \qquad P \simeq C\frac{q^2}{R^2}\left(\frac{E}{E_0}\right)^4, \tag{1}$$

где је C константа, q наелектрисање, а E и $E_0 = m_0c^2$ укупна енергија и енергија мировања честице. Друга формула у (1) односи се на ултрарелативистички случај. Као што се види, снага синхротронског зрачења рапидно расте са енергијом честице, а може се смањити повећавањем радијуса орбите R, сагласно (1). У циркуларним акцелераторима високих енергија, овај енергетски губитак се мора компензовати при убрзавању. Синхротронско зрачење се емитује под врло оштрим углом, који је у простору дефинисан конусом у правцу кретања честица од неколико милирадиана. Треба споменути да данас постоје акцелератори који искључиво производе синхротронско зрачење и њихова намена је врло значајна у апликативним истраживањима.

Код линеарних акцелератора брзина честица је пропорционална дужини акцелераторске ("резонантне") коморе, тако да захтев за повећањем енергије честица значи у исто време и захтев за повећањем димензија акцелераторског система. Проблем је решен тако што је искоришћена идеја да се праволинијска путања убрзавања честица замени спиралном, при чему магнетно поље треба да присили наелектрисане честице да се крећу унутар коморе по таквој путањи. Када се наелектрисана честица, масе m, креће у магнетном пољу, индукције B, по кружној путањи, плупречника r, онда услов равнотеже између Lorentz-ове и центрифугалне силе омогућава да се дође до формуле за кинетичку енергију T и угаону брзину честице ω:

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{mv^2}{2} = \frac{q^2B^2r^2}{2m}, \quad \omega = \frac{v}{r} = \frac{Bq}{m} \quad \text{и} \quad f = \frac{\omega}{2\pi}. \tag{2}$$

Уместо магнетног поља H најчешће се користи магнетна индукција $B = \mu H$. Често се користи релација која повезује магнетно поље и радијус кривине са моментом импулса честице p:

$$Br = \frac{mv}{q} \quad \Rightarrow \quad Br = \frac{p}{q}. \tag{3}$$

У релативистичком третману, ова релација добија следећу форму:

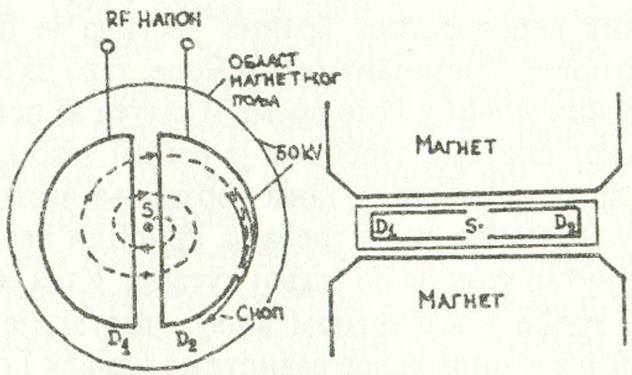
$$Br = \frac{\sqrt{T^2 + 2TE_0}}{qc} \Rightarrow Br = \frac{\sqrt{T^2 + 2TE_0}}{300Z} \qquad (T, m, MeV) \tag{3'}$$

где је Z број елементарних наелектрисања честице или јона. Време потребно да честица при нерелативистичком кружном кретању комплетира једну орбиту дато је са:

$$\tau = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\frac{qBr}{m}} = \frac{2\pi m}{Bq}, \quad \text{где је искоришћено} \quad v = \frac{qBr}{m}. \tag{4}$$

У свим циркуларним акцелераторима типичан број обртаја честице пре екстракције, на пример протона, износи 10^5, а при сваком обртају протон добије просечну "порцију" енергије од $0,1\ MeV$.

Зачетком циркуларних машина сматра се конструкција и почетак рада првог циклотрона (cyclotron) 1931. и 1932. године у САД од стране Lawrence-а, Livingston-а и њихових сарадника. Уз помоћ наведених релација (1), (2) и (3) може се објаснити принцип рада циклотрона приказаног на слици 1.



Слика 1

Две електроде, у облику расечене сферне кутије (дуанти, D_1 и D_2), налазе се између полова снажног електромагнета који производи магнетно поље индукције B. Јони се из јонског извора убацују у центар ($r = 0$) коморе S. Магнетно поље присиљава честице да се крећу унутар дуаната, тако што се полупречник орбите стално повећава како честице добијају убрзање. Наизменични (RF) напон, који генерише променљиво електрично поље, прикључен је на дуанте и врши убрзавање кад год честице пролазе кроз простор између дуаната. То значи, после сваке половине орбите, знак поља мора да се мења. Под условом да су честице у фази са електричним пољем (услов синхроности), процес убрзавања траје док се не достигне жељена енергија, која одговара одређеном екстракционом радијусу (r_e) када се честице избацују (екстрахују) из коморе.

Енергије до којих се честице могу убрзавати у класичном циклотрону ограничене су у највећој мери ефектом релативистичког пораста масе. Када честице достигну одређену (критичну) енергију, њихова маса почиње да се повећава (познати релативистички ефекат); тада оне почињу да заостају у фази за променом електричног поља, чиме се нарушава синхроност. Другим речима, фреквенција њиховог обртања није више у фази са фреквенцијом побудног електричног поља, тако да се због неусаглашености проласка честица кроз простор између дуаната и промене електричног поља губи ефекат убрзавања. Као што се може закључити на основу релације (5):

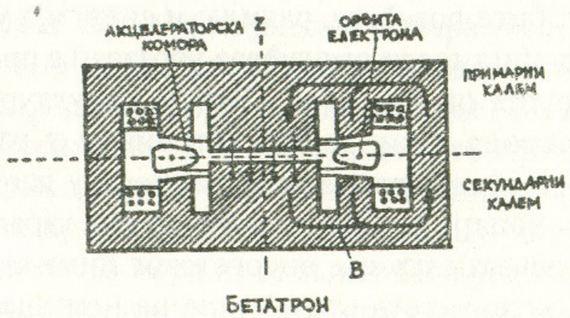
$$\omega = \frac{Bq}{m} = \frac{qB}{m_0\sqrt{1+\left(\frac{T}{E_0}\right)^2}} = \frac{\omega_0}{\sqrt{1+\left(\frac{T}{E_0}\right)^2}}, \quad \omega_0 = \frac{Bq}{m_0}, \tag{5}$$

где је $E_0 = m_0c^2$, ω се смањује и све више разликује од ω_0 кад енергија честице расте ($T > E_0$). Одржавање синхронизације изнад критичне енергије може се постићи на два начина: променом (смањењем) фреквенције побудног радиофреквентног напона (ω_0) или променом магнетне индукције B, у складу са повећањем масе честице према (4). Критична енергија, при којој се испољава релативистички ефекат за протоне, има приближну вредност 15 MeV за деутероне 25, а за α-честице 50 MeV.

Циклотрони код којих је фреквенција обртања променљива, $\omega = \omega(t)$, а магнетни флукс константан, $B = const$, називају се *синхроциклотрони* (synchrocyclotron), фазотрони или фреквентно модулисани циклотрони. Како енергија честица расте, фреквенција се постепено смањује, да би се кретање честица (јона) стабилизовало и то тако да се за време фазе, када се саопштава одређена "порција" енергије и када се радијус орбите повећава, радијус и енергија увек поклапају. Овај принцип фазне стабилности омогућава убрзавање протона у синхроциклотрону до енергија од 700 MeV. Важна структурна разлика између класичног циклотрона и синхроциклотрона је у томе што се излазна енергија код синхроциклотрона може мењати у доста широком опсегу. Струја излазног снопа је приближно 1% од оне карактеристичне за циклотроне. Значи, превазилажење енергетског лимита овде је учињено на рачун смањења интензитета струје) снопа честица. Озбиљан проблем и ограничавајући фактор код синхроциклотрона представља величина магнета, који за веће енергије постаје неекономичан. Како је тежина магнета грубо пропорционална трећем степену његовог полупречника

(R^3), може се закључити да ће цена изградње синхроциклотрона (углавном одређена величином, тј. димензијама магнета) бити приближно пропорционална трећем степену (T^3) максимално предвиђене кинетичке енергије. Најпознатији синхроциклотрони су SC у CERN-у (честице: протони – 600 MeV, деутерони – 400 MeV, α-честице – 910 MeV, максимална струја – неколико μA), који је после 33 године успешне експлоатације престао са радом крајем 1990. године и синхроциклотрон (184 инча дијаметар) у Lawrence Radiation Laboratory, Berkeley, САД (протони – 730 MeV, деутерони – 460 MeV, α-честице – 910 MeV, максимална струја $1,5\ \mu A$).

Код *изохроних* (isochronous) *циклотрона* постоји магнетно поље које се мења радијално и азимутално: $B = B(R, \varphi)$, при чему је φ азимутални угао, док је орбитална фреквенција фиксирана ($\omega = const$). О овом типу циклотрона биће још речи. Неку врсту средњег решења представљао је *бетатрон*, индуковани циркуларни акцелератор за електроне или електронски синхротрон. Код њега се променљивим магнетним флуксом у простору и времену, $B = B(R, t)$, индукује променљиво електрично поље $E = E(t)$, које на фиксираном радијусу ($R = const$) убрзава електроне. Принцип рада бетатрона умногоме подсећа на рад обичног трансформатора (сл.2). Међутим, главну карактеристику бетатрона представља механизам који присиљава електроне да у магнетном пољу, које расте са временом, увек имају адекватну (већу) енергију на истој орбити. Основни услов који треба да буде задовољен код бетатрона, да би орбита била стабилна, јесте да је средње магнетно поље два пута веће од магнетног поља на орбити: $< B >= 2B$. Бетатрон је искључиво намењен убрзавању електрона, и излазне енергије су му ограничене тако да се данас углавном користи у примењеним истраживањима и у клиничкој радиотерапији у медицини.



Слика 2

ДОПЛЕРОВ ЕФЕКАТ И ЗАКОНИ ОДРЖАЊА ЕНЕРГИЈЕ И ИМПУЛСА (II)

Драган Рецић, Физички факултет, Београд

У првом делу овог текста ("Млади физичар" 47, 1992/93) указали смо на један од изазова пред којима су се нашли творци квантне физике.

Уобичајено је, и на први поглед једино могуће, да се формула за оптички Доплеров ефекат у вакууму изводи на основу специјалне теорије релативности и претпоставке да је светлост електромагнетни талас. Са друге стране, према слици света коју даје квантна теорија, светлост се састоји из светлосних кваната. Може ли квантна теорија да објасни једну тако типично таласну појаву као што је оптички Доплеров ефекат у вакууму?

Тачно решење ове квантне загонетке нашао је Ервин Шредингер, играјући се идејама Ајнштајна и Бора. Верујемо да Шредингеров рад "Доплеров принцип и Боров фреквенциони услов", објављен у часопису Physikalische Zeitschrift јула 1922. године, може и данас бити извор ентузијазма и инспирације. Ево како је Шредингер решио проблем.

4. До Доплеровог ефекта доспећемо анализирајући процес емисије фотона од стране ексцитованог атома.[1] Пошто је брзина фотона са најјачим разлогом једнака брзини светлости, наше разматрање се мора базирати на резултатима специјалне теорије релативности.

Шредингер полази од идеје да Ајнштајнов став о еквивалентности масе и енергије треба да буде примењен и на Борова квантна стања атома. Према Шредингеру, дакле, морамо прихватити да атом у одређеном квантном стању има укупну енергију Mc^2, у оном инерцијалном референтном систему у којем мирује; M је одговарајућа маса мировања атома. Различитим квантним стањима одговарају различите енергије (или, еквивалентно: масе) мировања. На тај начин, уместо о Боровом спектру унутрашњих енергија атома, говоримо о спектру маса мировања атома. [Уколико се атом креће брзином $\vec{v}$ у односу на неки референтни систем (а налази се у квантном стању са масом мировања M), онда је укупна енергија атома, у том референтном систему, дата са

$$Mc^2\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\Bigg] .$$

[1] Анализа се односи и на случај када је извор фотона ексцитовани јон или молекул.

Сада ћемо, у најкраћим цртама, анализирати процес емисије фотона од стране ексцитованог атома, у инерцијалном референтном систему у којем атом-извор мирује пре емисије. Из закона одржања импулса следи да, након емисије фотона, брзина атома не може бити нула (фотони поседују импулс!). На основу закона одржања енергије следи

$$M_1c^2 = T + M_2c^2 + E_0, \tag{1}$$

где је M_1 маса мировања атома пре емисије, а M_2 после емисије фотона; T је кинетичка енергија атома након емисије ("енергија узмака"), а E_0 енергија емитованог фотона. [Ако претпоставимо да је $M_1 \leq M_2$, из (1) следи да је $T + E_0 \leq 0$, што је апсурдно. Дакле, мора бити $M_1 > M_2$.] За један одређени квантни прелазак сматрамо да су M_1 и M_2 познате величине. Користећи законе одржања енергије и импулса, није тешко одредити E_0 и T у зависности од M_1, M_2 и c. Ми се овде нећемо на томе задржавати.

Размотримо сада детаљније исти квантни прелазак ($M_1 \to M_2$), из инерцијалног референтног система у којем атом-извор има брзину $\vec{v}_1$ пре емисије фотона и $\vec{v}_2$ после емисије. Следећи Шредингера, тај референтни систем зваћемо кратко "спектрометар". Закони одржања енергије и импулса могу бити написани у облику:

$$M_1c^2\gamma_1 = M_2c^2\gamma_2 + E, \tag{2}$$

$$M_1v_1\gamma_1 = M_2v_2\gamma_2\cos\alpha + \frac{E}{c}\cos\theta, \tag{3}$$

$$0 = M_2v_2\gamma_2\sin\alpha - \frac{E}{c}\sin\theta, \tag{4}$$

где је $\gamma_1 = 1/\sqrt{1 - v_1^2/c^2}$, и аналогно за γ_2; θ је угао између $\vec{v}_1$ и вектора импулса емитованог фотона, а α угао између $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ (сл.1); са E је означена енергија емитованог фотона. Све наведене величине односе се на "спектрометар".

Једначине (2), (3) и (4) можемо посматрати као систем од три једначине са три непознате. У нашем разматрању, непознатим величинама сматраћемо E, α и v_2.[2] [За један одређени квантни прелазак, M_1 и M_2 су познате величине. Угао θ можемо мерити (у питању је угао између

[2]Наравно, то није једини могући избор.

правца осе спектрометра и правца $\vec{v}_1$). Што се тиче v_1, то је мерљива величина у случају када је извор фотона ексцитовани јон.[3]]

Наш циљ је да одредимо како енергија емитованог фотона E зависи од v_1 и θ. То можемо да урадимо елиминишући непознате величине, α и v_2, из једначина (2), (3) и (4), на следећи начин. Поделићемо најпре једначину (2) са c^2, а једначине (3) и (4) са c. Преуређујући затим чланове добијамо:

$$M_1\gamma_1 - \frac{E}{c^2} = M_2\gamma_2, \tag{2'}$$

$$M_1\frac{v_1}{c}\gamma_1 - \frac{E}{c^2}\cos\theta = M_2\frac{v_2}{c}\gamma_2\cos\alpha, \tag{3'}$$

$$\frac{E}{c^2}\sin\theta = M_2\frac{v_2}{c}\gamma_2\sin\alpha. \tag{4'}$$

Одузимајући збир квадрата једначина (3′) и (4′) од квадрата једначине (2′) добијамо

$$E\gamma_1\left[1 - \frac{v_1}{c}\cos\theta\right] = \frac{\left(M_1^2 - M_2^2\right)c^2}{2M_1},$$

односно

$$E = \frac{\left(M_1^2 - M_2^2\right)c^2}{2M_1}\,\frac{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_1}{c}\cos\theta}. \tag{5}$$

Ако атом-извор мирује пре емисије, тј. ако $v_1 = 0$, из (5) следи

$$E_{(v_1=0)} = E_0 = \frac{\left(M_1^2 - M_2^2\right)c^2}{2M_1},$$

тако да (5) можемо преписати у облику

$$E = \frac{E_0\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_1}{c}\cos\theta}. \tag{6}$$

[3]Као што је познато, из снопа наелектрисаних честица могу бити издвојене честице чија брзина има неку одређену вредност, пропуштајући сноп кроз област простора где постоје константно електрично и константно магнетно поље, чији правци су међусобно нормални ("селектор брзина").

Најзад, користећи Планк-Ајнштајнову релацију која повезује енергију фотона и фреквенцију фотону придруженог електромагнетног таласа ($E = h\nu$, $E_0 = h\nu_0$), из једнакости (6) следи

$$\nu = \frac{\nu_0\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}}{1-\frac{v_1}{c}\cos\theta}. \qquad (7)$$

Релација (7) идентична је Доплеровој формули коју је Ајнштајн добио 1905. године користећи таласне представе о светлости.

5. Из данашње перспективе гледано, проблем Доплеровог ефекта и фотона Шредингер је решавао на најсложенији могући начин. Не треба, међутим, изгубити из вида чињеницу да Шредингеров "Доплеров принцип ..." спада у *прве кораке* квантне теорије. Физичари (укључујући, по свему судећи, и Ајнштајна) веровали су да квантна теорија напросто не допушта постојање Доплеровог ефекта. Изгледа је једино Шредингер видео да се решење загонетке крије у релативистичкој верзији Боровог фреквенционог услова.[4]

Отприлике годину дана након Шредингеровог чланка појавио се рад Комптона (и, независно, Дебаја) о квантној теорији расејања x-зрачења на лаким елементима. Убрзо затим Луј де Брољ је објавио три кратке белешке у којима је изложио своје необичне погледе на светлосне кванте и друге материјалне "честице". Физичари су се постепено привикавали на кванте.

Насловна страна:

У изучавању тајни природе, човек настоји истовремено да проникне у свет микросвета и у свет Космоса. Границе до којих се стигло у изучавању микросвета одговарају димензијама $\sim 10^{-19}\,m$ (или $\sim 10^3\,GeV$), док размишљања и идеје о граничним (почетним) условима Космоса на основу досадашњих теорија, подразумевају енергије изнад $\sim 10^{19}\,GeV$.

[4]То је једнакост (2), у којој E треба заменити са $h\nu$.

ИЗ ИСТОРИЈЕ

О ЕРАТОСТЕНОВОМ ОДРЕЂИВАЊУ ПОЛУПРЕЧНИКА ЗЕМЉЕ

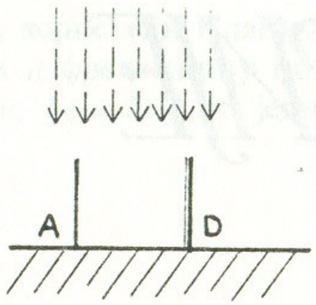
Мирјана Поповић-Божић, Институт за физику, Земун

О Ератостеновом одређивању полупречника Земље у нашим уџбеницима физике тешко да се може наћи нека реч. Та чињеница зачуђује вишеструко. Ератостен је први тачно измерио величину једне планете. Његов метод задивљује због једноставности и генијалности мисаоног поступка који синтетизује тада позната знања из оптике, геометрије и астрономије.

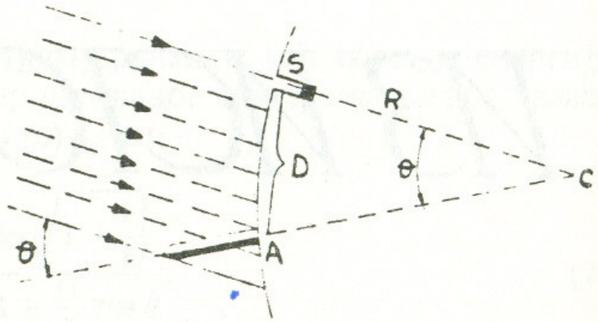
Ератостен је био александријски научник, савременик Архимеда (око 230. године пре нове ере). Био је астроном, песник, позоришни критичар и математичар. Такође је био управник велике Александријске библиотеке, где је једнога дана прочитао у некој папирусној књизи да у јужној пограничној вароши Сијени, близу прве Нилове катаракте, у подне 21. јуна штапови окомито побијени у земљу не бацају никакву сенку. За летње дугодневице, најдужег дана у години, док часовник мили ка подневу, сенке стубова храма постају све краће. У подне сасвим ишчезавају. Одраз Сунца тада се може видети у води на дну дубоког бунара. Сунце се налази тачно поврх главе. Сазнавши за те појаве, Ератостен се запитао да ли се ови феномени дешавају истовремено и у Александрији. Чекао је да дође 21. јун да би добио одговор на питање да ли и у Александрији окомито пободени штапови остају без икакве сенке. Али, оглед је показао да у Александрији сенка постоји.

Ако је Земља равна плоча, како су тада цртали египатски картографи, тада вертикални стубови не би требало да имају сенку ни у Александрији, када је немају у Сијени (сл.1).

Једино могуће објашњење, схватио је Ератостен, јесте да је површина Земље закривљена. И не само то, што је ова закривљеност већа, већа је и разлика у дужини сенки. Сунце се налази толико далеко да су његови зраци паралелни када стигну до површине Земље. Ако се у мислима продуже правци оса обелиска и бунара, те осе би се секле у центру Земље



Слика 1



Слика 2

под истим углом који сунчеви зраци граде са осом обелиска (сл.2). Из сличности троуглова следи да је

$$\frac{2\pi R}{D} = \frac{360°}{\theta}.$$

Ератостен је одредио да угао θ износи $7,2°$. Поред тога, ангажовао је човека који је препешачио растојање између Сијене и Александрије и одредио да растојање D износи 5000 "стадија", односно у данашњим јединицама приближно 800 km (стадиј приближно износи $157,5$ m). Дакле, на основу горње пропорције, обим Земље, $2\pi R$, је 250000 "стадија". То значи да је Ератостен израчунао да полупречник Земље R износи (у данашњим јединицама) 6270 km.

Ератостенов резултат био је веома важан. Његова једина средства била су објекти на Земљи, очи, ноге и мозак. Помоћу њих он је израчунао полупречник Земље, уз грешку од свега неколико процената.

И то није све. Ератостеново откриће и резоновање представљају круцијални аргумент у прилог схватању да Земља није бесконачна равна плоча, већ тело сферног облика.

ЈЕДАН ЗАБОРАВЉЕНИ КОМАД

Дарко Капор, Институт за физику ПМФ, Нови Сад

Веома често се онима који се баве егзактним наукама, посебно физиком, пребацује да мало читају било шта друго сем стручне литературе. То је донекле разумљиво, јер неко ко се спрема за такмичења сваке друге недеље нема много времена да одржава успех у школи, ради физику и још чита белетристику. Зато вам овај пут предлажем да прочитате један позоришни комад, такав да ћете спојити лепу књижевност и интересовање за физику у ширем смислу.

Дакле, реч је о позоришном комаду "Физичари" који је написао швајцарски писац Фридрих Диренмат. Пре свега нешто о писцу, који је уз Макса Фриша, вероватно највећи савремени швајцарски писац. (И он и Фриш су умрли крајем 1992. године.) Поред тога, сматра се и највећим драмским писцем немачког говорног подручја после II светског рата. Основна тема свих његових дела су морални проблеми савременог човека, па и целог човечанства. Но врло брзо је схватио да ако жели да пренесе неку поруку, она мора бити читаоцу приступачна. Зато пише или драме или новеле, евентуално краће романе, ништа јако дугачко. По садржају, то су у почетку драме са историјском позадином, а касније скоро искључиво дела са криминалистичким или шпијунским заплетом. Његово најпознатије дело је "Посета старе даме", комад игран и на нашим сценама, у којем он користи идеју о колективном убиству што ју је већ прославила Агата Кристи у "Убиству у Оријент-експресу". Диренмата, међутим, занима на који начин се цео један град може натерати да постане убица. Веома занимљиво.

А сада нешто о "Физичарима". Иако се јавља доста личности, четири носе комад: то су Ајнштајн, Њутн и Јохан Вилхелм Мебијус, савремени генијални физичар. У таквој комбинацији, ко би могао бити четврта битна личност? Ако мало боље размислите, јасно је да је то госпођица фон Цанд, управница луднице, јер се само тамо може наћи овакав скуп. Да прецизирамо. Радња се дешава у једном веома скупом и луксузно опремљеном санаторијуму за умоболне, у који крем европског друштва смешта своје рођаке. Ту у једној вили живе тројица лудака који уображавају да су физичари. У ствари, Мебијус јесте физичар. Он је управо био објавио генијалне радове када је почео да му се привиђа краљ Соломон, и због тога је доспео у лудницу, у којој се налази скоро 15 година. Негде две године пре момента дешавања радње драме, у болницу стижу још двојица пацијената, од којих један уображава да је Њутн, а други Ајнштајн. Комад почиње у тренутку када су сва тројица пацијената, у врло кратком року, задавили своје болничарке.

У току драме сазнајемо да је Мебијус генијални научник који је кренуо да гради научну каријеру, али се уплашио одговорности када је схватио да његова открића, на дужи рок, имају невероватну не само привредну већ и војну примену. Зато симулира лудило да би у болници могао да ради на миру, да задовољи интелектуалну знатижељу а да не мора никоме да полаже рачуне. Испоставља се, међутим, да су две велике суперсиле тек касније ипак схватиле значај његових првих радова и кренуле да трагају за њим не би ли га приволеле да настави да ради за њих. Тако се открива да су Њутн и Ајнштајн, у ствари, прерушени

генијални физичари из САД и СССР-а, који га убеђују да пређе на њихову страну. Мебијус има врло сужен избор: или останак у лудници, или излазак из ње, али га тада чека затвор због убиства болничарке, или пристанак да ради за једну од суперсила, када би имао и њену заштиту. Нећу вам рећи какав ће избор он начинити и да ли он у ствари има избора. То прочитајте сами.

Вероватно ћете, као и аутор ових редова, морати мало да се потрудите како бисте пронашли књигу Диренматових драма. Њу је објавило издавачко предузеће "Рад", у оквиру некада веома популарне библиотеке "Реч и мисао", 1969. године. У истој књизи се, иначе, као прва налази драма "Посета старе даме". Свакако прочитајте и њу.

Још мало о комаду. Он је написан 1962. године, у време када су научници света пролазили кроз велике дилеме због појаве атомске и хидрогенске бомбе. (Ова атмосфера веома је добро одсликана у књизи "Светлије од хиљаду сунаца", Роберта Јунга, коју је пре неколико година издао БИГЗ.) Уосталом, у поговору Диренмат каже: "Садржина физике тиче се физичара, а њено дејство тиче се свих људи. Оно што се свих тиче, само сви могу решавати." Размислите о овоме када прочитате комад, нарочито када видите како је мајсторски направљен крај. Он вам се можда неће допасти, али он служи као горка опомена, а то и јесте Диренматов циљ.

Ново за наставнике!

Изашла је из штампе дуго очекивана књига:

ДИДАКТИКА ФИЗИКЕ

од проф. др Томислава Петровића

Издавач: Физички факултет у Београду

Суиздавач: "Клуб НТ", Београд

Поруџбина: књижара "МСТ Гајић", Београд, Народног фронта 31, тел. 011 642 870

ЕКСПЕРИМЕНТ

ЗАВИСНОСТ ИНДЕКСА ПРЕЛАМАЊА СВЕТЛОСТИ ОД КОНЦЕНТРАЦИЈЕ

Александар Бабић (ученик), Зоран Радојчин

СШ "И. Г. Ковачић", Херцег-Нови

Увод

Овај текст је сажета верзија рада с којим је ученик наступио на републичкој смотри покрета "Наука младима".

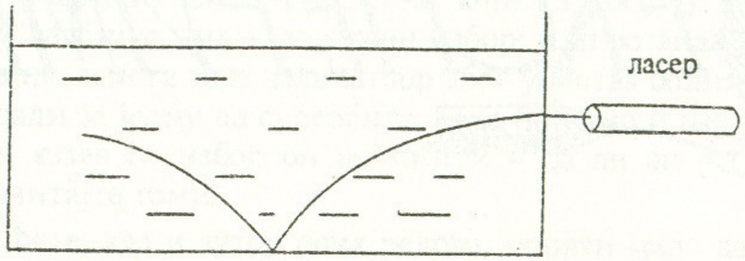
Изворна идеја је преузета из књиге "Летећи циркус физике" Џирла Вокера. Описан је следећи ефекат: ласерски сноп се пропушта кроз стаклену посуду у којој је раствор шећера нехомогене расподеле концентрације по вертикали. Зрак се повија ка дну посуде, тотално се рефлектује од њега и наставља пут исправљајући се у односу на дно и површину.

Текст се, као и рад, састоји из три дела који пресликавају начин његовог настанка: први део – репродукција експеримента, други део – бележење експеримента фотографским методом; трећи део је покушај да се теоријски изведе облик путање ласерског снопа. (У овом тексту наведено је само коначно решење.) Теоријски добијена путања снопа светлости и експериментални резултати се доста добро слажу, али сигурно заслужују и озбиљну проверу, посебно због примењених метода – експерименталних и математичких.

Репродукција експеримента

Експеримент, преузет из књиге "Летећи циркус физике", показан је на слици 1.

У приказу појаве нису наведени никакви прецизнији подаци као: димензије посуде, време растварања шећера, концентрација шећера итд. Теоријско објашњење свело се на то да се индекс преламања мења са дубином, због повећања концентрације шећера, а индекс расте са концентрацијом. Појава се пореди са сличном у ваздуху – фатаморганом.



Слика 1.

Након више покушаја, у којима су коришћене посуде различитих димензија, различит начин и време растварања шећера и He-Ne ласер снаге 2 mW и таласне дужине 633 nm, ефекат је постигнут.

У посуду димензија $50 \times 15 \times 10$ cm насуто је око 4 литра воде. Раствор је прављен тако што су се коцке шећера равномерно слагале на дно кадице. Маса шећера је износила око $1,3$ kg. Овако поређане коцкице отапале су се у води 48 часова и ефекат је постао лепо уочљив. Фотографисање је извршено после 62 часа.

При дневном светлу појава се није најјасније видела па је требало користити средства за замућивање. Од више испробаних, најбоље су се показали креда, креч и капља млека. У замраченој просторији замућење није потребно јер и сам раствор довољно расејава светлост.

Ефекти репродуковани у току експеримента забележени су фото-методом.

2. Бележење експеримента фото-методом

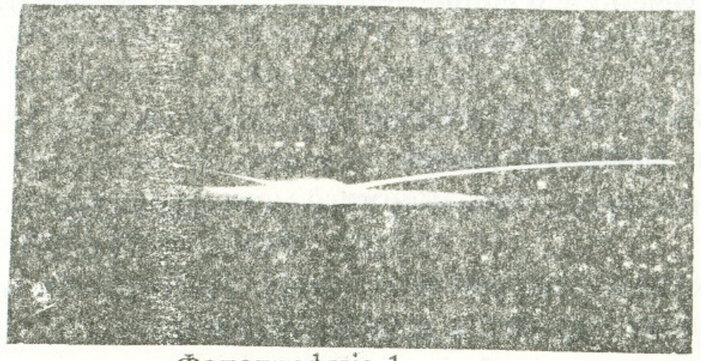
Приликом фотографисања коришћен је обичан фотоапарат, нешто бољег квалитета, марке Werra-mat са сочивом $2,8/50$ Tessar, формат "Лајка", произведен у ДДР. Снимање је вршено у потпуно замраченој просторији филмом ORWO 22 DIN (филм је панхроматски), у црно-белој техници. Раздаљина је износила око 1 m, отвор дијафрагме је најчешће био $8-5{,}6$. Време експозиције од $5-8$ секунди, уз отвор дијафрагме 8 или 5,6, дао је задовољавајуће резултате. Тачни параметри наведени су уз фотографију.

Негативи су у потпуности успели и погодни су и за коришћење на дијапројектору. Увећане фотографије су слабијег квалитета, највише због недостатка искуства.

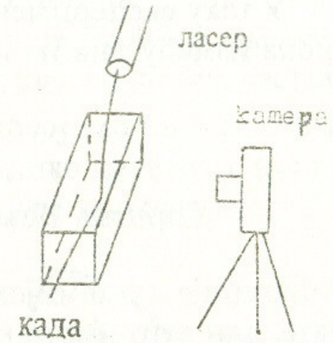
Фотографија 1 показује репродукован жељени ефекат, а слика 2 начин фотографисања.

Објашњење

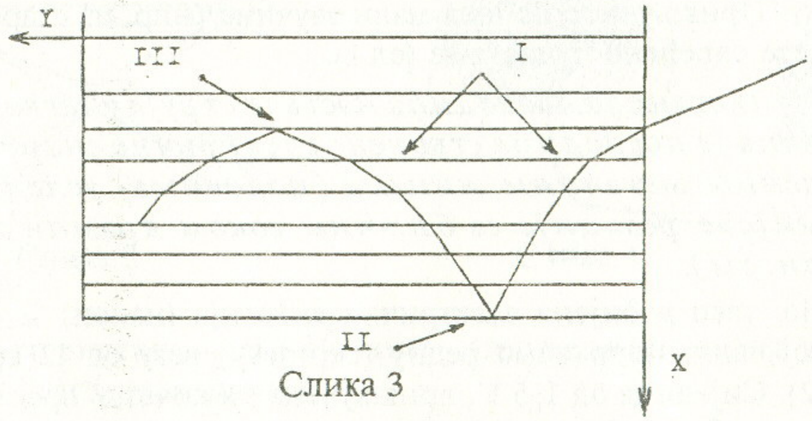
Шећер није мешан у току растварања те можемо сматрати да су у раствору, идући од дна каде ка површини, настајали слојеви са различитим концентрацијама, а тиме и са различитим индексима преламања (сл.3).



Фотографија 1.



Слика 2.



Слика 3

Што се слој налази дубље, концентрација шећера у њему је већа, а тиме и индекс преламања. Због тога се преломни угао са порастом дубине мења и ласерски сноп се све више савија. Сноп се рефлектује од дна и ситуација је сада обрнута: индекс преламања се смањује и сноп се исправља. Могуће је да при овоме дође и до рефлексије од оптички ређег слоја (тотална рефлексија), па да светлост поново крене ка дну посуде (ласерски зрак "скакуће" – ефекат се понавља више пута).

Релативно апроксимативан прорачун, чији детаљи излазе ван оквира овог рада (и са којима се читаоци могу упознати директним контактом са ауторима текста), даје облик путање ласерског зрака $y = D\sqrt{x}$, где је D – коефицијент.

Упоређивање теоријске путање и експерименталног разултата извршено је тако што је негатив фотографије ефекта пројектован на милиметарску хартију и прецртан. Код размере 1:1, за коефицијент $D = 15$,

криве добијене експерименталним и теоријским путем се добро поклапају. Коефицијент је добијен тако што је средња вредност x и y координата, узетих са пројекције, уврштена у теоријску једначину.

Задовољили смо се овако једноставним поређењем, мада се доста једноставно могао користити и неки метод "фитовања" кривих.

У току експеримента уочено је и вишеструко одбијање и преламање снопа између дна и оптички ређих слојева.

САМ СВОЈ ФИЗИЧАР
у основној школи

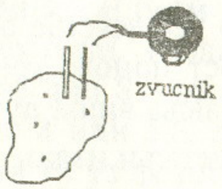
Гордана Новак, гимназија "Исидора Секулић", Нови Сад

а) Батерије су хемијски извори електричне енергије. Тренутно их немате, али зато имате кромпир. Направите кромпир-батерију!

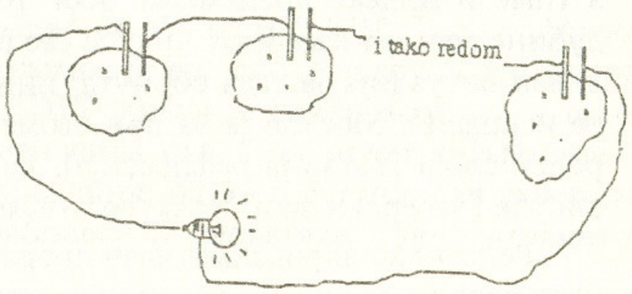
У пресан кромпир забодите по комад бакарне и цинкане жице, дужине прста. Прикључите на њих мали звучник (нпр. из старог транзистора). Чућете одређено пуцкетање (сл.1).

Пуцкетање је последица настале струје у затвореном колу, а она је последица створене електричне енергије на забоденим металним жицама (половима) услед њихове хемијске реакције са биљним соком кромпира (електролитом).

б) Но, тако добијена електрична енергија (напон) је слаба. Да бисмо је појачали, направимо редну (серијску) везу од 12 кромпир-батерија (сл.2). Сијалица од $1,5\ V$, прикључена на почетак прве и крај дванаесте кромпир-батерије, светли!



Слика 1



Слика 2

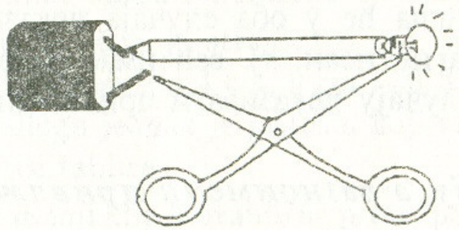
в) Исто можете пробати и са батеријом добијеном од бакарног новчића и комада цинканог лима, као + и − полом, између којих поставите папир натопљен раствором кухињске соли, као електролитом!

***

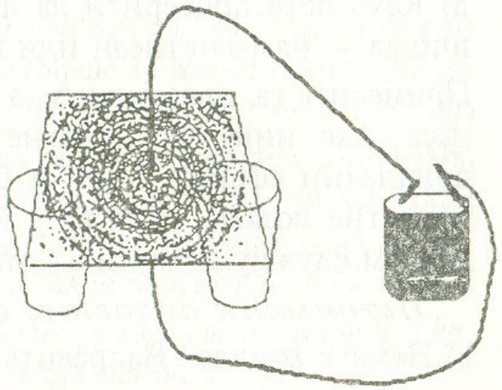
а) Струја пролази само кроз метале? Покажите да је и графит струјни проводник.

Врх графитне оловке прислоните на један пол батерије, а на графитни центар другог краја оловке поставите малу сијалицу од $1,5\ V$. Други извод сијалице повежите са другим полом батерије (може и маказама, као на слици 3, ако вам проводници нису при руци). Сијалица светли!

б) Пролазак струје кроз проводнике ствара у њиховој околини магнетно поље. Како то доказати? Обмотајте комас неколико десетина пута са танком изолованом бакарном жицом и њене крајеве прикључите на батерију. Игла компаса скреће!



Слика 3



Слика 4

в) Какве су карактеристике – линије силе – тог магнетног поља у околини праволинијског проводника?

Покажите то стандардним методом гвоздене пиљевине, којим се обично демонстрира изглед магнетног поља перманентног (штапичастог и потковичастог) магнета. Перманентни магнети се могу ставити на графо-фолију, фолија посути гвозденом пиљевином и настала слика пројектовати, али у овом случају то није изводљиво јер вам треба и трећа просторна димензија. Зато поставите хоризонтално на две чаше чвршћи комад папира, провуците бакарну жицу кроз његову средину тако да жица стоји нормално према површини папира и крајеве жице прикључите на батерију. Поспите ситне гвоздене опиљке по папиру и благо га прстом протресите. Запажате да се опиљци распоређују у низ концентричних кругова, што одговара правцу јачине магнетног поља (сл.4).

г) Како магнетно поље делује на разне материјале, нпр. на гвожђе и сличне метале?

Узмите по један већи шраф од челика и меког гвожђа. Обмотајте танком изолованом жицом челични шраф и крајеве жице повежите са бате-

ријом. Челични шраф привлачи друге гвоздене предмете (ексерчиће, спајалице, кључиће). Поновите сад исто са шрафом од меког гвожђа. Запажате да и гвоздени шраф привлачи друге гвоздене предмете.

Магнетно поље струје делује на структурне честице гвожђа тако да се оне уреде, тј. да се на једном крају шрафа јави северни, а на другом јужни магнетни пол (да се гвожђе „намагнетише„).

Међутим, када се струјно коло прекине, челични шраф наставља да привлачи тј. његова "намагнетисаност" се одржава (он је постао перманентни магнет), док шраф од меког гвожђа губи своју "намагнетисаност".

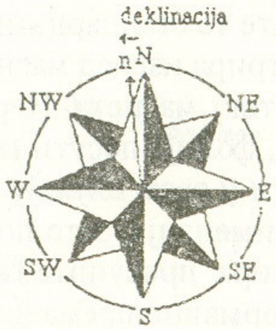
д) Како ћете проверити да ли је неки предмет – гвоздени штап или шипка – намагнетисан или не?

Принесите га, прво једним, а потом другим крајем магнетној игли компаса. Ако није био намагнетисан, игла ће у оба случаја показивати привлачни ефекат, а ако је био намагнетисан, тј. већ имао радвојене магнетне полове, игла ће у једном случају показивати привлачни, а у другом случају одбојни ефекат.

Истоимени полови се одбијају, а разноимени привлаче.

ђ) Немате компас? Направите га!

Намагнетишите иглу неким сталним магнетом и провуците је кроз плутани чеп. Ставите чеп са иглом у плићу посуду са прозирним пластичним поклопцем, након што сте у њу сипали воду. Игла се постави у положај север – југ, тј. врхом показује магнетни северни пол Земље, који лежи у северној Канади и не поклапа се са географским северним полом. Угао отклона (деклинације) игле од "правог" севера зависи од географске ширине места где је постављена, и за наше услове је око 5° према западу. Да то урачунате и омогућите даље сналажење, залепите, на папиру нацртану (сл.5), компас – карту на поклопац вашег компаса.



Слика 5.

KONKURSNI ZADACI

DACI·ZADACI

NAGRADNI ZADACI • ZADACI PITANJA • E – ZADATAK

ZADACI ZA DOMAĆI RAD

VI razred

1. Homogeno telo napravljeno od bakra i aluminijuma ima oblik kvadra dimenzija 40 cm, 20 cm i 10 cm. Telo vrši pritisak na podlogu od 580 kPa. Izračunati masu bakra i masu aluminijuma, koje su upotrebljene za izradu kvadra, ako su zapremine bakra i aluminijuma jednake. ($m_1 = 3560\ kg$, $m_2 = 1080\ kg$)

2. Kocka, čija je stranica 6 cm, napravljena je od nepoznatog materijala. Kvadar dimenzija 4 cm, 9 cm i 30,8 cm napravljen je od olova. Pritisak kocke na podlogu jednak je pritisku koji vrši kvadar. Od čega je napravljena kocka? Koristiti tablice. (Kocka je napravljena od betona.)

3. Na manji klip hidraulične prese, površine 16 cm^2, postavi se teg mase 0,5 kg. Izračunati površinu većeg klipa ako na njega deluje sila od 25 N.

($S = 80\ cm^2$)

Pripremio: S.Stanković, Srednjevo

VII razred

1. Dva tela za isto vreme prelaze jednake puteve. Prvo se kreće ravnomerno ubrzano, bez početne brzine, a drugo ravnomerno. Odrediti brzinu drugog tela ako se zna da je krajnja brzina prvog tela 10 m/s. (5 m/s)

2. Sa zgrade, čija je visina 40 m, baci se kamen u horizontalnom pravcu, početnom brzinom 10 m/s. Zanemarujući otpor vazduha, odrediti brzinu kamena neposredno pre udara u tlo. Uzeti da je $g = 9,81\ m/s^2$. (30 m/s)

3. Dva tela polaze u susret ravnomerno ubrzano iz dve tačke međusobno udaljene 1000 m. Odrediti relativnu brzinu jednog tela u odnosu na drugo, u trenutku mimoilaženja, ako je ubrzanje prvog tela 3 m/s^2, a drugog 2 m/s^2.

(100 m/s)

Pripremio: M.Mitrović, Fizički fakultet, Beograd

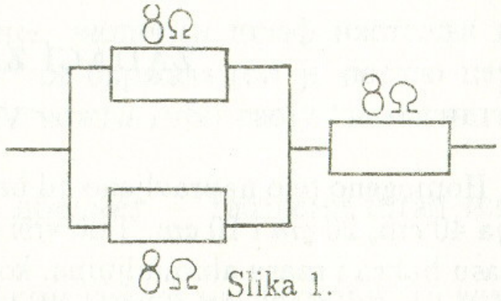
VIII razred

1. Ako je dužina klatna na Zemlji 1 m, kolika treba da bude dužina klatna na

drugim planetama sunčevog sistema pa da periodi oscilovanja budu jednaki? Ubrzanje slobodnog padanja na planetama iznosi: Merkur 2,55 m/s^2, Venera 8,86 m/s^2, Zemlja 9,81 m/s^2, Mars 3,72 m/s^2, Jupiter 22,9 m/s^2, Saturn 11,1 m/s^2, Uran 10,45 m/s^2, Neptun 13,8 m/s^2 i Pluton 23 m/s^2.

($l_1 = 0,26\ m$, $l_2 = 0,91\ m$, $l_3 = 1\ m$, $l_4 = 0,38\ m$, $l_5 = 2,34\ m$, $l_6 = 1,14\ m$, $l_7 = 1,07\ m$, $l_8 = 1,41\ m$, $l_9 = 2,35\ m$)

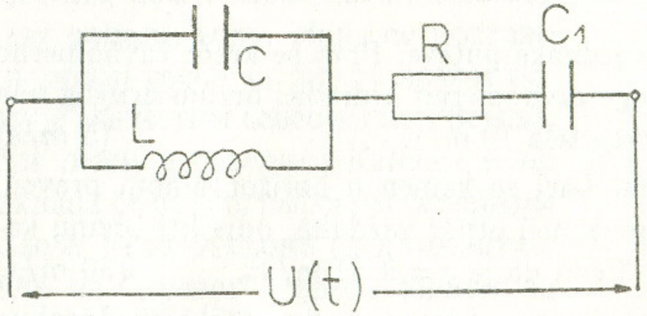
2. Tri otpornika od po 8 Ω vezana su ko na slici 1. Koliko metara cekas žice je potrebno da bi se napravio otpornik koji bi zamenio sva tri otpornika? Površina poprečnog preseka provodnika od cekasa iznosi 2 mm^2. Specifičan otpor cekasa je 1200 $n\Omega m$. ($l = 20\ m$)



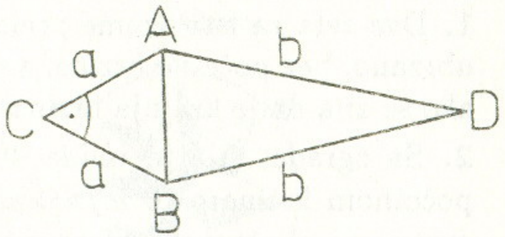
Slika 1.

3. Radio-amateru je potrebno 5 m nikelina da bi napravio otpornik. Površina poprečnog preseka provodnika od nikelina je 1 mm^2, a specifični otpr 420 $n\Omega m$. U prodavnici je pronašao samo 3 m. Koliko treba da kupi cekasa da bi napravio drugi otpornik. (Površina poprečnog preseka cekasa ista je kao kod nikelina, a specifični otpor cekasa je 1200 $n\Omega m$.) Kako treba vezati ova dva otpornika da bi se dobio porteban otpor? ($l = 70\ cm$, redno)

4. Dato ja kolo kao na slici 2. Napon na krajevima kola je sledećeg oblika: $U(t) = \sqrt{3}V_1 \sin(\omega_1 t) + \sqrt{2}V_3 \cos(3\omega_1 t)$. Odrediti L i C (R i C_1 su poznati) iz uslova da struja bude prosto periodična, učestanosti osnovnog harmonika napona i u fazi sa njim. ($L = 8/(9\omega^2 C_1)$, $C = C_1/8$)



Slika 2



Slika 3

5. Izračunati otpor žičane figure oblika deltoida, sa stranicama a i b i dijagonalom (sl.3), ako struja teče: a) od tačke A prema tački B; b) od tačke C prema tački D. Otpor jedinice dužine žice jednak je γ.

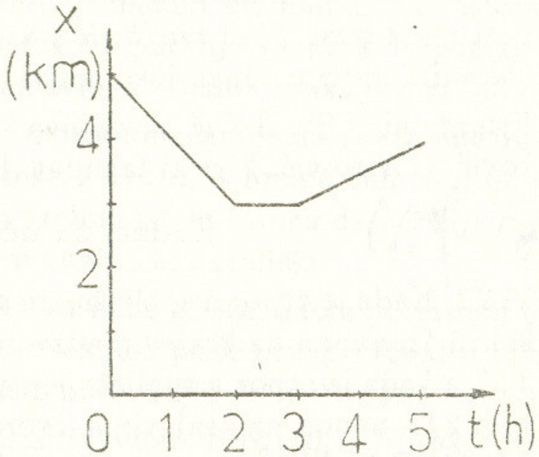
(a) $R_{ekv} = \gamma \frac{2ab}{a+b+b\sqrt{2}}$; b) $R_{ekv} = \gamma \frac{a+b}{2}$)

Pripremili: S.Stanković, Srednjevo, V.Milosavljević (4 i 5), Fizički fakultet, Beograd

KONKURSNI ZADACI

Zadaci za učenike VI razreda

1112. Kretanje tela prikazano je grafički (sl.1): a) odrediti položaj u trenutku: $t = 2\ h$, $t = 3\ h$ i $t = 5\ h$; b) odrediti brzinu kretanja u pojedinim delovima puta; c) odrediti srednju brzinu kretanja.



Slika 1.

1113. Čamac prelazi reku sa jedne obale na drugu. Širina reke je 150 m. Brzina čamca u odnosu na vodu je 1,2 m/s i normalna je na tok reke. Brzina toka vode je 1,6 m/s. Odrediti put koji prelazi čamac. Koliko je nizvodno skretanje čamca?

1114. Po paralelnim prugama u istom pravcu kreću se dva voza: putnički – čija je dužina 200 m i brzina 72 km/h i teretni – čija je dužina 800 m a brzina 27 km/h. Odrediti vreme za koje će putnički voz prestići teretni.

1115. Voz dužine 90 m prođe kroz tunel za 27 s, brzinom 72 km/h. Izračunati dužinu tunela.

1116. U čašu se sipa voda težine 5 N i obeleži se nivo vode u njoj. Zatim se umesto vode sipa nepoznata tečnost do istog nivoa. Težina nepoznate tečnosti iznosi 3,55 N. Odrediti koja je nepoznata tečnost sipana u posudu. Koristiti tablice.

Pripremili: Č.Stanković, Fizički fakultet, Beograd (1112–1114), S.Stanković, Srednjevo

Zadaci za učenike VII razreda

1117. Telo se kreće ravnomerno ubrzano bez početne brzine. Koliko je puta kinetička energija tela posle 10 s veća nego posle 5 s kretanja?

1118. Zidar ispusti čekić sa visine od 54 m i istovremeno uzvikne "Pazi se!". Koliko je vremena radniku koji se nalazi ispod, od trenutka kad čuje glas, ostalo da se skloni? Otpor vazduha pri padanju čekića zanemariti. Brzina zvuka u vazduhu iznosi 340 m/s. (Uzeti $g = 10\ m/s^2$.)

1119. Balon se kreće vertikalno uvis brzinom $v = 5\ m/s$. U trenutku kada balon dospe na visinu $h = 30\ m$, iz njega se izbaci teret bez početne brzine.

a) Na kojoj visini se nalazi teret posle $t = 2\ s$ od njegovog izbacivanja?

b) Koliko je vreme padanja tereta na zemlju?

1120. Sa krova, visine 16 m, u jednakim vremenskim intervalima otkidaju se kapi kiše i slobodno padaju. Odrediti rastojanje između kapi u trenutku kad prva kap udari o zemlju, a peta se odvaja od krova.

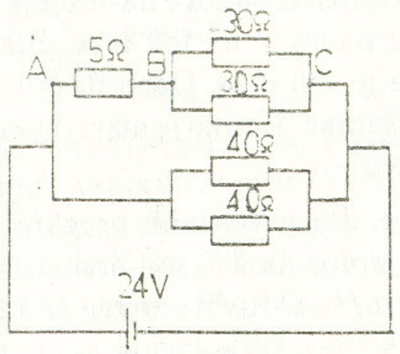
1121. Pošavši iz mirovanja i krećući se ravnomerno ubrzano, voz za 5 min postigne brzinu 64,8 km/h. Masa voza je 600 t, a koeficijent trenja je 0,004. Odrediti srednju snagu lokomotive za to vreme.

Pripremili: S.Stanković, Srednjevo (1117–1118), V.Milosavljević (1119), Č.Stanković, G.Vuković, Fizički fakultet, Beograd

Zadaci za učenike VIII razreda

1122. Kada je otpor u spoljašnjem delu kola 1 Ω, napon na krajevima izvora je 2 V, a kada je otpor u spoljašnjem delu kola 2 Ω, napon na krajevima izvora je 2,4 V. Odrediti elektromotornu silu i unutrašnji otpor izvora.

1123. Strujno kolo je vezano prema šemi sa slike 2. a) Odrediti jačinu struje u nerazgranatom delu kola. b) Izračunati jačinu struje u paralelno vezanim granama. c) Izračunati pad potencijala na delovima kola AB i BC.



Slika 2.

1124. Miliampermetar, otpora 3 Ω i mernog opsega od 25 mA, šentiran je (dodat mu je otpor) provodnikom od konstantana, dužine 20 cm i prečnika 2 mm. Pri uključivanju instrumenta u kolo primećuje se da se kazaljka instrumenta zaustavlja na podeljku koji je označen sa 20 mA pre šentiranja ($\varrho = 4 \cdot 10^{-7}\ \Omega m$). a) Koliki je otpor dodatnog otpornika–šenta? b) Kolika je jačina struje u nerazgranatom delu kola? c) Koliki je novi merni opseg instrumenta?

1125. Dve kade za elektrolizu, sa rastvorima srebronitrata i bakarsulfata, vezane su redno. Koliko se bakra izdvoji na elektrodi ako se za isto vreme izdvojilo 0,36 g srebra? (Atomska masa srebra iznosi 107,868 g/mol, a bakra 63,546 g/mol; srebro je jednovalentan a bakar dvovalentan element.)

1126. Dva otpornika, R_1 i R_2, vezana su serijski i priključena na napon od 300 V. Za vreme od 30 min otpornik R_1 utroši $3,6 \cdot 10^5$ J, a R_2 utroši $7,2 \cdot 10^5$ J električne energije. Ako se ova dva otpornika vežu paralelno na isti napon (300 V), izračunati: a) utrošenu električnu energiju za 30 min; b) snagu koju razvija struja u svakom otporniku (uporediti snage).

Pripremili: V.Milosavljević (1122–1123), D.Đokić–Ristanović, Č.Stanković, G.Vuković, Fizički fakultet, Beograd,

Zadaci za učenike I razreda gimnazije

1127. Dva aviona lete jedan za drugim, jednakim brzinama, na rastojanju $d = 800\ m$. Sa prvog aviona ispali se metak čiji pucanj čuje pilot drugog aviona posle vremena $t = 0,8\ s$. Kolika je brzina aviona? Brzina zvuka je $c = 340\ m/s$.

1128. Odrediti vreme koje je potrebno motornom čamcu da pređe put dužine 1 km, uz reku i nazad, ako je brzina reke 2 km/h, a brzina čamca u odnosu na vodu 8 km/h, kao i vreme koje je potrebno istom čamcu da pređe isti put, istom brzinom po jezeru. Rešiti problem analitički i grafički.

1129. Dva tela su bačena vertikalno uvis sa istog mesta, istom početnom brzinom v_0, ali tako da je drugo telo bačeno τ sekundi posle prvog. Odrediti vreme, računato od trenutka izbačaja prvog tela, posle kojeg se ta dva tela susretnu.

Pripremili: V.Milosavljević (1127), Fizički fakultet, Beograd, G.Novak, gimnazija "Isidora Sekulić", N.Sad, G.Litričin, gimnazija "J.J. Zmaj", N.Sad

Zadaci za učenike II razreda gimnazije

1130. Na dubini h u vodi formira se vazdušni mehur poluprečnika r. Pri kretanju uvis poluprečnik mehura raste, tako da je pri površinskom sloju tri puta veći nego na dubini h. Odrediti dubinu h ako je spoljašnji pritisak $P_a = 1005\ mbar$, a gustina vode $\varrho_v = 1000\ kg/m^3$. Zanemariti efekte površinskog napona.

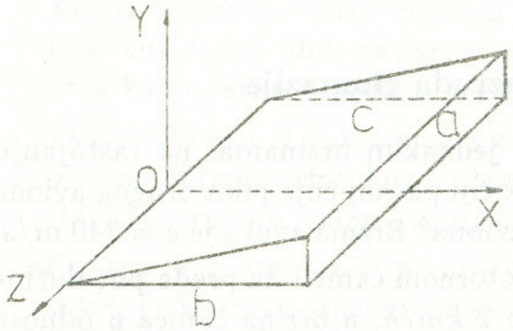
1131. Dva suda su napunjena vazduhom i međusobno spojena kapilarom sa slavinom. Prvi sud se nalazi u parnom kupatilu na $t_1 = 100°C$, a drugi na temperaturi $t_2 = -20°C$. Kada je slavina zatvorena, pritisci u sudovima su $P_1 = 4 \cdot 10^4\ Pa$ i $P_2 = 15 \cdot 10^3\ Pa$. Zapremine suda su $V_1 = 250\ cm^3$ i $V_2 = 400\ cm^3$. Odrediti pritisak u sudovima posle otvaranja slavine.

1132. Kratka cev sa ventilom spaja dva rezervoara, čije su zapremine $V_1 = 50\ l$ i $V_2 = 15\ l$. Ventil omogućava da gas prelazi iz većeg rezervoara u manji ako je razlika pritisaka $\Delta P = 1,17 \cdot 10^5\ Pa$. Na temperaturi $T = 290\ K$ pritisak u većem balonu je $P_1 = 1,01 \cdot 10^5\ Pa$, a u manjem je apsolutni vakuum. Odrediti pritisak u manjem balonu ako se oba zagreju do $T_2 = 435\ K$.

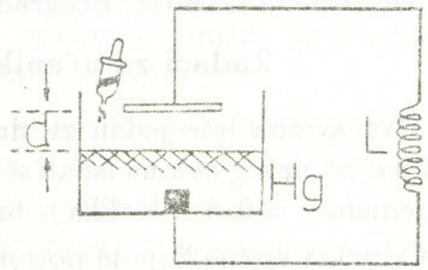
Pripremio: V.Milosavljević, Fizički fakultet, Beograd

Zadaci za učenike III razreda gimnazije

1133. Udarni talas, koji stvara deformacija vazduha izražena povišenjem pritiska za $\Delta P = P_0$, prostire se brzinom v prema klinastom telu mase m i dimenzija a, b, c (sl.3). Klinasto telo se nalazi na idealno glatkoj horizontalnoj podlozi. Koliku će brzinu telo steći kada na njega naiđe ovaj udarni talas?



Slika 3.



Slika 4.

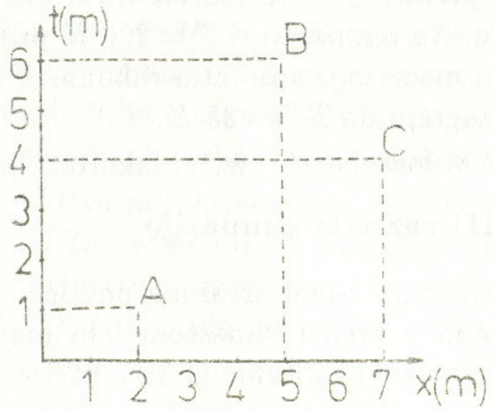
1134. Časovnik sa klatnom podešen je da tačno radi u fabrici gde je izrać Časovnik se zatim postavi na vrh zgrade koja je za $h = 80\ m$ viša u odn na fabriku. Kolika je greška ovog časovnika tokom vremena od 24 h? Kla časovnika smatrati matematičkim klatnom.

1135. LC–oscilatorno kolo se sastoji od kalema, induktivnosti L, kondenzat načinjenog od suda sa živom i kružne metalne ploče koja se nalazi na rastoja d iznad slobodne površine tečnosti (sl.4). Kolika će biti relativna prom rezonantne frekvencije ovog kola ako se u sud unese kap žive mase m? Smat poznatim površinu poprečnog preseka suda S i gustinu žive ϱ.

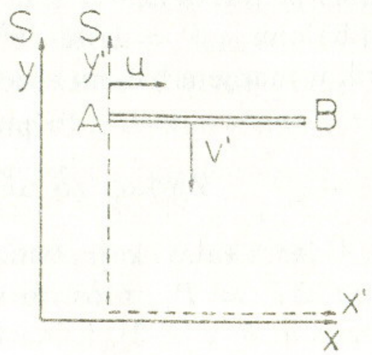
Pripremio: V.Milosavljević, Fizički fakultet, Beo

Zadaci za učenike IV razreda gimnazije

1136. Na dijagramu prostor–vremena (sl.4) prikazana su tri događaja A, E koji su se desili na osi x nekog inercijalnog sistema. Naći: a) interval vren između događaja A i B u inercijalnom sistemu u kome su se oba doga desila u istoj tački; b) rastojanje među tačkama, u kojima su se desili dog A i C, u inercijalnom sistemu u kome su oni istovremeni.



Slika 4



Slika 5

1137. Čestica se u sistemu S kreće brzinom v u pravcu koji sa x–osom zaklapa ugao ϑ. Naći ugao između pravca ketanja čestice i x'–ose u sistemu S', koji se kreće brzinom u u pravcu x–ose sistema S.

1138. Lenjir AB paralelan x'–osi S'–sistema, kreće se u tom sistemu brzinom v' duž ose y'. S' sistem se kreće brzinom u duž x–ose S–sistema (sl.5). Naći ugao ϑ između lenjira i x–ose u S sistemu.

1139. Sunce emituje toplotno zračenje snage $P_s = 4,47 \cdot 10^{26}\ W$. Na rastojanju $r = 149 \cdot 10^6\ km$ od njega, nalazi se sferna čestica koja emituje i apsorbuje samo zrake talasne dužine $\lambda = 500\ nm$. Odrediti temperaturu čestice smatrajući da Sunce zrači kao apsolutno crno telo, i da je temperatura čestice ista u svim delovima. Poluprečnik Sunca je $R_s = 6,96 \cdot 10^5\ km$, Štefan–Bolcmanova konstanta $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\ W/m^2K^4$, Bolcmanova konstanta $k = 1,38 \cdot 10^{-23}\ J/K$, Plankova konstanta $h = 6,62 \cdot 10^{-34}\ Js$ i brzina svetlosti $c = 2 \cdot 10^8\ m/s$.

1140. U električnoj sijalici volframovo vlakno prečnika $d = 0,05\ mm$ zagreva se pri radu sijalice do $T_1 = 2700\ K$. Posle kog vremena od isključenja struje temperatura vlakna opadne na $T_2 = 600\ K$. Vlakno zrači kao sivo telo koeficijenta apsorpcije $A = 0,3$. Zanemariti sve ostale gubitke toplote. Gustina volframa je $\varrho = 19\ g/cm^3$, a specifična toplota $c = 1,5 \cdot 10^2\ J/kgK$. Štefan–Bolcmanova konstanta je $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\ W/m^2k^4$.

Pripremila: Lj.Pavlović, gimnazija, Obrenovac

UPUTSTVO ZA REŠAVANJE ZADATAKA

Pokušajte da rešite zadatke (konkursne, nagradne i dr.) iz ovog broja *Mladog fizičara* i rešenja pošaljite. Imena učenika koji su neke od njih (ili sve) rešili tačno, kao i interesantna rešenja, objavićemo u narednim brojevima *Mladog fizičara*. Najuspešnijim rešavačima za svaki razred dodeličemo prigodne nagrade na kraju školske godine.

Svako rešenje (s rednim brojem zadatka i tekstom) treba obrazložiti na jednoj strani lista hartije. Rešenje treba čitko potpisati punim prezimenom i imenom, navesti razred, školu, mesto i svoju adresu. Navedite ime i prezime nastavnika fizike. Ove podatke uneti u kupon.

Zadatke rešavajte samostalno. Slike crtajte pažljivo. Nečitljiva i neobrazložena rešenja nećemo uzimati u obzir.

Čest je slučaj da čitaoci koji šalju rešenja konkursnih ili nagradnih zadataka, ili odgovore na zadatke – pitanja, izostavljaju neke tražene, a često i neophodne podatke. Najčešće nedostaje ime i prezime predmetnog nastavnika, a često naziv škole i adresa rešavača. Uz rešenja i odgovore obavezno priložiti i čitko popunjen kupon koji treba izrezati.

ODABRANI ZADACI

4. Bela svetlost iz izvora S pada na homogenu staklenu kuglu, poluprečnika $R = 10\ cm$, kojoj nedostaje kalota visine $h = 17\ mm$ (sl.1). Staklo je optičko, marke TF5 (jedna varijanta teškog flinta), koje ima ove, za nas relevantne karakteristike:

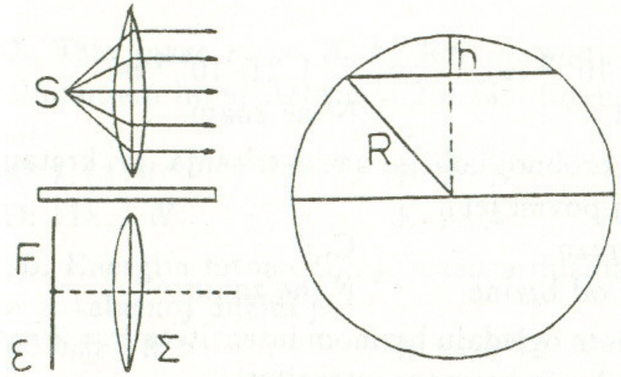
λ	434	486	589	656
n	1,7920	1,7747	1,7550	1,7473

Ovde je λ talasna dužina svetlosti izražena u nanometrima, a n je indeks prelamanja svetlosti za pripadajuću talasnu dužinu. Posle nekoliko prelamanja i odbijanja na raznim mestima površine vazduh–staklo, neki zraci će se vratiti. Njih možemo skupiti sočivom Σ. U žižnoj ravni sočiva postavljen je ektan $\mathcal{E}$. Na ekranu ćemo videti neku raspodelu osvetljenosti. Da li će žiža F biti osvetljena? Ako je osvetljena, da li je to bela svetlost? Ako nije bela svetlost, o kojoj se boji ili nijansi radi?

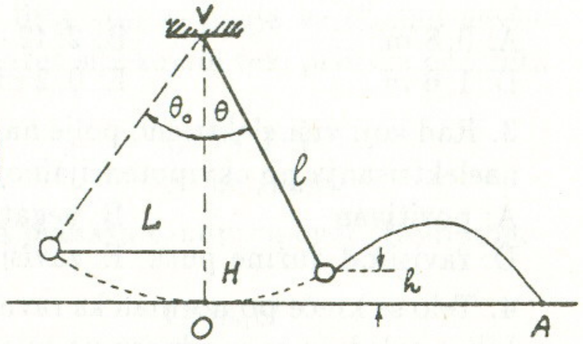
5. Mala kuglica na neistegljivom koncu dužine l počinje oscilovanje u vertikalnoj ravni iz položaja određenog uglom θ_0, sa amplitudom L (sl.2). Pošto kuglica razmine ravnotežni položaj O, konac se kida u momentu kada sa vertikalom iz tačke vešanja V gradi ugao θ. Potom kuglica nastavlja kretanje dok ne padne u tačku A na horizontalnoj ravni kojoj pripada i tačka O. Pod pretpostavkom da se mogu zanemariti trenja u sistemu: a) pokazati da postoje dve vrednosti ugla θ za koje je domet kuglice $\overline{OA} = L$; b) pokazati da za svaki početni ugao θ_0 postoji ugao kidanja θ_m koji će dati maksimalni domet x_m; c) skicirati grafik $\theta_m = f(\theta_0)$ i d) skicirati grafik $x_m = f(\theta_m)$.

Pripremili: V.Babović, PMF, M.Babović, Kragujevac

KUPON
Učenik
Škola i razred
Profesor (nastavnik)
Adresa učenika



Slika 1.



Slika 2.

ZADACI IZ ASTRONOMIJE

Zadaci za IV razred gimnazije prirodno–matematičkog smera

1. Dokazati da je ukupna mehanička energija planete koja se kreće po eliptičnoj putanji oko Sunca data relacijom

$$E_0 = -\gamma \frac{M_\odot m_p}{2a},$$

gde je a – velika poluosa elipse, $M_\odot$– masa Sunca, a m_p – masa planete. (Objasniti fizički smisao znaka "–".)

2. Kosmički brod se kreće po kružnoj orbiti, radijusa R, oko Zemlje, brzinom v koja je dva puta veća od brzine slobodnog kruženja po datoj orbiti. Koliku vučnu silu razvija motor broda ako je masa broda m?

Pripremila: R.Miler, VI Beogradska gimnazija

ZADACI SA KLASIFIKACIONOG ISPITA IZ FIZIKE NA TEHNIČKIM I PRIRODNO–MATEMATIČKIM FAKULTETIMA UNIVERZITETA U BEOGRADU

jun 1993. godine

1. Dva litra azota i jedan litar kiseonika se pomešaju na pritisku $p = 1,01 \cdot 10^5\ N/m^2$, pa se zatim sabiju u zapreminu $V = 0,5l$, pri konstantnoj temperaturi. Pritisak tako nastale smeše je:

A: $5,05 \cdot 10^5\ Pa$ B: $6,03 \cdot 10^3\ N/m^2$ C: $1,01 \cdot 10^3\ Pa$
D: $6,06 \cdot 10^5\ Pa$ E: $3,6 \cdot 10^5\ Pa$ N: ne znam

2. Frekvencije nosećih elektromagnetskih talasa na kojima emituju program radio-stanice Studio B i Radio Pingvin su $99,1\ MHz$ i $99,9\ MHz$ respektivno. Ako se brzina talasa zaokruži na $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$, razlika između odgovarajućih talasnih dužina je:

A: $0,8\ m$ B: $2,42 \cdot 10^{-2}\ m$ C: $1,21 \cdot 10^{-4}\ m$
D: $1,6\ m$ E: $0,2\ m$ N: ne znam

3. Rad koji vrši električno polje na probnoj količini naelektrisanja, pri kretanju naelektrisanja po ekvipotencijalnoj površi je:
A: pozitivan B: negativan C: 0
D: zavisi od dužine puta E: zavisi od brzine N: ne znam

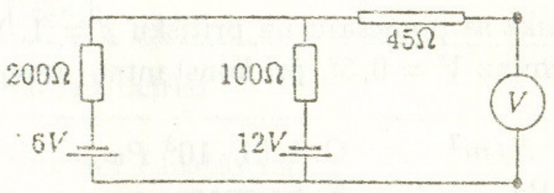
4. Telo se kreće po normali ka ravnom ogledalu brzinom intenziteta $v = 3\ m/s$. Lik u ogledalu se u odnosu na telo kreće brzinom intenziteta:
A: $3\ m/s$ B: $0,33\ m/s$ C: $0\ m/s$
D: $0,5\ m/s$ E: $6\ m/s$ N: ne znam

5. Od sledećih kombinacija fizičkih jedinica odrediti onu koja sadrži samo osnovne jedinice SI sistema.
A: $N,\ A,\ J$ B: $s,\ T,\ K$ C: $m,\ mol,\ cd$
D: $Wb,\ mol,\ C$ E: $J,\ C,\ N$ N: ne znam

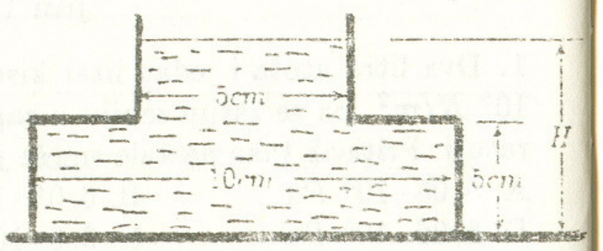
6. Materijalna tačka harmonijski osciluje sa periodom $T = 2\ s$ i amplitudom $a_0 = 6\ cm$. Intenzitet brzine tačke u momentu kada je od ravnotežnog položaja udaljena $a = 3\ cm$ je:
A: $0,361\ m/s$ B: $63\ m/s$ C: $0,163\ m/s$
D: $1,26\ m/s$ E: $8,5\ cm/s$ N: ne znam

7. Svetlosni zrak pada na granicu dve supstance pod uglom od $\alpha_u = 60°$ i prelama se pod uglom $\alpha_p = 30°$. Ako se zna da je apsolutni indeks prelamanja prve supstance $n_1 = 1,0003$, a brzina svetlosti u vakuumu se zaokruži na $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$, intenzitet brzine prostiranja svetlosti kroz drugu supstancu je:
A: $1,73 \cdot 10^8\ m/s$ B: $3 \cdot 10^8\ m/s$ C: $1,37 \cdot 10^8\ m/s$
D: $1,53 \cdot 10^8\ m/s$ E: $2,73 \cdot 10^8\ m/s$ N: ne znam

8. Za strujno kolo na slici 1. odrediti napon između tačaka A i B ako se napon meri idealnim voltmetrom V.



Slika 1.



Slika 2.

A: $8\ V$ B: $10\ V$ C: $5\ V$
D: $7,5\ V$ E: $1,2\ V$ N: ne znam

9. Telo mase $m = 10\ kg$ leži na podu lifta koji se penje vertikalno naviše ubrzanjem intenziteta $a = 2\ m/s^2$. Intenzitet sile kojom telo pritiska pod lifta je:
A: $7,81\ N$ B: $20\ N$ C: $78,1\ N$
D: $118,1\ N$ E: $98\ N$ N: ne znam

10. Energija fotona čija je talasna dužina jednaka Compton-ovoj (Komptonovoj) talasnoj dužini je:
A: $m_0c^2/3$ B: $m_0c^2/2$ C: m_0c^2
D: $m_0c^2/4$ E: $m_0c^2\sqrt{2}$ N: ne znam

11. Fluks magnetske indukcije kroz kružnu konturu, kada kroz nju teče jednosmerna struja jačine $I = 4\ A$ je $\Phi = 8 \cdot 10^{-3}\ Wb$. Elektromotorna sila koja se indukuje u konturi kada se jačina struje smanjuje konstantnom brzinom $2\ A/s$ je:
A: $1\ mV$ B: $3\ mV$ C: $2\ mV$
D: $4\ mV$ E: $5\ mV$ N: ne znam

12. Materijalna tačka se kreće po krugu poluprečnika $R = 25\ cm$ sa tangencijalnim ubrzanjem konstantnog intenziteta $a_t = 2\ cm/s^2$. Od momenta početka kretanja do momenta kada intenzitet normalnog ubrzanja a_n postane dva puta veći od intenziteta a_t protekne
A: $5\ s$ B: $15\ s$ C: $3\ s$
D: $4\ s$ E: $2\ s$ N: ne znam

13. Odrediti linearno uvećanje lupe, koja se sastoji od dva priljubljena tanka sabirna sočiva žižnih daljina $f_1 = 5\ cm$ i $f_2 = 10\ cm$, ako je daljina jasnog vida $s = 25\ cm$.
A: $4,2$ B: $6,1$ C: $8,5$
D: 10 E: $12,5$ N: ne znam

14. Dve homogene gvozdene kocke, zapremine V_1 i V_2, apsorbuju respektivno količine toplote Q_1 i Q_2. Odnos relativnih promena zapremine $\left(\frac{\Delta V_1}{V_1}\right) / \left(\frac{\Delta V_2}{V_2}\right)$ je:
A: V_1/V_2 B: $(Q_1V_1)/(Q_2/V_2)$ C: V_2/V_1
D: Q_2/Q_1 E: $(V_2Q_1)/(V_1Q_2)$ N: ne znam

15. Vertikalna cev mase $m = 2\ kg$ dobro prijanja uz podlogu i ne propušta vodu (sl.2). Poluprečnik užeg dela cevi je $r_1 = 2,5\ cm$, a poluprečnik šireg dela cevi je $r_2 = 5\ cm$. Visina šireg dela cevi je $h = 5\ cm$. Maksimalna visina H do koje se može usuti voda ($\varrho_v = 1000\ kg/m^3$) u cev je:
A: $13,3\ cm$ B: $38,95\ cm$ C: $59,81\ cm$
D: $27\ cm$ E: $18,5\ cm$ N: ne znam

16. Toplotna mašina radi po Carnot-ovom (Karnoovom) ciklusu u kojem je

$V_{max}/V_{min} = 2$ i $p_{max}/p_{min} = 3$. Koeficijent korisnog dejstva takve mašine je:

A: 0,9 B: 1/3 C: 2/3
D: 1/4 E: 0,7 N: ne znam

17. Dva tela, masa $m_1 = 3\ kg$ i $m_2 = 6\ kg$, nalaze se na horizontalnoj, hrapavoj ravni. Među telima se nalazi sabijena laka opruga. Po opuštanju opruge tela se, klizeći po ravni, razleću po istoj pravoj u suprotnim smerovima i prvo telo pređe put $s_1 = 1\ m$ do zaustavljanja. Put koji drugo telo pređe do zaustavljanja je:

A: 10 cm B: 25 cm C: 50 cm
D: 75 cm E: 1 m N: ne znam

18. Negativno naelektrisana kap ulja, poluprečnika $r = 10^{-4}\ cm$, kreće se vertikalno naviše konstantnom brzinom, intenziteta $v = 0,1\ mm/s$, između ploča kondenzatora. Kondenzatorske ploče su ravne, horizontalne, na međusobnom rastojanju $d = 5\ cm$ i priključene su na jednosmerni konstantni napon $U = 4500\ V$. Ako je koeficijent viskoznosti vazduha $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5}\ kg/(ms)$, gustina ulja $\varrho_u = 931\ kg/m^3$, gustina vazduha $\rho_v = 1,29\ kg/m^3$ a elementarno naelektrisanje $e = 1,6 \cdot 10^{19}\ C$, višak elektrona u kapi je:

A: 15 B: 125 C: 5
D: 5000 E: 10^4 N: ne znam

19. Tanki homogeni štap dužine l može da osciluje oko horizontalne osovine normalne na štap, bez trenja. Osovina prolazi kroz neku tačku štapa. Minimalni period malih oscilacija štapa oko te osovine se javlja kada je rastojanje od osovine do centra mase štapa:

A: $l/2$ B: $l/\sqrt{3}$ C: $l/4$
D: $l/\sqrt{12}$ E: 0 N: ne znam

20. Horizontalni homogeni disk, momenta inercije I_0, rotira konstantnom ugaonom brzinom ω_0 oko fiksirane vertikalne ose koja prolazi kroz njegov centar. Na gornjoj površini diska, po krugu poluprečnika R, koncentrično sa obodom diska, izdubljen je uzak kružni žljeb. U žljeb se tankim mlazom sipa pesak tako da je priraštaj mase peska na disku konstantan $Q_m = dm/dt$. Intenzitet ugaonog usporenja diska u početnom trenutku nanošenja peska je:

A: $(Q_m R^2 \omega_0)/I_0$ B: $(Q_m R^2 \omega_0)/2I_0$ C: $(Q_m R^2 \omega_0^2)/I_0$
D: $(2Q_m R^2 \omega_0)/I_0$ E: $(2Q_m R^2 \omega_0)/3I_0$ N: ne znam

TAČNI ODGOVORI:

1–D, 2–B, 3–C, 4–E, 5–C, 6–C, 7–A, 8–B, 9–D, 10–C, 11–D, 12–A, 13–E, 14–E, 15–B, 16–B, 17–B, 18–C, 19–D, 20–A

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–45, NASTAVAK

1049. U ovom sudaru se održavaju ukupna energija i impuls sistema elektron – foton. Označimo energiju fotona pre sudara sa $E_1 = h\nu_1$, a posle sudara sa $E_2 = h\nu_2$. Impulsi fotona pre i posle sudara su onda dati sa $p_1 = E_1/c = h\nu_1/c$ i $p_2 = E_2/c = h\nu_2/c$. Ako, dalje, označimo energije elektrona pre i posle sudara sa $E_{1e} = \sqrt{p_{1e}^2c^2 + m^2c^4}$ i $E_{2e} = \sqrt{p_{2e}^2c^2 + m^2c^4}$, a impulse sa p_{1e} i p_{2e}, zakoni održanja energije i impulsa daju

$$E_1 + E_{1e} = E_2 + E_{2e} \quad \text{i}$$

$$p_1 - p_{1e} = -p_2 + p_{2e}.$$

U drugoj formuli je uračunato da je rasejanje unatrag, pa svi impulsi imaju isti pravac. Ako sve impulse izrazimo preko energija, dobija se sistem jednačina

$$E_1 + E_{1e} = E_2 + E_{2e}$$

$$E_1 - \sqrt{E_{1e}^2 - m^2c^4} = -E_2 + \sqrt{E_{2e}^2 - m^2c^4}$$

sa nepoznatim E_2 i E_{2e}. Iz druge jednačine je

$$E_{2e}^2 = m^2c^4 + (E_1 + E_2 - \sqrt{E_{1e}^2 - m^2c^4})^2,$$

a iz prve

$$E_{2e}^2 = (E_1 + E_{1e} - E_2)^2.$$

Izjednačavanjem ova dva izraza dobija se da je energija rasejanog fotona

$$E_2 = \frac{E_1\left(E_{1e} + \sqrt{E_{1e}^2 - m^2c^4}\right)}{2E_1 + E_{1e} - \sqrt{E_{1e}^2 - m^2c^4}} = 0,415\ MeV$$

jer je $E_{1e} = E_k + mc^2 = 0,611\ MeV$.

1050. Raderfordovo rasejanje opisuje proces u kome se naelektrisana čestica kreće (rasejava) pod uticajem druge nepokretne naelektrisane čestice – centra rasejanja. One međusobno reaguju Kulonovom silom i pošto je ova sila konzervativna i centralna, u procesu se održavaju ukupna energija i ukupni moment impulsa sistema. Najčešće se zakoni održanja posmatraju u dve tačke trajektorije: u tački kada je naelektrisana čestica beskonačno udaljena od centra rasejanja, ima brzinu v_0 i pravac njene asimptotski pravolinijske putanje je na

rastojanju b od centra rasejanja (parametar sudara), i u tački kada je naelektrisana čestica najbliža centru rasejanja, na rastojanju r. Energija i moment impulsa u beskonačno udaljenoj tački su:

$$E = \frac{1}{2}mv_0^2 \qquad \text{i} \qquad L = mbv_0$$

(potencijalna energija Kulonove interakcije je nula). U tački najvećeg približavanja centru rasejanja

$$E = \frac{1}{2}mv_T^2 + \frac{ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad \text{i} \qquad L = mrv_T$$

(radijalna komponenta brzine je nula, ostaje samo tangencijalna). Ugao skretanja pri Raderfordovom rasejanju dat je formulom

$$\tan\frac{\theta}{2} = \frac{ze^2}{8\pi\varepsilon_0 bE},$$

pa iz ove i sledećih jednačina

$$mbv_0 = mrv_T$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E = \frac{1}{2}mv_T^2 + \frac{ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

treba da odredimo zavisnost energije E od r i θ.

Iz prve i druge jednačine se dobija

$$b = \frac{ze^2}{8\pi\varepsilon_0 E\tan\frac{\theta}{2}}, \qquad v_0 = rv_T\frac{8\pi\varepsilon_0\tan\frac{\theta}{2}E}{ze^2} = \sqrt{\frac{2E}{m}},$$

tako da je $v_T = \sqrt{\frac{2}{mE}}\frac{ze^2}{r8\pi\varepsilon_0\tan\frac{\theta}{2}}$.

Zamenom ovog izraza u jednačinu za energiju

$$E = \frac{1}{2}mv_T^2 + \frac{ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

dobija se kvadratna jednačina koja se može rešiti po E:

$$E^2 = \frac{z^2e^4}{(8\pi\varepsilon_0)^2\tan^2\frac{\theta}{2}r^2} + \frac{ze^2}{4\pi\varepsilon_0}E.$$

Rešenja su

$$E_{1,2} = \frac{ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r} \pm \frac{ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r}\sqrt{1 + \frac{1}{tan^2\frac{\theta}{2}}},$$

a uzimamo ono sa znakom + jer je ukupna energija pozitivna. Dakle, konačno imamo

$$E = \frac{ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r}\left(1 + \frac{1}{\sin\frac{\theta}{2}}\right) = 0,5\ MeV.$$

1051. Ako uzmemo da se elektron oko jezgra približno kreće po krugu, za radijalnu komponentu ubrzanja važi

$$ma = m\frac{v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}$$

tj. centripetalna sila je jednaka Kulonovoj. Ukupna energija elektrona je

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r} = \frac{1}{2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r} = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r} \qquad (1)$$

na osnovu prve jednačine. U zadatku je dato da se energija elektrona usled elektromagnetnog zračenja smanjuje po zakonu

$$-\frac{dE}{dt} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2e^2}{3c^3}a^2. \qquad (2)$$

Diferenciranjem izraza (1) za energiju dobijamo

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt}\left(-\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r}\right) = \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}\frac{dr}{dt},$$

tako da kad ovaj rezultat zamenimo u jednačinu (2), dobija se diferencijalna jednačina koja određuje zavisnost rastojanja od vremena $-r(t)$. (Pretpostavka da se kretanje može tretirati kao približno kružno već znači da je $\frac{v^2}{r} \gg \frac{d^2r}{dt^2}$, tj. da je centripetalna komponenta ubrzanja dominantna.) Tako se dobija

$$-\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}\frac{dr}{dt} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2e^2}{3c^3}\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{mr^2}\right)^2,$$

odnosno

$$r^2\frac{dr}{dt} = -\frac{4}{3}\frac{e^4}{m^2c^3(4\pi\varepsilon_0)^2}.$$

Ako se ova jednačina integrali od početnog trenutka, kada je elektron bio na rastojanju r_0, do trenutka kada je pao u jezgro, t, za t se dobija

$$t = \frac{(4\pi\varepsilon_0)^2 c^3 m^2}{4e^4} r_0^3 = 10^{-10}\ s.$$

1052. Gustina verovatnoće nalaženja čestice opisane talasnom funkcijom

$$\psi(\vec{r}) = e^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\vec{r}} = e^{\frac{i}{\hbar}(p_x x + p_y y + p_z z)} \text{ je } \varrho = \psi^*\psi = e^{-\frac{i}{\hbar}\vec{p}\vec{r}} e^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\vec{r}} = 1,$$

tj. svuda je ista, ne zavisi od položaja $\vec{r}$. To znači da ravan talas opisuje česticu koja nije lokalizovana, tj. sa podjednakom verovatnoćom može se naći u svakoj tački prostora. Da bismo našli protok $\vec{j}$, treba da nađemo $\nabla\psi$. On je definisan kao vektor

$$\nabla\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x}\vec{e}_x + \frac{\partial\psi}{\partial y}\vec{e}_y + \frac{\partial\psi}{\partial z}\vec{e}_z,$$

$\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ su jedinični vektori duž koordinatnih osa. Parcijalni izvod $\frac{\partial\psi}{\partial x}$ se traži tako što se funkcija ψ diferencira po x kao da su y, z konstante. Na primer, za našu talasnu funkciju

$$\frac{\partial}{\partial x} e^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\vec{r}} = \frac{\partial}{\partial x}\left(e^{\frac{i}{\hbar}(p_x x + p_y y + p_z z)}\right) = \frac{i}{\hbar} p_x e^{\frac{i}{\hbar}\vec{p}\vec{r}},$$

pa se za x-komponentu protoka dobija

$$j_x = \frac{\hbar}{2mi}\left(\psi^*\frac{\partial\psi}{\partial x} - \psi\frac{\partial\psi^*}{\partial x}\right) = \frac{\hbar}{2mi}\left(\frac{i}{\hbar}p_x + \frac{i}{\hbar}p_x\right) = \frac{p_x}{m}.$$

Slično se dobija i za ostale komponente, tako da izraz za ukupan protok dobija oblik

$$\vec{j} = \frac{i}{\hbar}\frac{\hbar}{2mi}(p_x\vec{e}_x + p_y\vec{e}_y + \vec{p}_z\vec{e}_z)2 = \frac{\vec{p}}{m} = \vec{v}.$$

Znači, ukupan protok proporcionalan je brzini kretanja kvantne čestice.

Ravan talas opisuje česticu koja se kreće potpuno određenom brzinom $\vec{v}$ tj. impulsom $\vec{p}$, ali joj je položaj sasvim neodređen. M.B.

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF-46

1053. Zapremina lopte mase $m = 0,2\ kg$ jednaka je zapremini istisnute vode $V = 4l = 4\ dm^3 = 0,004\ m^3$. Srednja gustina lopte je

$$\varrho = \frac{m}{V} = \frac{0,2\ kg}{0,004\ m^3} = 50\frac{kg}{m^3}.$$

1054. Do trenutka kada je dečak potrčao za loptom lopta je prešla put $s_0 = v_v t_0 = 0,8 \times 120\ m = 96\ m$. U trenutku t, kada je dečak stigao do lopte, lopta je prešla ukupan put $s = s_0 + v_v t = 96\ m + 0,8\ (m/s)t$. Za isto vreme ($t$) dečak je prešao isti put $s = v_d t = 3\ (m/s)t$. Izjednačavanjem desnih strana poslednjih dveju jednakosti i posle sređivanja dobija se $2,2\ (m/s)t = 96\ m$, tako da je $t = 43,64\ s$ (od trenutka kada je primećeno da je lopta otišla niz vodu). M.P.

1055. Trkač je, krećući se brzinom $v_1 = 9\ m/s$, prvu polovinu staze dužine $s_1 = 360\ m$ pretrčao za vreme $t_1 = s_1/v_1 = 40\ s$. Trećinu staze dužine $s_2 = 240\ m$ pretrčao je za vreme $t_2 = s_2/v_2 = 30\ s$ krećući se brzinom $v_2 = 8\ m/s$. Ostatak staze dužine $s_3 = s - (s_1 + s_2) = 720\ m - 600\ m = 120\ m$ trkač je pretrčao za vreme $t_3 = s_3/v_3 = 20\ s$ trčeći brzinom od $v_3 = 6\ m/s$. Kako je ukupno vreme $t = t_1 + t_2 + t_3 = 90\ s$, srednja brzina trkača na celom putu iznosi $v_s = s/t = 720\ m/90\ s = 8\ m/s$.

1056. Kako je izduženje Δl opruge srazmerno sili F, sledi $\Delta l_2 : \Delta L_1 = F_2 : F_1 = 6 : 3$, sledi $\Delta L_2 = 2\Delta l_1$. Dužina l_1 opruge pod dejstvom sile F_1 iznosi $l_1 = l_0 + \Delta l_1$ a dužina l_2 opruge pod dejstvom sile F_2 je $l_2 = l_0 + \Delta l_2$. Odavde je $l_2 - l_1 = \Delta l_2 - \Delta l_1 = 2\Delta l_1 - \Delta l_1 = \Delta l_1$. Kako je $l_2 - l_1 = 14\ cm - 12\ cm = 2\ cm$ sledi $\Delta l_1 = 2\ cm$, tako da je dužina neistegnute opruge $l_0 = l_1 - \Delta l_1 = 12\ cm - 2\ cm = 10\ cm$.

1057. Očigledno, mesto B leži nizvodno od mesta A jer od A do B šlep plovi sam. Neka je v_r brzina reke a v brzina tegljača. Kako je $v_r t_1 = s$ i $(v - v_r)t_2 = s$ sledi $v_r t_1 = (v - v_r)t_2$ tako da je $6v_r = 4(5 - v_r) = 20 - 4v_r$, odakle se dobija da je brzina reke $v_r = 20\ km/10\ h = 2\ km/h$, tako da je rastojanje između mesta A i B $s = v_r t_1 = 12\ km$. D.K.

1058. Neka je $S_1 = 20\ cm^2$ površina poprečnog preseka posude, $S_2 = 10\ cm^2$ površina poprečnog preseka komada plute a $\Delta l_1 = 2,1\ cm$ promena nivoa vode u posudi. Zapremina istisnute vode iznosi $V = (S_1 - S_2)\Delta h_1 = 21\ cm^3 = 0,000021\ m^3$, tako da je sila potiska $F_p = \varrho_p V g = 1000\ kg/m^3\ 0,000021\ m^3\ 10\ m/s^2 = 0,21\ N$; sa ϱ_v je označena gustina vode a sa g ubrzanje Zemljine teže. Budući da je težina plute (G) jednaka sili potiska: $G = F_p$ dobija se da je zapremina tela $V_t = G/\varrho_t\ g = F_p/\varrho_t\ g = 0,000084\ m^3 = 84\ cm^3$, gde je $\varrho_t = 250\ kg/m^3$ gustina plute. Pri potpunom potapanju plute nivo vode se podigne za $\Delta h_2 = V_t/S_1 = 84\ cm^3/20\ cm^2 = 4,2\ cm$, tako da će slobodna površina vode u posudi da se nalazi na nivou $H = h + \Delta h_2 = 15\ cm + 4,2\ cm = 19,2\ cm$.

1059. Na telo mase $m = 1\ kg$ deluje vertikalno uvis sila $F = 10,81\ N$ dajući mu ubrzanje $a = (F - mg)/m = 1\ m/s$ (takođe vertikalno uvis), tako da se za vreme $t = 10\ s$ telo podigne na visinu $H = at^2/2 = 50\ m$.

1060. Ukupna unutrašnja površina kotla, čiji je poluprečnik osnove $r = 1\ m$ a visina $h = 3\ m$, iznosi $S_1 = 2r^2\pi + 2r\pi h = 25,12\ m^2$. Sila kojom para deluje

na zid kotla iznosi $F_1 = p_1 S_1 = 1078731,5\ Pa \times 25,12\ m^2 = 27097735,28\ N = 27,098\ MN$. Spoljašnja površina kotla je $S_2 = 2(r+\Delta r)^2\pi + 2(r+\Delta r)\pi \times (h+\Delta r) = 25,32\ m^3$, gde je Δr debljina zida kotla. Sila kojom okolna atmosfera deluje na spoljašnju površinu kotla iznosi $F_2 = p_2 S_2 = 98066,5\ Pa \times 25,32\ m^2 = 2483043,78\ N = 2,483\ MN$. Rezultujuća sila na kotao je $F = F_1 - F_2 = 24614691,5\ N = 24,615\ MN$.

1061. Snaga konja je $P_1 = F_1 v_1 = 600\ N \times 1\ m/s = 600\ W$ dok snaga motora automobila iznosi $P_2 = F_2 v_2 = 1000\ N \times 40\ m/s = 4000\ W$, tako da je $P_1/P_2 = 0,15$. Znači, snaga konja je 6,67 puta manja od snage motora automobila.

1062. Kako su sanke sa decom u početku mirovale ukupan impuls posle razilaženja sanki, na osnovu zakona održanja impulsa, ostaje nepromenjen tj. jednak nuli, tako da je $m_1 v_1 = m_2 v_2$, gde su v_1 i v_2 početne brzine odgovarajućih sanki. Promena kinetičke energije sanki do zaustavljanja iznosi $\Delta E_k = E_k = mv^2/2$ i jednaka je radu sila trenja $A_{tr} = F_{tr} s = \mu mgs$: $\mu mgs = mv^2/2$, gde je μ-koeficijent trenja a s-zaustavni put. Iz poslednjeg izraza sledi $s = v^2/2\mu g$ tako da se zaustavni putevi odnose kao kvadrati početnih brzina $s_1/s_2 = v_1^2/v_2^2 = (v_1/v_2)^2$. Kako je $v_1/v_2 = m_2/m_1$ sledi $s_1/s_2 = (m_2/m_1)^2$, što znači da su zaustavni putevi obrnuto srazmerni masama sanki (zajedno sa decom).

1063. Sila potiska P jednaka je razlici težine narukvice u vazduhu $G = mg$ i njene težine u vodi G_1 : $P = G - G_1$. Kako je, s druge strane, sila potiska jednaka težini istisnute vode $P = \varrho_v g V$, gde je ϱ_v-gustina vode a V-zapremina narukvice, sledi da zapremina narukvice iznosi $V = (mg - G_1)/\varrho_v g = 4,944 \times 10^{-6}\ m^3 = 4,944\ cm^3$. Ukupna masa m jednaka je zbiru mase zlata $m_z = \varrho_z V_z$ i mase bakra $m_b = \varrho_b V_b$: $m = m_z + m_b$. Kako je $V_z = V - V_b$ sledi $m = \varrho_z(V - V_b) + \varrho_b V_b$ tako da je zapremina bakra $V_b = (\varrho_z V - m)/(\varrho_z - \varrho_b) = 4,367\ cm^3$. Na kraju dobija se da je u narukvici masa bakra $m_b = 38,868\ g$ a masa zlata $m_z = m - m_b = 11,132\ g$.

1064. Pri stalnoj površini rama $S_r = a^2 = 10^{-2}\ m^2$ brzina promene magnetnog fluksa srazmerna je brzini promene indukcije magnetnog polja $d\Phi/dt = S_r dB/dt$, tako da indukovana elektromotorna sila u ramu iznosi $E = d\Phi/dt = S_r dB/dt = 10^{-3}\ V = 1\ mV$ (po apsolutnoj vrednosti). Kako električni otpor rama dužine $l = 4a$ poprečnog preseka $S = d^2\pi/4$ iznosi $R = \varrho l/S = 0,08658\ \Omega = 86,58\ m\Omega$, kroz ram će teći struja jačine $I = E/R = 0,00115\ A = 1,15\ mA$.

1065. Pri malim amplitudama A u odnosu na dužinu l klatna ($A \ll l$) period oscilovanja matematičkog klatna ne zavisi od veličine amplitude: $T = 2\pi\sqrt{l/g} = 2,83\ s$. Konstanta elastičnosti matematičkog klatna iznosi $k = mg/l$, tako da je najveća vrednost potencijalne energije $E_{p0} = kA^2/2 = mgA^2/2l$.

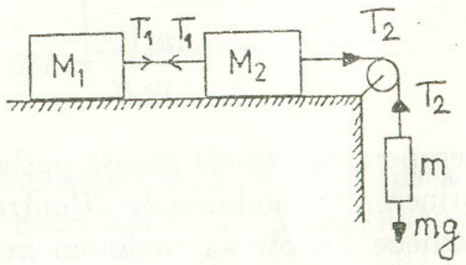
Na osnovu zakona održanja mehaničke energije najveća vrednost potencijalne energije jednaka je najvećoj vrednosti kinetičke energije, koju telo dostiže u ravnotežnom položaju, $E_{k0} = mv_0^2/2 = E_{p0} = mgA^2/2l$, tako da je najveća vrednost brzine kretanja kuglice matematičkog klatna $v_0 = A\sqrt{g/l} = 0,221\ m/s$.

1066. Za zagrevanje vode mase $m = 1\ kg$ za $\Delta t = 100°C - 28,3°C = 71,7°C$ potrebna je količina toplote $Q = mc\Delta t = 1 \times 4186 \times 71,7\ J = 300136,2\ J$, gde je sa c označena specifična toplota vode. Da bi se dato zagrevanje postiglo za vreme $\tau = 5\ min = 300\ s$ potrebna je ringla snage $P = Q/\tau = 1000,454\ W = 1\ kW$. Kako je, s druge strane, $P = U^2/R$, gde je napon mreže $U = 220\ V$, dobija se da je električni otpor ringle šporeta $R = U^2/P = 48,4\ \Omega$.

1067. Ukupan električni otpor kola iznosi $R_e = (3 \times 8 + 8 \times 8/(8+8))\ \Omega = 28\ \Omega$. Ampermetar zanemarljive unutrašnje otpornosti pokazivaće jačinu struje $I = U/R = 84\ V/28\ \Omega = 3\ A$. M.P.

1068. Na putu AB čamac provede vreme $t_1 = a/v_{r1}$, gde je $v_{r1} = v - v_R$ njegova relativna brzina u odnosu na obalu, v-brzina veslača u odnosu na vodu, a v_R-brzina reke, Sledi $t_1 = 40/3\ s$. Slična relacija važi i na putu BC, samo što je ovde $v_{r2} = \sqrt{v^2 - v_R^2}$, tako da je $t_2 = a/v_{r2} = 31/3\ s$. Od C do D relativna brzina čamca je najveća $v_{r3} = v + v_R$, što znači da on na ovoj etapi puta provede najmanje vremena $t_3 = a/v_{r3} = 8\ s$. Kretanje veslača u čamcu na putu DA je identično sa kretanjem na BC (samo je smer kretanja suprotan), tako da je $t_4 = t_2$. Ukupno provedeno vreme na zadatim fiksnim tačkama iznosi $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = t_1 + 2t_2 + t_3 = 42\ s$.

1069. Jednačine kretanja tela su: $ma = mg - T_2$, $M_2 a = T_2 - T_1$ i $M_1 a = T_1$ (sl.1). Posle njihovog sabiranja dobija se $a(m + M_1 + M_2) = mg$, odakle sledi da ubrzanje sistema iznosi $a = mg/(m+M_1+M_2) = 1,4\ m/s^2$. Sada se lako mogu odrediti sile zatezanja: $T_1 = M_1 a = 4,2\ N$ i $T_2 = m(g-a) = 12,615\ N$.



Slika 1

1070. Uvedimo horizontalnu i vertikalnu komponentu ubrzanja tela a_h i a_v. Na telo deluju sila teže mg i sila normalnog pritiska $\vec{N}$ od strane strme ravni. Na strmu ravan u horizontalnom pravcu deluje samo horizontalna komponenta sile normalnog pritiska $-\vec{N}$ od strane tela. Uzimajući ovo u obzir, može se napisati II Njutnov zakon za horizontalno kretanje strme ravni i tela i za vertikalno kretanje tela: $Ma = n\sin\alpha$, $ma_h = N\sin\alpha$, $ma_v = mg - N\cos\alpha$. Projekcije ubrzanja tela i strme ravni ovde su napisane u referentnom sistemu vezanom za nepokretnu horizontalnu podlogu; pri tom se smer ubrzanja tela ne poklapa

sa smerom duž strme ravni, pošto se i sama strma ravan kreće sa ubrzanjem $\vec{a}$. Ako se pređe na referentni sistem vezan za strmu ravan, onda je njeno ubrzanje jednako nuli, a ubrzanje tela biće usmereno pod uglom α prema horizontu i jednako po modulu $a_h + a$. Na vertikalnu komponentu ubrzanja a_v prelaz na novi referentni sistem nema uticaja. Tako se može dobiti još jedna potrebna relacija: $a_v/(a_h + a) = \tan\alpha$. Rešavajući sistem od četiri gore napisane jednačine, dobija se za ubrzanje strme ravni

$$a = \frac{mg\sin 2\alpha}{2(M + m\sin^2\alpha)}.$$

1071. Neka je težina kanapa po jedinici dužine q. Tada je težina dela kanapa koji visi preko ivice stola $Q_1 = qL/4$, gde je L–dužina kanapa. Ona se uravnotežava silom trenja između dela kanapa koji leži na stolu i stola i koja iznosi $F_t = 3kqL/4$, gde je k–koeficijent trenja. Sledi da je $qL/4 = 3kqL/4$, odnosno $k = 1/3$.

1072. Kinetička energija rotacije rotora fena je utrošena na savlađivanje trenja. Rad sila trenja je upravo jednak ovoj energiji: $A = I\omega_0^2/2$, gde je I–moment inercije rotora, ω_0–početna ugaona brzina. Sledi da je traženi moment inercije jednak $I = 2A/\omega_0^2 = 0,01\ kgm^2$. S druge strane, ovaj rad je jednak proizvodu momenta sila trenja i ugla obrtanja $A = M\varphi$ (prema analogiji sa translacijom $A = Fs$!), tako da je $M = A/\varphi = 0,094\ Nm$. J.D.

1073. Temperature azota i argona pre otvaranja ventila T_1 i T_2 nalaze se primenom jednačina stanja

$$T_1 = \frac{p_1V_1}{n_1R} = 360\ K, \qquad t_2 = \frac{p_2V_2}{n_2R} = 500\ K,$$

a temperatura smeše gasova posle otvaranja ventila T određuje se primenom I principa termodinamike. Unutrašnja energija sistema ostaje nepromenjena (razmene toplote sa sredinom nema, sistem ne vrši rad): $n_1C_1(T - T_1) = n_2C_2(T_2 - T)$, pa je

$$T = \frac{n_1C_1T_1 + n_2C_2T_2}{n_1C_1 + n_2C_2} = 400\ K.$$

Uspostavljeni pritisak određuje se iz jednačine gasnog stanja za smešu gasova nakon otvaranja ventila

$$p = \frac{(n_1 + n_2)RT}{V_1 + V_2} = 7,6 \cdot 10^5\ Pa.$$

1074. U ciklusu 1–2–3–1 gas prima toplotu na delu 1–2, a otpušta na delu 2–3, dok u ciklusu 1–3–4–1 gas prima toplotu na delu 4–1, a otpušta na delu 3–4, pa je

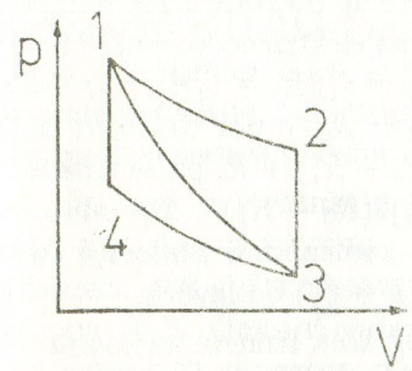
$$\eta_1 = \frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}} \quad \text{i} \quad \eta_2 = \frac{Q_{41} - Q_{34}}{Q_{41}}.$$

Sa slike 1 se vidi da je $Q_{23} = Q_{41} = Q = \Delta U_{23} = \Delta U_{41}$ jer je $A_{23} = A_{41} = 0$ i $T_2 - T_3 = T_1 - T_4$ (izoterme!).

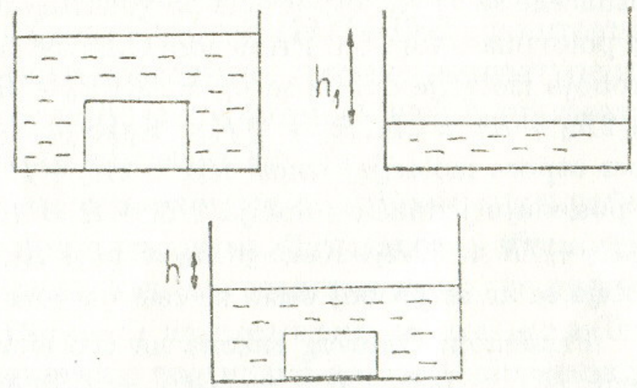
KKD za "veliki" ciklus je onda $\eta = \dfrac{A_{12} - A_{34}}{Q_{12} + Q_{41}} = \dfrac{Q_{12} - Q_{34}}{Q_{12} + Q_{41}}$.

Kako je $Q_{12} = \dfrac{Q}{1 - \eta_1}$ i $Q_{34} = Q(1 - \eta_2)$, sledi

$$\eta = \frac{\dfrac{Q}{1 - \eta_1} - Q(1 - \eta_2)}{\dfrac{Q}{1 - \eta_1} + Q} = \frac{\eta_1 + \eta_2 - \eta_1\eta_2}{2 - \eta_1}.$$



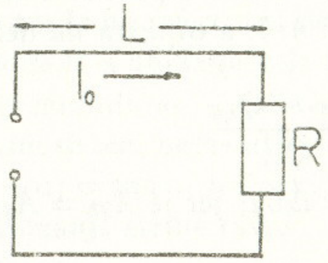
Slika 1.



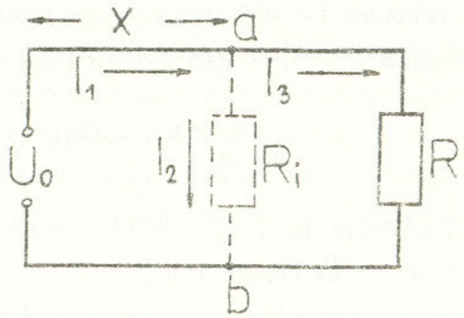
Slika 2.

1075. Umanjenje zapremine uslovljeno je topljenjem leda (voda je gušća od leda). Pretpostavimo da se istopila ukupna masa leda (sl.2). Tada je ukupna zapremina $\dfrac{M}{\varrho_l} + \dfrac{M}{\varrho_v} = HS$, a smanjenje zapremine $\dfrac{M}{\varrho_l} - \dfrac{M}{\varrho_v} = h_1S$, tako da je $h_1 = H\dfrac{\varrho_v - \varrho_l}{\varrho_v + \varrho_l} = 0,87\ cm$. Pošto je $h_1 > h$, zaključujemo da se nije istopila ukupna količina leda.

Neka je m masa leda koja se istopila, tada je ukupna zapremina $\dfrac{M}{\varrho_l} + \dfrac{M}{\varrho_v} = HS$, a smanjenje zapremine $\dfrac{m}{\varrho_l} - \dfrac{m}{\varrho_v} = hS$, tj. $\dfrac{m}{M} = \dfrac{h}{H}\dfrac{\varrho_v + \varrho_l}{\varrho_v - \varrho_l}$. Odnos $\dfrac{m}{M}$ nalazi se kalorimetrijskim razmatranjem: iz $cM(t_v - 0) = m\lambda$ sledi $\dfrac{m}{M} = \dfrac{ct_v}{\lambda}$.



Slika 3.



Slika 4.

Konačno $t_v = \frac{\lambda h}{cH}\frac{\varrho_v + \varrho_l}{\varrho_v - \varrho_l} = 37,7°C$.

1076. Slika 3 prikazuje šemu električnog kola pre, a slika 4 posle proboja izolacije. Sa slika se vidi da je $I_2 = I_1 - I_3$, tako da prema uslovima zadatka ($I_1 = 2I_0$ i $I_3 = I_0/8$), sledi $I_2 = I_1 - I_3 = 15I_0/8$. Pretpostavimo da je otpor jednog provodnika do potrošača R_0, otpor dela provodnika do tačke proboja (označene sa a) R_1, otpor dela provodnika od tačke a do potrošača R_2, a napon na polovima izvora U_0. Primenom Omovog zakona na električno kolo pre i posle proboja izolacije dobija se $U_0 = I_0(2R_0 + R)$ i $U_0 = I_1 2R_1 + I_3 R_{ab}$, odnosno $I_0(2R_0 + R) = 2I_0 2R_1 + \frac{I_0}{8}R_{ab}$. Kako je $R_1 + R_2 = R_0$, otpor dela aRb kola (bez otpora izolacije) iznosi $R_{ab} = 2R_2 + R = 2(R_0 - R_1) + R$, pa se smenom u poslednju jednačinu dobija $2R_0 + R = 4R_1 + \frac{1}{8}[2(R_0 - R_1) + R]$, odnosno $14R_0 + 7R = 30R_1$. Kako je $R_0 = \varrho L$ i $R_1 = \varrho x$, zamenom u poslednji izraz dobija se da se proboj desio na rastojanju $x = \frac{7}{15}(L + \frac{R}{2\varrho})$ od izvora.

Primenom Omovog zakona na deo električnog kola između tačaka a i b sledi: $U_{ab} = I_2 R_i$ i $U_{ab} = I_3 R_{ab} = I_3[2(R_0 - R_1) + R]$, odnosno $\frac{15}{8}I_0 R_i = \frac{I_0}{8}[2(R_0 - R_1) + R]$, gde je R_i – otpor izolacije. Sređivanjem se dobija da je

$$R_i = \frac{2\varrho(L - x) + R}{15} = \frac{8}{225}(2\varrho L + R).$$

1077. Posle svih presipanja mase vode ostale su nepromenjene, a u I sudu temperatura se snizila za $\Delta t_1 = 1°C$. To znači, da je predata količina toplote $Q_1 = c_v m_1 \Delta t_1$, koju je primila voda u II sudu. S druge strane, ova primljena količina toplote iznosi $Q_2 = c_v m_2 \Delta t_2$, gde je Δt_2–promena temperature u drugom sudu. Sledi $Q_1 = Q_2$, odnosno $c_v m_1 \Delta t_1 = c_v m_2 \Delta t_2$, odakle je $\Delta t_2 = m_1 \Delta t_1 / m_2 = 5\Delta t_1 = 5°C$. Tako je, posle presipanja vode mase Δm iz I suda (sa temperaturom t_1) temperatura u drugom porasla na $t_2' = t_2 + \Delta t_2 = 25°C$. Sledi, na osnovu toplotne ravnoteže $\Delta m c_v (t_1 - t_2') = m_2 c_v (t_2' - t_2)$, da je $\Delta m = m_2(t_2' - t_2)/(t_1 - t_2') = 1/7\ kg$. J.D.

ЗА ВАШУ БИБЛИОТЕКУ

НОВА ЕДИЦИЈА КЊИГА ИЗ ФИЗИКЕ

Дарко Капор, Институт за физику ПМФ, Нови Сад

Можемо да обрадујемо наше читаоце информацијом да се у току 1992. и 1993. године појавила нова серија интересантних књига за љубитеље популарне научне литературе – библиотека "Фундаментална физика". Издавач књига је Фонд инж. Петра и Соње Суботић из Земуна. Инжењер Петар Суботић је као учесник НОБ од 1941. године стрељан на Бањици 1943. Његова кћерка Соња Суботић (1928–1992), по струци физико-хемичар, била је и врхунски преводилац стручне литературе из физике и хемије. Уредник целе едиције је др Милан Николић, професор Природно-математичког факултета у Новом Саду.

До сада је у едицији објављено седам књига, од којих је једна уџбеник, а остале су научно–популарног карактера. Пет књига су зборници чланака, док су две комплетна дела. Реч је о књигама познатог руског аутора Л. Б. Окуња: уџбенику *Физика елементарних честица* (бр. 2 у едицији) и тексту о елементарним честицама на средњошколском нивоу α, β, $\gamma, \ldots, z$ (књига бр. 3).

Две књиге су преводи зборника који су припремљени од стране Академије наука СССР: *Седам путовања у микросвет* (књига бр. 1), која представља неку врсту увода у физику честица. После упознавања са теоријама које се налазе у основи савремене физике, можемо ићи корак даље са *Савременом теоријом елементарних честица* (бр. 5), у којој је шест чланака, међу чијим ауторима су нобеловац Салам и врхунски космолози Д. А. Киржниц и А. Д. Линде. Она се бави проблематиком уједињавања фундаменталних интеракција, теоријом кваркова и интермедијарних векторских бозона, а затим везом између физике честица и космологије.

Следе три зборника који су уређени тако да покрију одређену тематику. Зборник *Похвала теоријској физици*, четврти у едицији, садржи 11 научно-популарних чланака о теоријској физици из пера нај-

познатијих физичара света, као што су амерички нобеловци Р. Фајнман, С. Глешоу, С. Вајнберг и К. Вилсон, затим врхунски руски научници – Н. Н. Богољубов, Л. Д. Фадеев, Е. Л. Фајнберг, А. А. Мигдал и Д. В. Сирков, нобеловац А. Салам – директор Центра теоријске физике Уједињених нација у Трсту, затим С. Хокинг (аутор и нама познате *Кратке повести времена*), В. Телегди (САД) и председник Европског физичког друштва М. Жакоб (Француска).

Следећи зборник *Фундаментални проблеми* садржи радове који се односе на проблеме природе вакуума, материје и антиматерије, гравитације, суперсиметрије и релативистичких струна. Међу ауторима су врхунска имена као А. Б. Мигдал, Зељдович, Шурјак и Пјер Фаје, председник Научног комитета Француско-југословенске школе физике честица.

Последња, и најновија, свеска је зборник *Детектори честица*, који се заснива на публикацији ЦЕРН-а и садржи четири чланка, а међу ауторима је и нобеловац за 1992. годину, Жорж Шарпак.

Када је реч о зборницима који су уређивани код нас, у њима су коришћени материјали из научно-популарних часописа *Природа* (СССР), *La Recherche* (Француска) и публикација ЦЕРН-а, што само указује да су текстови прилагођени широј публици. Овом приликом треба још једном истаћи захвалност уредника што су ауторска права за објављивање добијена под изузетно повољним условима.

Едиција настоји да прати развој савремене физике у последњих тридесет година, презентујући прегледне чланке из пера најкомпетентнијих аутора. При томе се избегава практично било какав математички формализам, већ се уместо тога дају веома јасни примери и аналогије, а и квалитет илустрација је задовољавајући. Што се тиче нивоа, гимназијалци ове књиге могу пратити, али је препоручљиво да следе редослед излазака.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–46 i MF–47 DOSTAVILI SU:

1. OŠ „Svetolik Ranković“, Aranđelovac, (nastavnik Savka Kostić): Ivan Riznić, zadaci: 1059, 1063, 1077; Saša Stevanović: 1059, 1061, 1063, 1077
2. OŠ „Milenko Brković Crni“, Zaječar, Aleksandar Đurašević: 1055, 1056, 1057
3. OŠ „Stevan Čolović“, Arilje, (Momir Vuković): Danijela Stojanović: 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092; Ivana Bukvić: 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1088, 1089, 1091, 1092; Dragana Luković: 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1088, 1089, 1090, 1091; Slavka Bojović: 1054, 1055, 1056, 1061, 1088, 1090, 1091, 1092, 1095,1097; Nevena Nol: 1093, 1094, 1095, 1097; Jelena Stojadinović: 1093, 1094, 1095, 1097; Željka Radojević: 1088, 1090, 1091, 1092, 1093, 1095; Sanja Nenadić: 1088, 1089, 1090, 1091, 1092; Slađana Đurić: 1088, 1091, 1092; Dragana Milutinović: 1088, 1089, 1091, 1092; Milesa Gordić: 1088, 1089, 1091, 1092; Mirjana Stefanović: 1088, 1091, 1092; Jelena Radulović: 1088, 1090, 1091
4. OŠ „Ćirilo i Metodije“, Beograd, (Milomir Đurić): Luka Vučinić: 1053, 1054, 1055, 1056; Nebojša Prpa: 1053, 1054, 1055, 1088, 1091; Ivana Branković: 1053, 1055,1056; Ivan Sladoje: 1093, 1094, 1095, 1096; Marko Stanković: 1093, 1094, 1095, 1096
5. OŠ „Žikica Jovanović Španac“, Valjevo, (Milan Mihajlović): Đorđe Jeremić: 1060, 1061, 1062
6. OŠ „I proleterska brigada“, Beograd, (Neda Đorđević): Miloš Tešanović: 1088, 1090, 1091, 1092
7. Gimnazija „Vuk Karadžić“, Trstenik, (Milutin Đonić): Ivica Stefanović: 1068, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1077, 1080, 1103, 1106, 1107, 1108
8. Gimnazija „J.J. Zmaj“, Kać, (Nada Andrić): Mirko Dražić: 1107, 1108
9. Gimnazija „Kragujevačka gimnazija“, Kragujevac, (Dobrilo Garević): Irena Kostić 1109, 1110
10. Gimnazija „J.J. Zmaj“, Sremska Kamenica, (Gena Litričin): Marko Rakić: 1098, 1100, 1103, 1104, 1105, 1106, 1108
11. Gimnazija „Dušan Vasiljev“, Kikinda, (Vuca V. Petar): Ana Gligorijević: 1083, 1084, 1085, 1087
12. Gimnazija „Velika Plana“, Velika Plana, (Dragan Nikolić): Vladimir Juričić: 1106, 1107, 1108, odabrani zadaci: 1, 2, 3
13. Gimnazija „J.J. Zmaj“, Novi Sad, (Gena Litričin): Nemanja Žigić: 1104, 1108, 1109, 1110, 1111, odabrani zadaci: 1, 2, 3; Srđan Stanković: 1103, 1104, 1105, odabrani zadatak: 2

***

Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije, Fizički fakultet Beograda i Institut za fiziku Zemun pomogli su izdavanje ovog broja časopisa Mladi fizičar. Redakcija časopisa Mladi fizičar zahvaljuje se na ovoj pomoći.