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 **pet kucanih strana**. Crteži moraju biti izrađeni tušem na posebnoj hartiji. Na odvojenom listu treba dostaviti opštinsku stopu poreza i doprinosa na autorske honorare i broj računa na koji se porezi i doprinosi uplaćuju.

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**".

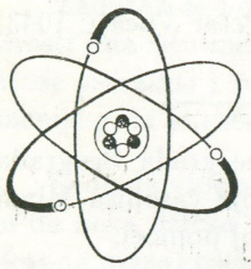
AKO NARUČITE VIŠE OD 20 PRIMERAKA (KOMPLETA) i blagovremeno izvršite uplatu, odobravamo vam rabat od 10%.

Priloge slati na adresu:

1. Društvo fizičara Srbije, 11080 Zemun, Maksima Gorkog 118.
2. "Mladi fizičar", Redakcija, 11000 Beograd, Studentski trg 12-16

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"

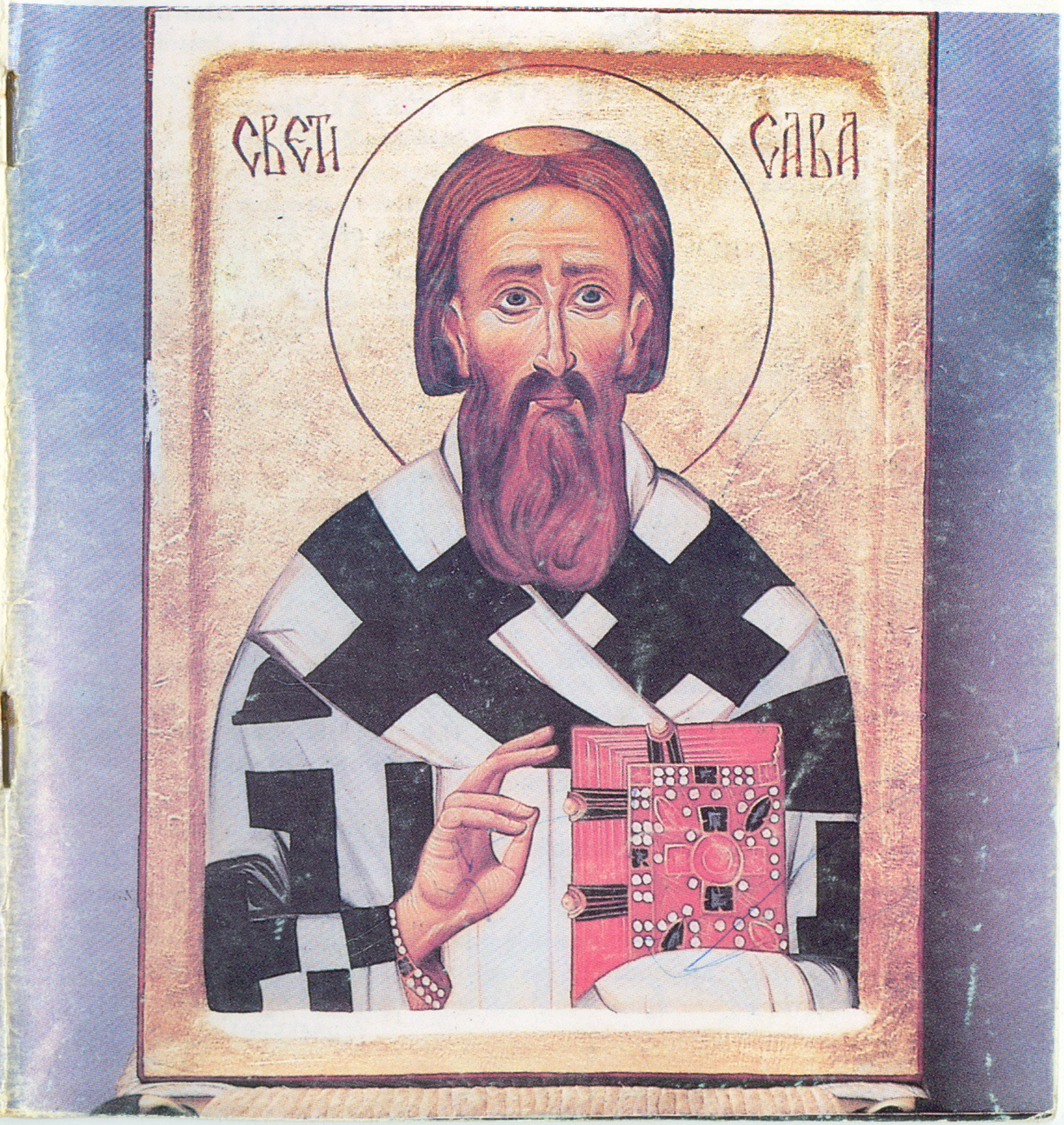
Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329 od 29.9.1976. godine

Štampa: "MST Gajić", Beograd

YU ISSN 0351-5575

46 92/93 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 46 (1992/93).

YOUNG PHYSICIST Magazine for elementary and secondary school students.

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

JUNGER PHYSIKER Zeitschrift für Volks und Mittelschüler.

Izdaje: DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE, 11080 Zemun, Maksima Gorkog 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.Savić, Z.Nenić,

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

Naslovna strana: Ivana Pecin: fotografija ikone svetog Save

S A D R Ž A J

1. Lj. i N.Nedeljković: **Kvantna fizika i geometrija, Aharonov-Bomov efekt i topološka svojstva vakuuma** 1
2. P.Adžić: **Akceleratori čestica** 6
3. V.Babović: **Galilejeve besede i Remerova predosećanja Doplerovog efekta** 11
4. I.Marić: **Kako je nastao pojam materije?** 14
5. S.Meseldžić: **Nešto o zemljotresima** 16
6. Zadaci za domaći rad 21
7. Konkursni zadaci 27
8. Klasifikacioni ispit na Univerzitetu u Beogradu u junu mesecu 1992. godine - nastavak 28
9. XXVIII takmičenje mladih fizičara Jugoslavije, Obrenovac, 23.05.1992. godine 30
10. Rešenje konkursnih zadataka iz MF-44 31
11. D.Kapor: **Rešavanje zadataka uz zakone održanja u VI razredu** 48
12. Rešenje nagradnog zadatka br. 32 49
13. Pravilna rešenja konkursnih zadataka iz MF-45 49

ŠTA JE

KVANTNA FIZIKA I GEOMETRIJA
AHARONOV-BOMOV EFEKT I
TOPOLOŠKA SVOJSTVA VAKUUMA

Lj. i N.*Nedeljković, *Fizički fakultet, Beograd

1. Šta je vakuum ?

Izgleda da su naša uobičajena razmišljanja o zbivanjima u Prirodi toliko preokupirana onim što se događa sa fizičkim objektima da sam prostor, kao pozornicu svih zbivanja, skoro i da ne primećujemo. Mi se suočavamo sa specifičnom vrstom nelagodnosti kada pokušamo da zamislimo šta je to što preostaje u delu prostora iz koga bi bila odstranjena sva tela. Skloni smo da kažemo da nije preostalo ništa, da je „protežnost" jedino svojstvo čiste *Praznine*.

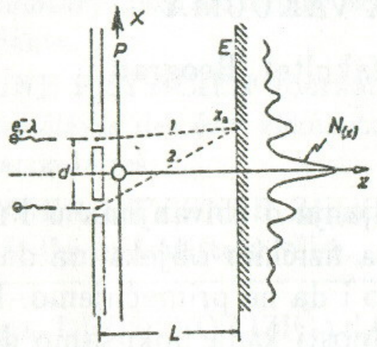
Vrlo dugo je pojam praznog prostora i u fizici, kao sistemu racionalnih znanja, izmicao detaljnijoj analizi. Prve slutnje o tome da nečeg ipak ima u praznini potiču iz XIX veka, kada je formirana tzv. klasična elektromagnetika, oblast fizike o elektromagnetnim fenomenima makroskopskih naelektrisanih tela. Međutim, stvarni obrt dogodio se tek u drugoj polovini XX veka u okviru tzv. kvantne fizike, nauke o svojstvima mikročestica. Tek tada je i bio formiran precizniji pojam tzv. *fizičkog vakuuma*, kao specijalnog fizičkog stanja praznog prostora minimalne energije.

U najjednostavnijem, graničnom slučaju pod fizičkim vakuumom podrazumevamo stanje praznog prostora nulte energije. U ovom tekstu pojam vakuuma biće upotrebljavan u upravo navedenom smislu.

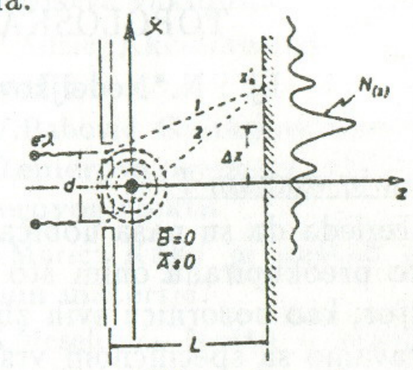
2. Aharonov–Bomov efekt

Mi ćemo ovde razmotriti neka osnovna, ali sasvim neočekivana svojstva vakuuma koja se manifestuju pri takozvanom *Aharonov-Bomovom efektu*, o kome je bilo reči u prethodnom broju ovog časopisa („Mladi fizičar", 45, 1992/1993).

Podsećamo da se ovaj efekt odnosi na promenu interferencione slike elektroskog snopa u prisustvu magnetnog polja veoma dugačkog i tankog solenoida. Snop elektrona upućuje se prema prepreci P sa dva dugačka, uzana i međusobno bliska paralelna proreza (međusobnog rastojanja d), iza kojih je postavljen solenoid (čiji je poprečni presek površine $S = R^2\pi$ prikazan kružićima na sl.1.a,b). Na udaljenosti $L \gg d$ nalazi se ekran E, na kome se detektuju elektroni koji su prošli kroz proreze: broj elektrona $N(x)$ koji su pali u tačku x ekrana E prikazan ja na sl.1.a,b talasastim linijama. Pretpostavlja se da je solenoid toliko tanak da se elektroni kreću isključivo u prostoru *izvan* solenoida.



Slika 1.a.



Slika 1.b.

Pre propuštanja električne struje kroz navojke solenoida (sl.1.a) na ekranu E dobija se uobičajena interferenciona slika, poznata iz elementarne optike. Naime, u kvantnoj fizici se pokazuje da se elektronski snop ponaša kao tzv. De Broljev talas određene talasne dužine λ. Zbog toga će, kao i u optici, položaj x_n interferencionog maksimuma n-tog reda biti određen relacijom

$$x_n = \frac{L\lambda}{2\pi d}\delta_n, \tag{1}$$

gde je $\delta_n = 2\pi n$ tzv. *fazna razlika* interferencionih talasa 1 i 2 sa sl.1.a. Podsećamo da je fazna razlika δ_n izazvana isključivo putnom razlikom talasa 1 i 2.

Pretpostavimo sada da je struja propuštena kroz navojke solenoida (sl.1.b) i da je, samim tim, oformljeno njegovo magnetno polje. Mi smo u prethodnom broju ovog časopisa već istakli da su magnetna indukcija $\vec{B}$ i gustina magnetne energije $w_e = (1/2\mu_0)B^2$ ovog polja različite od nule jedino u unutrašnjosti solenoida, tj. sa stanovišta klasične elektrodinamike, Lorencova sila $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ neće delovati na naelektrisanje q koje se brzinom $\vec{v}$ kreće u prostoru izvan solenoida. Rečeno je, takođe, da se u prostoru izvan solenoida formira tzv. *magnetni vrtlog vektorskog potencijala* $\vec{A}$ (isprekidane kružne linije na sl.1.b) koji, po klasičnoj elektrodinamici, ne opisuje nikakvo stvarno fizičko stanje prostora.

Međutim, kvantnomehanička izračunavanja Aharonova i Boma su pokazala da magnetni vrtlog utiče na promenu faze De Broljevih talasa elektronskog snopa. Naime, novi položaji x'_n interferencionih maksimuma (sl.1.b) određeni su relacijom

$$x'_n = \frac{L\lambda}{2\pi d}(\delta_n + \Delta\delta) \tag{2.a}$$

gde je

$$\Delta\delta = 2\pi\frac{e}{h}BS \tag{2.b}$$

dodatna fazna razlika talasa 1 i 2 (veličina h je tzv. Plankova konstanta, dok je e naelektrisanje elektrona). Prema tome, koristeći (1) i (2.a,b), za veličinu trnslacionog pomeraja interferencione slike $\Delta x = x'_n - x_n$ dobijamo formulu

$$\Delta x = \frac{L}{d}\frac{\lambda e}{h}BS, \tag{3}$$

čija je ispravnost više puta proveravana preciznim eksperimentalnim metodama.

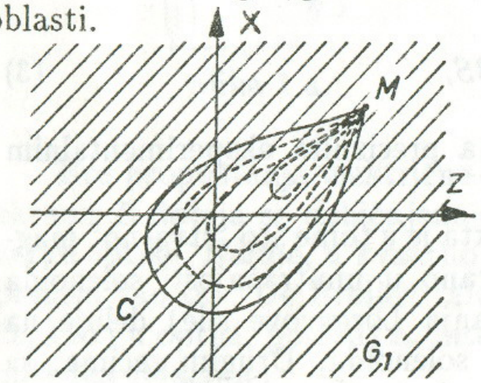
Specifičnost Aharonov–Bomovog efekta je u tome što „stvarno“ magnetno polje ($\vec{B} \neq 0$, $w_m \neq 0$) formirano u unutrašnjosti solenoida na neki neobičan način (bez posredovanja Lorencove sile) deluje na elektrone koji se kreću isključivo izvan solenoida. Drugim rečima, sa stanovišta klasične elektrodinamike, navedeni efekt otvara kompleksan *problem delovanja na daljinu*. Sa stanovišta kvantne fizike, problem se (prividno) ne pojavljuje u ovako zaoštrenoj formi, jer je u prostoru izvan solenoida ipak $\vec{A} \neq 0$. Međutim, i dalje ostaje otvoreno sledeće sasvim „neklasično“ pitanje: kako magnetni vrtlog kao prostor bez magnetne energije (i bez posredovanja Lorencove sile) deluje na promenu faze De Broljevih elektronskih talasa?

3. Topološka svojstva vakuuma

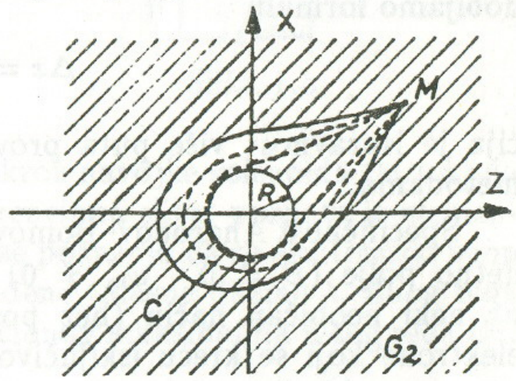
Nakon otkrića Aharonov-Bomovog efekta (1959. godine) nastupio je period detaljnog razmatranja njegovog dubljeg fizičkog sadržaja, koji je trajao skoro dve decenije. Istraživanja većeg broja teorijskih fizičara dovela su do neočekivanog zaključka da je stvarna fizička pozadina efekta povezana sa izuzetno specifičnim geometrijskim svojstvima prostora u

kome se formira magnetni vrtlog. Reč je o tzv. *topološkim svojstvima prostora*, koja se izučavaju u jednoj oblasti savremene geometrije poznatoj pod nazivom *topologija*.

Za razumevanje problema koji ovde diskutujemo potreban je samo jedan topološki pojam: tzv. povezanosti tačaka date prostorne oblasti. Za određenu prostornu oblast G_1 kažemo da je *jednostruko povezana oblast* (vidi sl.2.a) ako se proizvoljna kontura C iz uočene oblasti G_1 može neprekidnom deformacijom skupiti (sažeti) u tačku, a da pri tom sve tačke konture C pripadaju oblasti G_1. Nije teško zaključiti da čitav trodimenzionalni prostor (uočiti šrafiranu oblast na sl.2.a) predstavlja upravo jednostruko povezanu oblast (pogodno je konturu C zamisliti kao rastegnutu i idealno elastičnu nit koja se, prepuštena sama sebi, skuplja u fiksnu tačku M). Međutim, za deo prostora G_2 koji se nalazi izvan cilindra poprečnog preseka $S = R^2\pi$ (uočiti šrafiranu oblast na sl.2.b) kažemo da je *dvostruko povezana oblast*: „elastična" kontura C ostaće omotana oko cilindra (shvaćenog kao čvrsto telo) i bez prekidanja se ne može skupiti u tačku M. Zbog toga i kažemo da su G_1 i G_2 topološki neekvivalentne oblasti.



Slika 2.a.



Slika 2.b.

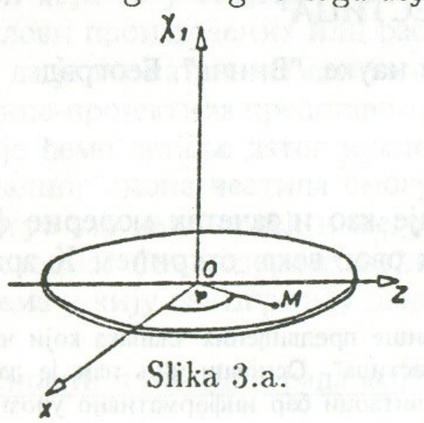
Primetimo da se ova topološka razlika direktno prenosi na geometrijsku strukturu uređaja za registrovanje Aharonov–Bomovog efekta: oblasti G_1 i G_2 sa sl.2.a,b upravo predstavljaju one delove prostora sa sl.1.a,b u kojima vlada *vakuum* (shvaćen kao fizičko stanje praznog prostora nulte energije $w_m = 0$). Zaista, pre propuštanja struje kroz solenoid (sl.1.a) u čitavom prostoru imamo $\vec{B} = 0$ i $w_e = 0$, tj. vakuum je „zaposeo" čitavu jednostruko povezanu oblast. Onog trenutka kada je u navojcima solenoida uspostavljena struja (sl.1.b) i kada se cilindrična oblast unutrašnjosti solenoida napuni magnetnom energijom, pomenuta jednostavna topologija „tarog" vakuuma se ruši: „novi" vakuum je potisnut izvan solenoida, u dvostruko povezanu oblast.

Ova topološka razlika „starog" i „novog" vakuuma dovodi do jedne vrlo osetljive *fizičke* razlike između stanja prostora izvan solenoida pre i posle uključivanja struje. Da bismo uočili o kakvoj promeni je reč, neophodno je poći od jednog opšteg svojstva potencijala $\vec{A}$, koje je bilo poznato još u okvirima klasične elektromagnetike i koje se naziva *kalibracionom simetrijom* elektromagnetnog polja. U našem konkretnom slučaju ovo svojstvo svodi se na sledeće: u delovima prostora gde vlada vakuum ($\vec{B} = 0, \quad w_m = 0$) vektor $\vec{A}$ je moguće izraziti preko jedne skalarne funkcije χ, koja se naziva *kalibracionom funkcijom* (ili „hi" funkcijom). Centralna tačka zagonetke Aharonov–Bomovog efekta je u tome što se „stari" i „novi" vakuum opisuju radikalno različitim χ–funkcijama, koje ćemo označiti sa χ_1 i χ_2.

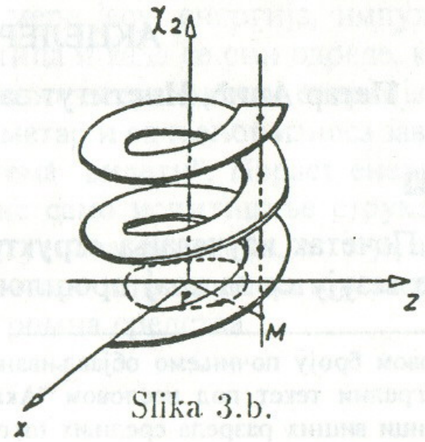
Relativno jednostavna izračunavanja pokazuju da je $\chi_1 = 0$, ali da je

$$\chi_2 = \frac{BR^2}{2}\varphi, \tag{4}$$

gde je φ ugao naznačen na sl.3.a,b. Grafik brojnih vrednosti funkcije χ_1 u relevantnoj ravni xOz predstavljen je na sl.3.a ravnom površinom (koja leži na samoj xOz ravni, pošto je $\chi_1 = 0$). Međutim, grafik χ_2 funkcije (sl.3.b) je mnogo komplikovaniji, helikoidalna površina koja se „namotava" oko cilindrične oblasti (solenoida). Primetimo da χ_2–funkcija *nije* jednoznačna (proizvoljnoj tački M odgovara više vrednosti χ_2–funkcije), zbog čega kažemo da je „novi" vakuum dvostruko povezane oblasti magnetnog vrtloga *degenerisan*.



Slika 3.a.



Slika 3.b.

4. Topološko rešenje problema delovanja na daljinu

Topološko rešenje problema delovanja na daljinu (odnosno, problema delovanja magnetnog vrtloga na faznu razliku interferencionih De Broljevih talasa elektrona) zasniva se na uočenoj razlici između χ_1 i χ_2.

Naime, ispostavlja se da je dodatna fazna razlika $\Delta\delta$, koja i dovodi do Aharonov–Bomovog efekta, određena relacijom

$$\Delta\delta = 2\pi\frac{e}{h}[\chi(2\pi) - \chi(0)], \qquad (5)$$

gde su $\chi(2\pi)$ i $\chi(0)$ vrednosti χ - funkcije za $\varphi = 2\pi$ i $\varphi = 0$. Iz ove formule neposredno vidimo da za $\chi = \chi_1 = 0$ imamo $\Delta\delta = 0$, što upravo odgovara situaciji sa sl.1.a. Međutim, ako u formuli (5) uzmemo da je $\chi = \chi_2$, direktno dolazimo do kvantnomehaničkog izraza (2.b) a samim tim i do Aharonov–Bomove formule (3).

Izloženi argumenti pokazuju da Lorencova sila nije jedini oblik interakcije magnetnog polja solenoida i elektrona. (Do prividnog delovanja na daljinu dolazi samo ako se ne uzme u obzir navedena okolnost.) U magnetnom vrtlogu vektorskog potencijala $\vec{A}$ manifestuje se sasvim novi, „neklasični“ ali „lokalni“ tip direktnog delovanja na fazu elektronskih talasa. Fizička suština ovakve interakcije svodi se na zaključak da je u prostoru degenerisanog vakuuma (bez uobičajenih formi magnetne energije) još uvek preostala neka „pra-forma“ magnetnog polja opisana χ_2–funkcijom.

Detaljnija studija ovog sasvim specifičnog, nejednoznačnog χ_2–polja povezana je sa graničnim pitanjima Kosmologije i upućuje nas u vreme kada su topološki kompleksnim prostorima Rane vasione dominirali moćni zakoni kalibracione simetrije.

АКЦЕЛЕРАТОРИ ЧЕСТИЦА[1]

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

Увод

Почетак изучавања структуре материје као и зачетак модерне физике везују се за крај прошлог и почетак овог века: открићем X зрака

[1] У овом броју почињемо објављивање првог од више предвиђених чланака који чине интегрални текст под насловом "Акцелератори честица". Основни циљ нам је да се ученици виших разреда средњих школа и остали читаоци бар информативно упознају са најважнијим елементима физике акцелератора.

Верујемо да ће овај текст, када буде комплетиран објављивањем преосталих делова у наредним бројевима, заинтересовати читаоце и помоћи професорима средњих школа у даљој популаризацији физике везане за ове комплексне машине, које представљају саставни део готово свих познатих светских научних институција за експериментална истраживања у физици.

(Рентген), открићем природне радиоактивности (α, β и γ зраци, Бекерел), открићем електрона (Томсон), а убрзо затим заснивањем атомске, нуклеарне релативистичке физике и касније квантне механике атома и језгра.

Изучавање спонтаног распада дугоживећих природних радиоизотопа дуго је представљало поуздан извор података о структури атомских језгара, али како знатан део језгара није подложан овом природном процесу, број информација о њима је ограничен. Осим тога, максималне енергије пројектила (α честице и секундарни неутрони) који су могли да се користе из распада природно радиоактивних језгара износиле су $7-8MeV$. Откриће акцелератора омогућило је коришћење великог броја честица као пројектила у широком енергетском опсегу, а комбинацијом стабилних и радиоактивних језгара веома је проширен домен информација о својствима различитих нуклеарних система. Тако је почетак градње акцелератора у извесном смислу представљао и нови - други почетак развоја нуклеарне физике.

Проучавање нуклеарних реакција и расејања обезбеђује већину података о нуклеарним системима, а природа стандардног експерименталног приступа у таквом изучавању подразумева располагање снопом наелектрисаних честица: p, d, α или тешких јона, које се убрзавају до одређених енергија, а затим усмеравају на "мету" познатог састава. Избор и комбинација различитих детекторских система смештених непосредно иза мете зависе од проблема који се истражује, али скоро увек имају за основни циљ да проучавањем продуката реакција омогуће прикупљање што већег броја података о одређеној интеракцији. Најважнији параметри који се у оваквим експериментима мере јесу: енергија, импулс и углови произведених или расејаних честица и када се они одреде, каже се да је позната кинематика процеса. Улазна енергија или енергија честице-пројектила представља важан параметар и од њеног износа зависи које ћемо детаље датог нуклеарног система "видети". Пораст енергије упадног снопа честица омогућава нам не само испитивање структуре језгра као целине већ и његових конституената нуклеона, а то је, превасходно, циљ модерних моћних акцелератора или акцелераторских система у чију се изградњу данас улажу огромна средства.

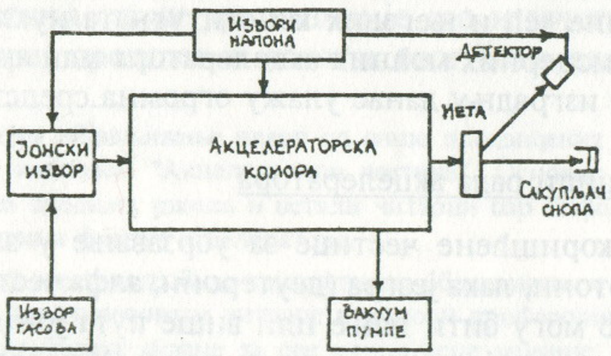
Основни принципи рада акцелератора

Најчешће коришћене честице за убрзавање у акцелераторима су: електрони, протони, лака језгра (деутерони, алфа честице) и тешки јони (у принципу то могу бити мање или више пута јонизовани атоми елемената, почев од хелијума до олова и урана). У табели су дате основне карактеристике једног броја тих честица, закључно са кисеоником.

Честица	Симбол	Наелектр.	Маса (M_e)	Састав
електрон	e^-	-1	1	e^-
протон	p, ^1H	$+1$	1836	p
јон водоника	H^-	-1	1838	$p+2e^-$
деутерон	d, ^2H	$+1$	3660	$p+n$
трицијум	t, ^3H	$+1$	5500	$p+2n$
хелијум 3	^3He	$+2$	5500	$2p+n$
алфа честица	α, ^4He	$+2$	7290	$2p+2n$
језгро угљеника	^{12}C	$+6$	21857	$6p+6n$
језгро кисеоника	^{16}O	$+8$	29150	$8p+8n$

Снопом убрзаних честица одређених енергија из акцелератора бомбардује се погодно одабрана мета, најчешће у чврстом стању, довољне дебљине да продукти реакција могу да је напусте са што мањим губитком енергија. При интеракцијама честица пројектила са језгрима мете доминирају две силе: електростатичка (Кулонова) и нуклеарна. Познато је да су нуклеарне силе веома јаке и кратког домета, да делују само унутар језгра, па ће са пројектилима ступити у дејство једино у случају кад ови имају довољно енергије да савладају одбојну електростатичку силу, односно баријеру коју стварају пројектил и језгро мете. Како се наелектрисање језгра мете повећава, Кулонова баријера се такође повећава и пројектилу се мора саопштити већа енергија да би је савладао и изазвао нуклеарне реакције. Акцелератори који се користе за убрзавање честица до енергија реда Кулонове баријере ($8\ MeV$) углавном су **електростатички акцелератори.** Ови нискоенергетски акцелератори се данас могу наћи у употреби као модерни Ван де Граф (ТАНДЕМ) акцелератори или као први степен (инјектор) неког сложеног акцелераторског система.

Структура акцелератора се може представити шемом на слици 1.



Слика 1. Шематски дијаграм структуре акцелератора

Поред ових основних компоненти, многи акцелератори захтевају додатне уређаје, на пример за напајање калемова магнета или генераторе високих напона за побуђивање електричних поља (RF систем). Елементима акцелератора се сматрају: **јонски извор, акцелераторска структура** (електрично поље, RF систем), **акцелераторска комора, екстракциони систем, транспортни систем** и **мета.** Јонски извор, као улазни степен, обезбеђује почетни сноп честица који се затим убацује у акцелератор (комору), где се честице под дејством електричног поља убрзавају до одређених енергија, а затим уз помоћ екстракционог система екстрахују из коморе и упућују кроз транспортне цеви до мете и експерименталног места где се налази детекторски систем. Транспортна линија се најчешће завршава хватачем или колектором снопа честица (познат као Faraday cup) на основу кога се могу добити интензитет и вредност сакупљеног наелектрисања, односно струја коришћеног снопа. Вакуумске пумпе служе за одржавање вакуума у акцелераторској комори и у транспортним цевима и што бољи вакуум се постигне, добиће се и бољи квалитет снопа наелектрисаних честица. У зависности од захтева и квалитета снопа, вакуум се креће у интервалу 10^{-5} до 10^{-8} тора, али постоје акцелератори код којих је већ достигнут ултра вакуум од 10^{-11} тора. Дуж транспортних цеви се обично постављају диполни и квадруполни магнети који служе за скретање, односно корекцију и одржавање квалитета снопа. Под корекцијом или побољшањем квалитета снопа подразумева се спречавање растура интензитета и енергије, а сам поступак је заснован на принципу функционисања електромагнетских сочива (на пример, фокусирање). Од свих физичких феномена, који су саставни део овакве комплексне инсталације, за нас је од примарног интереса оно што се дешава у акцелераторској комори која у зависности од типа и намене акцелератора може имати различиту форму, док принцип убрзавања честица, наравно, остаје исти.

Подсетимо се прво основних кинематичких формула које повезују брзину v, кинетичку енергију T и импулс p честице масе m, и то за два случаја: а) класични или нерелативистички када је брзина v много мања од брзине светлости и б) релативистички случај када је брзина v упоредива са брзином светлости ($\beta = v/c$) :

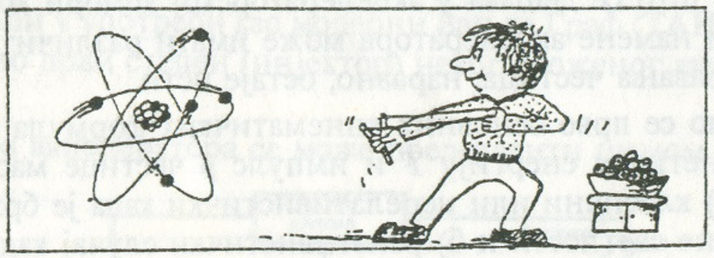
$$\text{а)} \qquad T = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} \qquad \text{и} \qquad p = mv = (2mT)^{1/2} \tag{1}$$

$$\text{б)} \quad m = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{1/2}}, \quad E_0 = m_0c^2, \quad E = T + E_0, \quad p = mv = \frac{m_0 v}{(1-\beta^2)^{1/2}} \tag{2}$$

где су са m_0 и E_0 означени маса и енергија мировања честице.

Најважније карактеристике акцелератора су: пројектил, излазна кинетичка енергија (T), интензитет снопа (I), временска дистрибуција и просторна дистрибуција снопа честица. Модерни акцелератори се све чешће граде тако да омогућавају убрзавање више врста (примарних) честица. Пројектил може бити и честица која је претходно већ прошла кроз један или више акцелераторских степена (секундарне, терцијарне честице). Излазна кинетичка енергија честица може бити фиксирана, али данас је уобичајено да се она може мењати у одређеном интервалу. Дистрибуције снопа у времену и простору су такође важне особине. Док се прва изражава кроз тзв. "duty cycle" или ефикасно време рада акцелератора који оперишу у импулсном режиму, о чему ће тек бити речи, друга карактеристика постаје разумљива постављањем захтева да сноп треба да буде што је могуће мањег попречног пресека и што боље енергетски дефинисан (по могућству моноенергетски). Другим речима, треба настојати да код снопа честица буде што мањи растур у интензитету и енергији. Цена изградње, а затим трошкови рада и одржавања акцелератора, посебно оних који се данас граде за физику високих енергија, на жалост, постају све озбиљнији ограничавајући фактор.

Наелектрисане честице се убрзавају кад год се подвргну дејству електричног поља и саопштава им се износ енергије који је пропорционалан њиховом наелектрисању и разлици потенцијала која ствара електрично поље $E = qV$. Значи, честица ће добити већу енергију ако се обезбеди и већа потенцијална разлика. Генерално, акцелератори се деле на: **електростатичке, линеарне и циркуларне акцелераторе.**



Prirodnih hemijskih elemenata ima 90, počevši od vodonika ($Z = 1$) do urana ($Z = 92$), jer u prirodi nisu pronađeni elementi pod rednim brojem 43 (tehnicijum) i rednim brojem 61 (prometijum). Prvih 81 elemenata, zaključno sa bizmutom, imaju bar po jedan stabilni izotop, dok poslednjih devet – od polonijuma do urana – nemaju ni jedan stabilan izotop. Elemente koji se u periodnom sistemu nalaze pod rednim brojem od 93 do 109 (tzv. transuranski elementi) čovek je stvorio veštačkim putem i oni su svi nestabilni.

FIZIKA I

GALILEJEVE BESEDE I REMEROVA PREDOSEĆANJA DOPLEROVOG EFEKTA

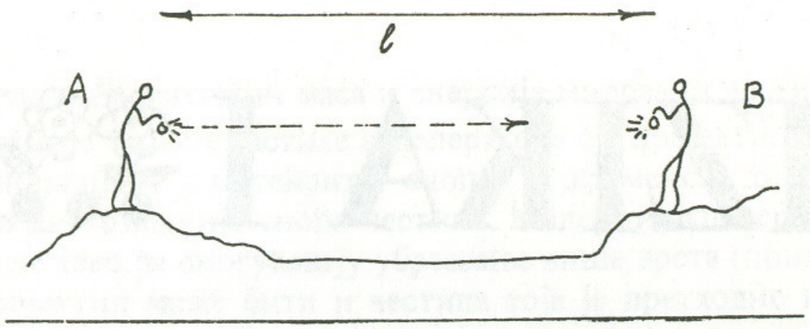
Vukota Babović, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

1. Izazov merenja brzine svetlosti

Merenje brzine svetlosti odavno već nije naučna senzacija, ali je uvek zavidna eksperimentalna veština i puno istraživačko zadovoljstvo. Težinu merenja brzine svetlosti može osetiti i laik u fizici ako ga nekim slikovitim primerom navedemo da se suoči sa ovim problemom. Tom cilju može poslužiti i ovakav zamišljeni opit. Uzmimo da u mrkloj noći želimo da napravimo snimak jednog nama dragog pejzaža, da ovekovečimo posed sa baštom, voćnjakom i rodnom kućom. Raspolažemo moćnim blicem kojim celu tu panoramu možemo osvetliti. Hteli bismo, međutim, da sasvim izbegnemo pozadinu, skorašnju doseljeničku naseobinu udaljenu kilometar i po od imanja. Ona se ni emotivno ni estetski ne uklapa u naše vizije iz detinjstva i nećemo da bude u kadru. Dolazimo na zdravu ideju da maksimalno smanjimo ekspoziciju, te da reflektovana svetlost otuda prosto ne stigne do fotoaparata. Biramo interval vremena sekunda/1000 i ··· uviđamo pomoću kratkog računa da bi ga valjalo skratiti bar sto puta! Postaje nam jasno da naš fotoaparat, pored toga što mora imati kolosalan blic, mora posedovati i čudovišno kratke ekspozicije da bi izašao na kraj sa ćudljivom svetlošću.

2. Galilejeva vizija merenja

Ova priča, koja je data u terminima razumljivim prosečnom savremenom turisti, namerno asocira na slavnu Galilejevu zamisao da dva lica s fenjerima pokušaju da komuniciraju pomoću svetlosti i tako provere koliko je tačna srednjovekovna dogma da se svetlost prostire trenutno. Taj predlog nalazimo u njegovoj znamenitoj knjizi, koju skraćeno zovemo *Besede* (Discorsi), a koju mnogi vide i kao prvi udžbenik fizike naše civilizacije. Citat zaslužuje da ga u celosti navedemo:



„Taj opit, koji sam zamislio, sastoji se u sledećem. Imamo dve osobe, i jedna i druga sa upaljenim fenjerima ··· one mogu rukom zaklanjati i ponovo puštati svetlost. Na početku osobe su blizu jedna drugoj, pa kad jedna vidi svetlost druge, ona odmah skloni ruku sa svog fenjera. I više puta se razmene takvi signali. Posle tih radnji na bliskom rastojanju, raziđu se te osobe na milju ili dve. Izvodeći te opite noću, s pažnjom će gledati hoće li odgovori na signale stizati isto tako hitro kao i ranije, pa će moći da se zaključi da li se svetlost prostire trenutno.“

Ovaj slikoviti prikaz zaslužuje da ga skiciramo i donekle raščlanimo. Osoba A upravo je sklonila ruku sa fenjera, a osoba B je tu poruku pomoću svetlosti primila posle vremena T. To znači da je brzina svetlosti c jednaka l/T. Rastojanje l je poznato, ali koliko je T osoba A ne zna. Zato Galilej i predlaže dvostruku proceduru: partner mora vratiti signal i tek je onda formula u principu upotrebljiva. U ona vremena, međutim, nepouzdano je bilo i merenje malih vremena. Galilej ne insistira da se traži brojna vrednost brzine i sugeriše da se eventualno pobije koncepcija trenutnog prostiranja svetlosti. U tu svrhu, merenje mora imati dve etape da bi se proverilo da li je $l_1/T_1 = l_2/T_2$ i različito od nule. Ako zaista povećanje rastojanja produžava vreme stizanja svetlosti, brzina svetlosti je *konačna*.

3. Jedna asocijacija na Galilejevu zamisao

Posebno je u navedenom citatu zanimljivo Galilejevo insistiranje da eksperimentatori mnogo puta ponove opisane radnje s prekidanjem svetlosti. On svakako ima u vidu potrebu da se otklone grube merne greške i obezbedi ono što danas zovemo *reproducibilnost* rezultata. Ali čitalac lako može doći u iskušenje da ove reči intuitivno prihvati i kao poziv da se procedura merenja ovako modifikuje: Svetlosni izvor kod osobe A ispušta trepćuću svetlost, periode τ. Osoba B prima ove signale i uzvraća svojim svetlosnim izvorom u istom ritmu. Međutim, takva „automatizacija“ procesa unosi i malu zabunu - eksperimentatorima se može zamagliti ranija jasna fizička slika, te ako ne preduzmu dodatne mere identifikacije, više neće znati stižu li poruke trenutno ili ne. Da se osmisli ova situacija,

nepokretne osobe A i B morale bi, na primer, da uvedu i način određivanja faze prispelog svetlosnog talasa; samo merenje učestanosti bilo bi neproduktivno. Prvo značenje ove primedbe uviđamo ako se setimo načina kako je Fizo sredinom prošlog veka izmerio brzinu svetlosti prvim uspelim terestričkim metodom.

U prethodnoj rečenici ne stoji slučajno reč *nepokretan*. Sasvim druga situacija nastaje ako dopustimo da se međusobno rastojanje eksperimentatora menja. Tada će osoba A primati učestanost koja je različita od osnovne učestanosti $f_0 = 1/\tau$. Tačno 150 godina fizičari znaju za objašnjenje te situacije: radi se o *Doplerovom efektu*, pa možemo koristiti i dobro poznatu formulu

$$f = f_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right). \qquad (1)$$

Ovde je v relativna brzina kretanja osoba A i B; v je pozitivna veličina ako je u pitanju udaljavanje, a negativna je u približavanju. Iz gornje relacije lako nalazimo brzinu svetlosti

$$c = v \frac{f_0}{f_0 - f}. \qquad (2)$$

Odjednom uviđamo sve pogodnosti novonastale slike: Galilejev eksperimentator može meriti brzinu svetlosti i samo određivanjem primane učestanosti f - jedini je uslov da u toku merenja ne miruje!

4. Da li je Remer čitao Besede?

Dakle, polazeći od Galilejeve zamisli i uvodeći pokretni prijemnik svetlosti koja periodično menja intenzitet, došli smo do formule (2). Znači li to da smo formulisali jedan principijelno nov metod merenja brzine svetlosti? Nipošto. Ukazali smo samo na jedan poseban način razmišljanja koji može služiti kao uvod u poznati ··· *Remerov astronomski metod* određivanja brzine svetlosti!

Zaista, uz malo mašte, možemo osobu B „premestiti“ na Jupiter. Fenjer mu ne treba - ulogu trepćućeg svetlosnog izvora može preuzeti jedan od Galilejevih satelita, ponajpre Io. On povremeno ulazi u Jupiterovu senku i izlazi iz nje. Osoba A je eksperimentator na Zemlji. Ni njemu nećemo dodeliti fenjer već teleskop da njime registruje periodičnost osvetljenosti Iove površine. Zemlja se kreće oko Sunca, te postoji i relativno kretanje između dve planete. Tako je analogija sa našim misaonim opitom kompletna, pa regularno možemo koristiti i formulu (2) u Remerovom metodu. Istina, malo se zna o činjenici da su Remerov

metod i Doplerov efekat u naznačenoj saglasnosti. Pošto nameravamo da u jednom od narednih brojeva ovog časopisa govorimo i o još nekim zanimljivostima Remerovog metoda, ovde nećemo sada rasvetljavati sve detalje tog astronomskog postupka. Umesto toga, recimo da je danski astronom objavio svoje otkriće četrdesetak godina posle pojave Galilejeve kapitalne knjige *Discorsi*. Ne znamo u kojoj je meri ovo delo uticalo na Remerovo poimanje svetlosti i da li ga je inspirisalo, ali je sigurno da o uticaju relativnog kretanja izvora u odnosu na prijemnik svetlosti nije znao ništa (to će otkriće uslediti dva ljudska veka kasnije). Kako je onda uopšte mogao doći na ideju da poveže vidljivu neregularnost kretanja Jupiterovih satelita sa konačnošću brzine svetlosti? Prosto tako što se jedan te isti fizički fenomen može često uspešno tretirati na više naoko nepovezanih i heterogenih načina. Tek se kasnije naziru uzajamne veze postupaka. U onome što je činio Remer danas prepoznajemo metod vremena preleta. Ovaj primer je jedna od lepših potvrda takvih slučajeva. Svedoci smo da se upravo fizika naših dana odlikuje sklonošću da traži zajedničke uzroke pojava, jedinstvena objašnjenja i što iscrpnije generalizacije. U tom se smislu nekad mogu uspostaviti među otkrićima u fizici veze drugačije nego što ih zna sama istorija fizike. Ovde smo rasvetlili jedan takav slučaj povezujući Galilejevo, Remerovo i Doplerovo otkriće unutrašnjom logikom fizičke nauke, zanemarujući istorijski tok i redosled događaja.

KAKO JE NASTAO POJAM MATERIJE?

Ilija Marić, Fizički fakultet, Beograd

Ako ste se nekad zapitali od čega su sastavljeni prirodni predmeti, postavili ste samo polovinu pitanja o materiji. U tom slučaju zamišljate prirodne stvari poput dečijih igračaka sastavljenih od kockica. Grčki atomisti u V veku pre nove ere su razmatrali ovo pitanje i odgovorili da su te osnovne „kockice" atomi (na grčkom jeziku atom znači nerazreziv, nerazdeljiv).

Ako se zapitate, međutim, iz čega nastaju prirodne stvari, postavili ste i drugu polovinu pitanja o materiji. Iz ovog ugla priroda se razumeva kao nešto što je sposobno da rađa. Prirodne stvari se rađaju, traju izvesno vreme i nestaju, vraćaju se u ono iz čega su potekle. Nastajanje ovde ne znači razlaganje do osnovnih delova (kao u prvom slučaju) iz kojih se ponovo mogu sastaviti druge stvari, već vraćanje svom izvoru. Kao biljka koja iz semena bačenog u zemlju proklija, raste, poživi, dâ novo seme i vrati se u zemlju odakle je i došla. Prvi grčki mudraci krenuli

su upravo od ove varijante pitanja i dali su različite odgovore. Ono iz čega se stvari rađaju i u šta se vraćaju nakon svoje propasti jeste voda, vazduh, vatra itd.

Mada su ovi mudraci postavili celo pitanje o materiji i na njega dali izvesne odgovore, oni nisu došli do zamisli materije jer se nisu služili onom vrstom razlikovanja prema kojoj se svet deli na materijalan i nematerijalan. Za njih je svet bio jedinstvena živa celina u kojoj su uočavali neke druge razlike, ali ne i ovu koja nas interesuje.

Prvi filozof koji je počeo da razlikuje materiju od nematerije bio je Platon (IV vek p.n.e.). On je prvo uveo razliku između sveta koji zapažamo čulima (to je naš prirodni svet) i sveta koji sagledavamo umom (Platon ga je nazvao svet ideja; ideja na grčkom jeziku znači oblik, lik). Svakodnevno iskustvo je govorilo Platonu da su čulne stvari prolazne. Sve što je nastalo mora i da nestane jednog dana, dok su ideje neprolazne. Zato je Platon ideje proglasio za pravu stvarnost koja je uvek ista, ne menja se i večno traje, dok su čulne stvari samo prolazne slike ili senke ideja. Recimo, ideja lopte je večna i neuništiva, dok razni čulni primerci lopte mogu biti napravljeni i uništeni.

Platon je tražio odgovor na sledeće pitanje: ako su čulne stvari slike ideja, zašto onda one nisu večne kao i ideje? U idejama nema smrti, otkuda su onda čulne stvari nasledile smrtnost? Očigledno, one su smrtnost morale naslediti od nečeg trećeg. Dakle, pored ideja i čulnog sveta Platon je u igru morao da uvede i nešto treće. Platonu se to treće prikazivalo na različite načine: kao *prostor* u kome se „ogledaju" ideje, pri čemu nastaju čulne stvari, kao *majka* u čijem krilu se rađaju čulna bića (u tom slučaju otac je svet ideja), kao *primateljka* koja u sebe prima svoje potomstvo, kao *negovateljica* koja neguje svoje potomstvo i kao ono što je privremeno *uobličivo*. Ovo svoje višeimeno „treće" Platon, međutim, nije nazvao materija.

Primetimo da ovo „treće" Platon nije razumevao kao nešto od čega je čulni svet sastavljen u smislu naše prve polovine pitanja o materiji. Platonovo pitanje o „trećem" je bliže našoj drugoj varijanti, ali se i od nje razlikuje. Naime, prema drugoj varijanti se podrazumeva da je priroda kao celina sama sebi dovoljna, iz nje same klija spontano čitav vidljivi svet i nakon svoje propasti opet se vraća u nju - ti krugovi nastajanja i propadanja večno se ponavljaju. Za Platona, međutim, to „treće" ne rađa spontano čulna bića, već je za potomstvo potreban i otac (svet ideja). Platonovo „treće" je nešto što ispunjava čulne stvari koje oblik dobijaju od ideja. Čulne stvari nisu, dakle, isto što i Platonovo „treće", one su prolazni potomak „trećeg".

Definitivno ime Platonovom „trećem“ dao je Aristotel. Nazvao ga je gradivo, tvar (na grčkom *hile*). Doslovan prevod reči hile na latinski jezik glasi *materia*. Aristotel je u pojam materije uneo i neke sadržinske izmene. Platonovo „treće“ je nazvao prva materija, a oblikovane čulne stvari je nazvao druga materija. On je verovao da svaka tvar mora imati oblik i da u stvarnosti postoji samo druga materija. Čista prva materija je samo moguća, ali je zapravo uvek oblikovana u neku konkretnu čulnu stvar.

Materija je, dakle, nešto od čega su prirodne stvari sastavljene ili iz čega nastaju i u šta se vraćaju. Moderna fizika je otkrila da se materija javlja u svoja dva osnovna vida - kao čestica i fizikalno polje. Platonovo „treće“ i Aristotelova prva materija bliže su zamisli polja, dok je druga materija bliža zamisli čestice. Pri tome fizikalno polje, za razliku od Aristotelove prve materije, postoji u stvarnosti, što je u skladu sa Platonovom zamisli „trećega“.

NEŠTO O ZEMLJOTRESIMA

Slobodan Meseldžić, Beograd

S vremena na vreme, slušajući vesti na radiju ili televiziji kao i čitajući novinske izveštaje, dolazimo u dodir sa raznoraznim pojmovima za koje najčešće ne znamo šta znače. Takav je slučaj i sa izveštajima o zemljotresima. Magnituda, Rihterova i Merkalijeva skala, epicentar, hipocentar itd. su za većinu ljudi pojmovi sa kojima se susrećemo, ali nemaju tačnu predstavu o njima. U ovom tekstu probaćemo da vas upoznamo sa tačnim značenjem ovih pojmova.

Pođimo od nekog novinarskog izveštaja: „Danas u toliko i toliko časova, došlo je do iznenadnog pomeranja tla tu i tu, jačine u epicentru toliko stepeni Merkalija, dok je magnituda bila toliko Rihterovih stepeni...“ Osim praiskonskog straha od zemljotresa, nismo se ni potrudili da shvatimo pojmove u dotičnom novinskom izveštaju. Pođimo od pojma epicentra.

Epicentar je mesto na površini zemlje gde se zamljotres najjače osetio. Obično su tu prisutna najveća razaranja. Epicentar se inače nalazi iznad hipocentra. Njegov položaj se određuje iz podataka dobijenih iz najmanje tri seizmološka centra koji se ne nalaze na jednom pravcu.

Hipocentar ili žarište zemljotresa je mesto unutar zemljine kore odakle polaze seizmički talasi. Ovde je usko vezan i pojam hipocentralnog i epicentralnog rastojanja, tj. rastojanja date tačke na površini zemlje od žarišta zemljotresa.

Magnituda praktično predstavlja meru za jačinu zemljotresa u hipocentru, tj. žarištu, koja se izražava količinom energije koju je zemljotres oslobodio. Skalu od 9 stepeni kojom se ovo meri zovemo Rihterovom po američkom seizmologu F.C.Rihteru (1935). Inače, magnitudu nalazimo izračunavanjem iz podataka dobijenih sa grafa seizmografa. Postoji više vrsta magnituda, i ovde ćemo ih samo spomenuti: lokalna magnituda, magnituda dobijena iz površinskog talasa, magnituda dobijena iz prostornih talasa kao i makroseizmička magnituda.

Energija zemljotresa predstavlja količinu seizmičke energije koja je oslobođena u žarištu zemljotresa i izražava se u džulima (J).

Posle ovih pojmova, pređimo na ono što je u stvari najbitnije:

Intenzitet zemljotresa predstavlja jačinu zemljotresa, tj. količinu oštećenja izazvanih na samoj površini zemlje. Postoji više seizmičkih skala. Najpoznatija od njih je Merkalijeva skala, o kojoj ćemo reći nešto više malo kasnije. Osim Merkalijeve skale (1917), postoji još nekoliko vrsta seizmičkih skala: Rosi-Forelijeva (10 stepeni) koja datira iz 1873. godine i koja je van upotrebe; Američka skala (12 stepeni) iz 1931. godine koja predstavlja modifikaciju Merkalijeve; Japanska skala (7 stepeni) iz 1950. godine. Tu su još skala Instituta fizike SSSR-a (12 stepeni) iz 1952. godine, Kineska skala (12 stepeni) iz 1956. godine kao i MSK skala (12 stepeni) iz 1964. godine. Najčešće su u upotrebi MCS (Merkali-Cancani-Sieberg) skala i MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) skala.

Pomenimo da skala za određivanje jačine brontida (zvučnih pojava pri zemljotresu) ima pet stepeni, a skala za utvrđivanje intenziteta pobuđivanja vodenih masa sastoji se od šest stepeni.

Recimo sada nešto o Merkali-Kankani-Siebergovoj skali. To je skala koja je najčešće u upotrebi i ima 12 stepeni:

I stepen: Zemljotrese ove snage ljudi ne osećaju i oni se registruju samo seizmografom.

II stepen: Ovaj zemljotres još je praktično teško osetljiv. Osete ga samo pojedinci na višim spratovima zgrada.

III stepen: Na višim spratovima zgrada oseti ga veći broj ljudi, dok napolju retko ko. Takođe, na višim spratovima jedva primetno se zapažaju njihanja lustera.

IV stepen: Najveći broj ljudi oseća ovaj zemljotres, mnogi ga osete i napolju. Pojedinci se bude iz sna. Prozori i vrata zveckaju i škripe. Posuđe se sudara i zveči, dok se lusteri lagano klate.

V stepen: Ovaj zemljotres osećaju već skoro svi, čak se i većina ljudi budi iz sna. Životinje su uznemirene. Nameštaj se pomera. Klatno na satu se zaustavlja. Lakši i nestabilni predmeti se preturaju. Pod od drveta

škripi. Na starijim kućama dolazi do stvaranja sitnijih pukotina u malteru kao i naprsnuća klasično građenih odžaka. Na vodenim površinama, dotada mirnim, nastaju manji talasi.

VI stepen: Među ljudima se javljaju strah i panika. Svi su na nogama. Pojedinci padaju zbog gubitka ravnoteže. Predmeti koji nisu pričvršćeni padaju sa polica (knjige, staklarija). Dolazi do pomeranja teškog nameštaja. Na starim i dotrajalim kućama dolazi do opadanja maltera sa zidova i tavanice i javljaju se prve pukotine u zidovima. Odžaci se rastresaju. Postoji mogućnost pada nevezanih crepova sa krova. U vlažnom tlu mogu se javiti manje pukotine (do 1 *cm*). Klizišta se mogu aktivirati. Menja se izdašnost izvora kao i nivo vode u bunarima. Već se i manje drveće umereno njiše.

VII stepen: Prisutan je strah i panično ponašanje kod ljudi. Životinje su uznemirene. Težak nameštaj se pomera sa mesta. Predmeti sa regala i polica padaju na pod. Kod slabo građenih kuća i objekata ruše se dimnjaci i pojavljuju se veće pukotine u zidovima. Kod normalno građenih objekata dolazi do manjih pukotina u zidovima kao i opadanja većih komada maltera, dok se kod armirano-betonskih zgrada javljaju sitne pukotine u malteru. Stvaraju se sitne pukotine u suvom tlu, a veće u vlažnom zemljištu. Dolazi do zamućivanja vode kao i do pojave manjih klizišta, pogotovo na strmim stranama nasipa i obalama reka.

VIII stepen: Strah i panika su prisutni čak i kod vozača motornih vozila. Svi napuštaju zatvorene prostorije. Životinje su jako uznemirene. Već se i teži delovi nameštaja preturaju. Lusteri i slike okačene na zidu mogu se otkidati i padati. Vrata kao i prozori mogu ispadati iz ležišta. Najslabije zidane zgrade su bitno oštećene, a jedan broj i srušen. Na standardno zidanim zgradama dolazi do rušenja dimnjaka kao i dubljih pukotina u zidovima. Armirano-betonske zgrade su još uvek dosta sigurne i kod njih dolazi do manjih pukotina u zidovima kao i opadanja većih komada maltera. Betonski kanali se lome, nadgrobni spomenici se preturaju, kamene ograde se ruše. Pukotine u zemlji su do nekoliko *cm* širine. Voda u stajaćim vodama se muti i talasa. Grane na drveću se lome. Dolazi do pojave novih izvora, a stari nestaju. Javljaju se klizišta.

IX stepen: Panika je sveopšta, kako kod ljudi tako i kod životinja. Mnogi slabo zidani objekti se ruše u više od 50% slučajeva. Standardno građeni objekti se oštećuju, tako da dobar procenat takvih zgrada više nije za upotrebu (ruše se pregradni zidovi, veliki zjapeći otvori u ostalim zidovima, delimično rušenje zgrada). Armirano-betonske konstrukcije još su stabilne (dolazi samo do dubljih pukotina u zidovima i do rušenja dimnjaka). Fabrički dimnjaci pucaju, a gornji delovi mogu se srušiti.

Zvonici na crkvama se teško oštećuju, čak mogu i da se sruše. Oštećenja na mostovima kao i u tunelima se mogu popraviti, tj. ona nisu velika. Šine na prugama se krive. Putevi pucaju i javljaju se talasasta uzvišenja na asfaltu i do 10 *cm*. Na kanalizacionim instalacijama dolazi do težih oštećenja. Kamene ograde se ruše, a žice na vazdušnim vodovima se kidaju. Pukotine u zemljištu su veće visine i od 10 *cm* širine. Dolazi do izbijanja podzemnih voda na ravnim terenima i do stvaranja novih izvora, dok postojeći presušuju. Bunarske i izvorske vode se zamućuju, i pri tome menjaju izdašnost. Drveće se lomi, a manja stabla padaju. Rezervoari za vodu mogu takođe da pretrpe manja oštećenja. Krovne konstrukcije od drvene građe se teže oštećuju, a nekada se ruši ceo krov. Balkoni se jače oštećuju, mogu i da se sruše, ali većinom ostaju da vise na serklažu. Drvena stepeništa se ruše, a armirano-betonska stepeništa samo se jače oštećuju.

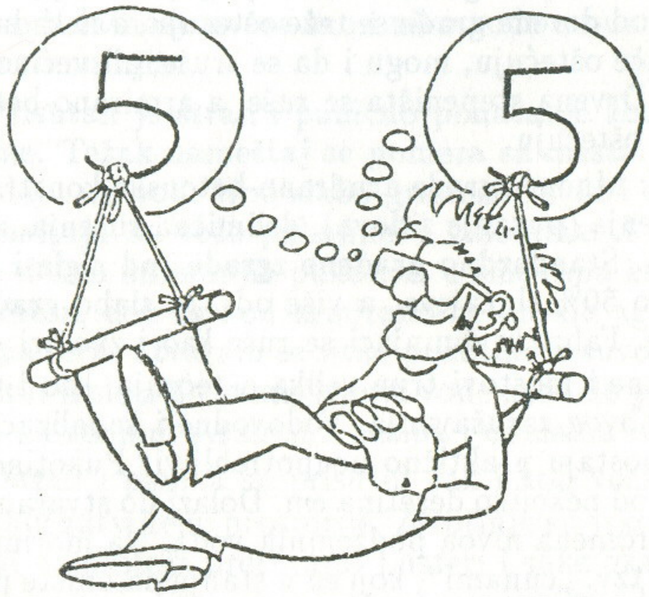
X stepen: Mnoge zgrade armirano-betonske konstrukcije doživljavaju jaka oštećenja (pucanje zidova), delimična rušenja, a samo oko 5% se potpuno ruši. Standardno građene zgrade (od cigle i crepa) se potpuno ruše u oko 50% slučajeva, a više od 3/4 slabo građenih objekata se potpuno ruši. Fabrički dimnjaci se ruše kao i zvonici crkava i minareti džamija. Brane i mostovi trpe velika oštećenja, kao i tuneli. Čak može doći i do njihovog zarušavanja. Vodovodne i kanalizacione cevi pucaju. Dalekovodi postaju praktično neupotrebljivi. Pukotine u zemljištu dostižu širinu i od nekoliko desetina *cm*. Dolazi do stvaranja velikih klizišta kao i većih promena nivoa podzemnih voda. Na morima se stvaraju ogromni talasi, tzv. „cunami“, koji su u stanju da unište priobalni pojas do dubine od nekoliko kilometara u unutrašnjosti. Zbog zaustavljanja rečnih tokova može doći do stvaranja jezera kao i do promene temperature kod termalnih izvora.

XI stepen: Teška oštećenja. Mostovi, brane, pruge i putevi postaju neupotrebljivi. Tuneli i brane se ruše. Pojedini delovi zemljišta se izdižu ili pomeraju bočno čitave metre. Reke menjaju svoje tokove. Takođe, na morima su prisutni „cunami“ talasi.

XII stepen: Opšta kataklizma. Sve što je napravljeno ljudskom rukom biva uništeno. Površina zemlje trpi promene. Rasedi dostižu dužinu od nekoliko kilometara. Blokovi se razmiču jedni od drugih, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu. Vodna mreža se menja iz osnova. Nastaju vodopadi, a reke probijaju nova korita. Stvaraju se nova jezera. Praktično, menja se lice i krajolik pogođenog područja.

Ovim smo ukratko opisali Merkalijevu skalu. Na osnovu ovih podataka crtaju se seizmičke karte neke regije, države, kontinenta, pa i cele zemaljske kugle.

Ukratko smo naveli sve relevantne i najčešće pominjane termine koje možemo sresti u štampi ili čuti na TV-u i radiju. Ovo je jako široka oblast, koja zahvata mnogo više prostora te može biti tema nekih sledećih radova. Ko želi da nešto više sazna o ovome neka pročita izvrsnu knjigu dr. ing. Borisa Sikošeka „Zemljotres i ja“ u izdanju Exportpressa 1986. godine, koju sam i ja koristio kao literaturu.



Dobitnik prve Nobelove nagrade za fiziku, 1901 godine, bio je Vilhelm Conrad Röntgen (1845–1923). Nagradu je dobio za otkriće zračenja „nepoznate prirode“ 1895 godine, koje je nazvao X zracima.

1898 godine Ernest Rutherford otkrio je da zračenje rude uranijuma ima dve komponente: prvu, koja se lako apsorbuje u materijalu nazvao je alfa zracima, a drugu, prodorniju, beta zracima. Treću komponentu, iako se i njeno otkriće najčešće pripisuje Rutherfordu, otkrio je dve godine kasnije Paul Villard. Ove zrake, slične već poznatim tvrdim rendgenovim zracima, Villard je nazvao gama zracima.

KONKURSNI ZADACI

DACI·ZADACI

NAGRADNI ZADACI • ZADACI PITANJA • E – ZADATAK

ZADACI ZA DOMAĆI RAD

VI razred

1. Motorna pumpa izbacuje 10 l vode u svakoj sekundi na visinu od 5 m. Odrediti veličinu izvršenog rada pumpe za 1 sat. (1765,8 kJ)

2. Dete je teško 480 N. Dodirna površina njegovih stopala sa podlogom iznosi 240 cm^2. Odrediti veličinu pritiska na podlogu kada dete stoji na jednoj nozi. (40 kPa)

3. Masa jednog astronauta je 80 kg. Odrediti težinu ovog astronauta na Mesecu, ako se zna da je jačina gravitacionog polja Meseca šest puta manja nego na površini Zemlje. (128 N)

VII razred

1. Kuglica mase 20 g izbačena je vertikalno uvis početnom brzinom 100 m/s. Zanemarujući otpor vazduha, odrediti kinetičku i potencijalnu energiju kuglice na kraju četvrte sekunde od trenutka izbacivanja. (37 J; 63,1 J)

2. Kolika je dužina bakarne žice poprečnog preseka od 2 mm^2 čiji je električni otpor jednak otporu gvozdene žice dužine 250 m i poprečnog preseka od 1 mm^2? (2.941,1 m)

3. Udaljenost lika od optičkog centra sabirnog sočiva je 54 cm. Odrediti uvećanje sočiva ako je njegova žižna daljina 18 cm. (2)

VIII razred

1. Dve kuglice naelektrisane istom količinom elektriciteta nalaze se u vazduhu na međusobnom rastojanju od 3 cm. Znajući da je veličina odbojne sile 4 N odrediti veličinu naelektrisanja jedne kuglice. (20 μC)

2. Rastojanje između naelektrisanja $+q$ i $+9\ q$ je 8 cm. Odrediti udaljenost tačke od prvog naelektrisanja na liniji koja ih spaja, u kojoj je jačina električnog polja jednaka nuli. (2 cm)

3. Odrediti najmanju i najveću vrednost ekvivalentnog otpora koji se može napraviti od tri otpornika vrednosti 1 Ω, 2 Ω i 3 Ω. (6/11 Ω, 6 Ω)

Pripremio: M.Perković, Beograd

KONKURSNI ZADACI

Zadaci za učenike VI razreda

1053. Od komada plastike gustine 1480 kg/m^3 napravljena je lopta koja kada se potopi u vodu istiskuje 4 l vode. Odrediti srednju gustinu lopte.(m=0,2 kg)

1054. Lopta kojom su se igrala deca pored obale potoka neprimetno se otkotrljala u potok. Deca su tek posle 2 minuta zaključila da je lopta otišla niz vodu. Najbrži dečak je potrčao konstantnom brzinom od 3 m/s. Znajući da je brzina vode u odnosu na obalu $0,8$ m/s, odrediti vreme posle koga će dečak da stigne do lopte.

1055. Trkač je pretrčao stazu dužine 720 m tako što je polovinu staze trčao brzinom 9 m/s, trećinu staze brzinom 8 m/s a ostatak brzinom 6 m/s. Kolika je srednja brzina trkača na celom putu?

1056. Pod dejstvom sile od 3 N opruga ima dužinu 12 cm, a pod dejstvom sile od 6 N, dužinu 14 cm. Kolika je dužina opruge kada na nju ne deluje sila?

1057. Šlep pušten sam rekom, prelazi put od mesta A do mesta B za 6 h. Ako ga vuče tegljač koji razvija brzinu od 5 km/h u odnosu na reku, put od mesta B do mesta A prelazi za 4 h. Smatrajući da reka na celom putu ima istu brzinu, naći rastojanje mesta A i B.

Pripremili: D.Kapor (1055–1057), Institut za fiziku PMF, Novi Sad i M.Perković (1053 i 1054), Beograd

Zadaci za učenike VII razreda

1058. U cilindričnoj posudi, čija je površina poprečnog preseka 20 cm^2, nalazi se voda do visine od 15 cm. Kada se u posudu s vodom stavi komad plute u obliku valjka, površine poprečnog preseka 10 cm^2, pluta pliva na vodi a nivo vode u posudi se podigne za $2,1$ cm. Znajući da je gustina vode 1000 kg/m^3 a gustina plute 250 kg/m^3, odrediti nivo vode u posudi kada se pluta potpuno zaroni u vodu.

1059. Na telo mase $m = 1$ kg, deluje vertikalna sila intenziteta $F = 10,81$ N, sa smerom naviše. Odrediti visinu, u odnosu na početni položaj, na koju će telo dospeti posle $t = 10$ s od početka delovanja sile.

1060. U zatvorenom kotlu parne mašine nalazi se vodena para pod pritiskom od 1078,7315 kPa. Kotao je oblika cilindra unutrašnjeg prečnika 2 m, visine 3 m i debljine 5 mm. Odrediti veličinu rezultantne sile na zid kotla znajući da je spoljašnji pritisak 98,0665 kPa.

1061. Konji vuku natovarena kola silom od 600 N krećući se konstantnom brzinom od 1 m/s. Koliko je puta manja snaga konja od automobila koji se pri sili vuče motora od 1 kN kreće konstantnom brzinom od 144 km/h?

1062. Na horizontalnoj podlozi u stanju mirovanja nalaze se dvoje sanke na kojima sedi po jedno dete. Masa jednih sanki s detetom iznosi m_1, a masa drugih sanki s detetom je m_2. Ako jedno dete odgurne druge sanke, doći će do kretanja obeju sanki. Pretpostavljajući da su koeficijenti trenja između obeju sanki i podloge jednaki, odrediti odnose pređenih puteva sanki do njihovog zaustavljanja.

Zadaci za učenike VIII razreda

1063. Narukvica od legure zlata i bakra ima masu 50 g. Težina iste narukvice kada je potopljena u vodu iznosi $0,442$ N. Kolike su mase zlata i bakra u narukvici?

1064. Kvadratni ram stranice $a = 10$ cm napravljen je od bakarne žice prečnika $d = 1$ mm i specifičnog otpora $\rho = 1,7 \cdot 10^{-7}$ Ωm. Ram se nalazi u magnetnom polju tako da mu je površina normalna na linije sila polja. Ako se magnetna indukcija ravnomerno povećava brzinom od $0,1$ T/s, odrediti indukovanu elektromotornu silu u ramu i jačinu indukovane struje.

1065. Matematičko klatno dužine 2 m vrši harmonijsko oscilovanje. Amplitudno rastojanje tela koje osciluje od vertikale koja definiše ravnotežni položaj klatna iznosi 10 cm. Odrediti: a) period klatna i b) najveću brzinu kretanja kuglice.

1066. Voda mase od 1 kg zagreje se na manjoj ringli električnog šporeta od $28,3°C$ do $100°C$ za vreme od 5 min. Napon električne mreže je 220 V. Zanemarujući gubitke toplote odrediti: a) snagu korišćene ringle i b) električni otpor spirale ringle.

1067. Električno kolo je sastavljeno od pet jednakih otpornika od po 8 Ω (sl.1) i priključeno na jednosmeran napon od 84 V. Odrediti jačinu struje koju pokazuje ampermetar. Zanemaruje se unutrašnji otpor ampermetra i izvora.

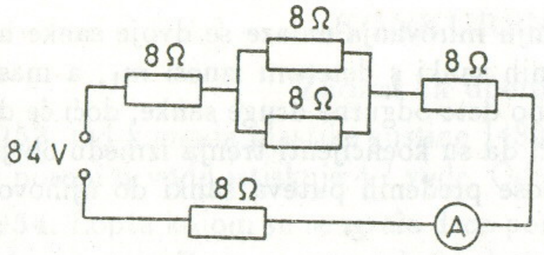
Pripremio: M.Perković, Beograd

Zadaci za učenike I razreda gimnazije

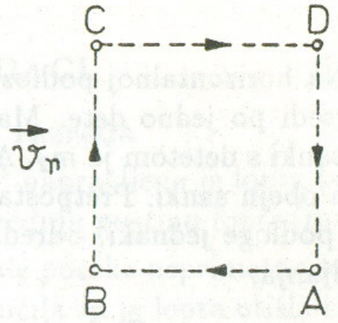
1068. Veslač u čamcu treba da, polazeći od tačke A (sl.2), obiđe oko fiksnih plovaka B, C i D u smeru označenom na slici i vrati se u tačku A. Tačke A, B, C i D čine temena kvadrata strane 100 m. Odrediti vreme za koje će to učiniti ako je brzina čamca u odnosu na vodu 10 m/s, a brzina reke, u kojoj se nalaze ove četiri tačke, 2,5 m/s.

1069. Za sistem na slici 3 odrediti sile zatezanja niti kao i sile trenja između tela i podloge. Dati su: mase tela $M_1 = 3$ kg, $M_2 = 6$ kg, $m = 1,5$ kg i koeficijent trenja k.

1070. Strma ravan mase M i nagibnog ugla α može da klizi po horizontalnoj glatkoj podlozi. Na strmu ravan se postavi telo mase m koje takođe može da klizi bez trenja po njoj. Odrediti ubrzanje strme ravni pri kretanju tela.



Slika 1.



Slika 2.

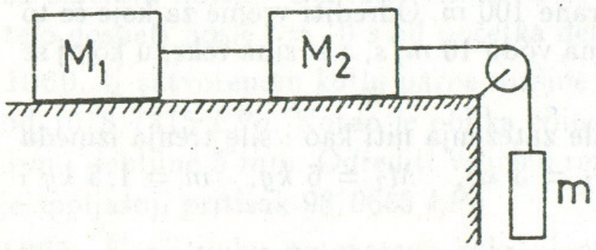
1071. Kanap leži na stolu tako da jedan njegov deo visi. Počinje da klizi sa njega kada je dužina dela koji visi jednaka četvrtini ukupne dužine. Odrediti koeficijent trenja između kanapa i stola.

1072. Rotor fēna za kosu se obrće sa 900 obrta u minuti. Posle isključenja on se okreće jednako usporeno i zaustavlja se posle 75 obrta. Rad sile trenja pri tom je jednak 44,4 J. Odrediti moment inercije obrtnog sistema fena i moment sila koje vrše usporavanje.

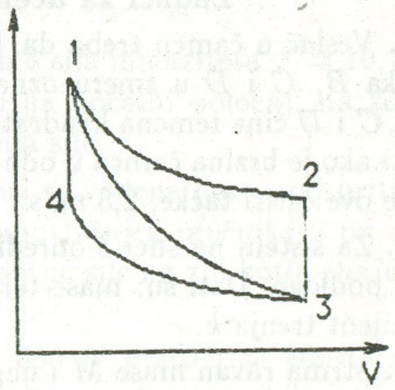
Pripremio: J.Dojčilović, Fizički fakultet, Beograd

Zadaci za učenike II razreda gimnazije

1073. Dva toplotno izolovana balona vezana su cevčicom sa ventilom. U prvom balonu zapremine $V_1 = 100\ l$ nalazi se $m_1 = 1,4\ kg$ azota pod pritiskom $p_1 = 1,5 \cdot 10^6 Pa$, a u drugom zapremine $V_2 = 250\ l$ nalazi se $m_2 = 1,2\ kg$ argona pod pritiskom $p_2 = 5 \cdot 10^5 Pa$. Koliki će biti pritisak i temperatura u balonima ako se ventil otvori? Molarna specifična toplota azota je $C_1 = 5/2\ R$, a argona $C_2 = 3/2\ R$. Molarne mase azota i argona su $M_1 = 28\ g/mol$ i $M_2 = 40\ g/mol$.



Slika 3.



Slika 4.

1074. Kada toplotna mašina radi po ciklusu 1-2-3-1, koji se sastoji iz izoterme 1-2, izohore 2-3 i adijabate 3-1, ima koeficijent korisnog dejstva (KKD) η_1. Kada radi po ciklusu 1-3-4-1, koji se sastoji iz adijabate 1-3, izoterme 3-4 i izohore 4-1, ima KKD η_2 (sl.4). Koliki je KKD mašine kada radi po ciklusu 1-2-3-4-1? Radno telo je 1 mol idealnog jednoatomskog gasa.

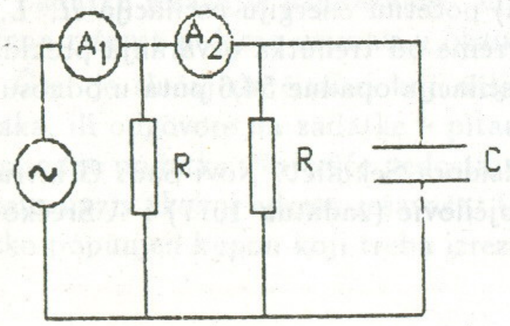
1075. U toplotno izolovanom cilindričnom sudu nalazi se komad leda mase M, temperature $t_0 = 0°C$ pričvršćen za dno suda. Preko leda nalivena je voda iste mase M tako da prekriva led i dostiže visinu $H = 20\ cm$. Nakon uspostavljanja toplotne ravnoteže, nivo vode se spušta za $h = 0,4\ cm$. a) Da li se sav led istopio? b) Kolika je ravnotežna temperatura? (gustina vode $\rho_v = 1000\ kg/m^3$; gustina leda $\rho_l = 920\ kg/m^3$; specifična toplota $c = 4200\ J/kgK$; specifična toplota topljenja leda $\lambda_t = 330\ kJ/kg$)

1076. Na jednom kraju dvožilnog kabla nalazi se izvor konstantnog jednosmernog napona, a na drugom potrošač otpornosti R. Usled proboja izolacije, struja kroz izvor poraste dva puta, a kroz potrošač opadne osam puta. Na kom rastojanju x od izvora je izvršen proboj izolacije, ako je dužina kabla L, a otpor jedinice njegove dužine ρ? Koliki je otpor izolacije na mestu proboja?

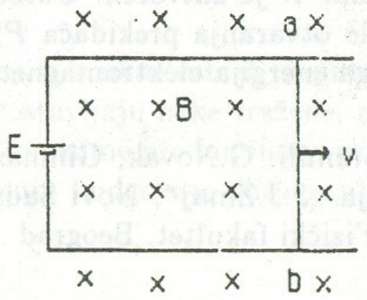
1077. U dva toplotno izolovana suda nalazi se 5 l vode na temperaturi $60°C$ i 1 l na temperaturi $20°C$. Prvo je iz prvog suda presuto nešto vode u drugi. Zatim je, kada je u drugom sudu uspostavljena ravnoteža, iz njega sipano u prvi isto toliko vode, tako da su u sudovima ostale prvobitne količine tečnosti. Posle ovih operacija temperatura vode u prvom sudu iznosi $59°C$. Odrediti količinu vode koja je presuta iz prvog u drugi sud i obrnuto.

Zadaci za učenike III razreda gimnazije

1078. Kolo koje čine dva ista otpornika i kondenzator (sl.5) priključeno je na izvor naizmeničnog napona ($U_{ef} = 36\ V$, $\nu = 50\ Hz$). Prvi ampermetar pokazuje $I_1 = 0,3\ A$, a drugi $I_2 = 0,2\ A$. Smatrajući ampermetre idealnim, odrediti otpore u kolu i kapacitet priključenog kondenzatora.



Slika 5.



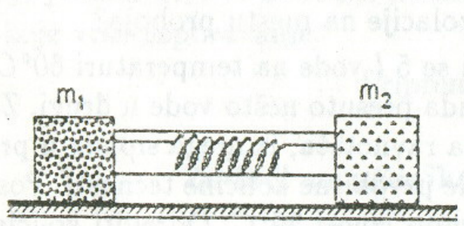
Slika 6.

1079. Kroz jednoslojni kalem induktivnosti $L = 50\ mH$ protiče struja $I = 5\ A$. Odrediti količinu naelektrisanja Δq koja će proteći kroz njega posle isključenja struje ako je dužina kalema $l = 100\ cm$, a prečnik bakarnog provodnika $d = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$.

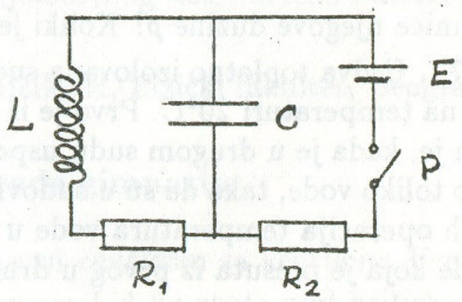
1080. Provodna kontura sa izvorom elektromotorne sile unutrašnjeg otpora $r = 0,2\ \Omega$ nalazi se u homogenom magnetnom polju indukcije $B = 0,1\ T$.

Vektor B je normalan na ravan konture sa smerom kao na slici 6. Nađite jačinu struje pri kretanju provodnika ab brzinom $v_1 = 10\ m/s$, ako pri kretanju u tom istom smeru brzinom $v_2 = 40\ m/s$ kroz kolo ne protiče struja. Otpor provodnika ab je $R = 0,1\ \Omega$, a njegova dužina $l = 10\ cm$. Otpor šina i sile trenja zanemarite.

1081. Dva tega mase m_1 i m_2 vezana su elastičnom oprugom konstante k (sl.7). Opruga je sabijena pomoću dve niti, kao na slici. Odrediti period nastalih oscilacija sistema tegova posle istovremenog pregorevanja niti.



Slika7.



Slika 8.

1082. Na slici 8. šematski je prikazano električno kolo koje se sastoji od izvora *ems* $E = 10\ V$, kondenzatora kapaciteta $C = 10\ \mu F$, kalema induktivnosti $L = 10\ mH$, čija je termogena otpornost $R_1 = 10\ \Omega$ i otpornika otpornosti $R_2 = 90\ \Omega$. U početku, dok se ne uspostavi stacionarni režim proticanja struje, prekidač P je zatvoren. Odrediti: a) početnu energiju oscilacija R, L, C kola posle otvaranja prekidača P; b) vreme od trenutka otvaranja prekidača posle koga energija elektromagnetnih oscilacija opadne 54,6 puta u odnosu na početnu.

Pripremili: G.Novak, Gimnazija „Isidora Sekulić", Novi Sad; G.Litričin, Gimnazija „J.J.Zmaj", Novi Sad; J.Dojčilović (zadatak 1077) i A.Srećković, (1082), Fizički fakultet, Beograd

Zadaci za učenike IV razreda gimnazije

1083. Atom vodonika u miru emituje foton koji odgovara glavnoj liniji Lajmanove serije. Koliku brzinu pri ovome dobije atom?

1084. Naći rastojanje između elektrona i pozitrona i energiju veze u osnovnom stanju pozitronijuma – sistema sličnog atomu vodonika kod koga se umesto protona nalazi pozitron, antičestica elektrona.

1085. Naći najmanje greške sa kojima je moguće odrediti brzinu elektrona, protona i kuglice mase 1 mg, ako se koordinate čestica i kuglice mogu izmeriti sa greškom od 1 μm.

1086. Naći debroljevsku talasnu dužinu molekula kiseonika koja odgovara njihovoj najverovatnijoj brzini na sobnoj temperaturi.

1087. a) Koji izotop se dobija iz α – aktivnog Ra^{226} posle pet α – raspada i četiri β^- – raspada? b) Koliko α i β^- – raspada se izvrši pri prelazu U^{238} u stabilno Pb^{206}?

Pripremila Maja Burić, Fizički fakultet, Beograd

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 dodelićemo 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.

KLASIFIKACIONI ISPIT NA UNIVERZITETU U BEOGRADU U JUNU MESECU 1992. GODINE – NASTAVAK

11. Izvor elektromotorne sile E, unutrašnje otpornosti r, predaje maksimalnu snagu kolu ako je otpornost R u spoljašnjem kolu :
A) $R = 3r$ B) $R = 2r$ C) $r = R$ D) $R = r/2$ E) $R = r/3$ N) ne znam

12. Okular nekog optičkog instrumenta sastoji se od dva ista, optički centrirana tanka sabirna sočiva čije su žižne daljine u vazduhu $f = 5\ cm$. Sočiva se u vazduhu nalaze na rastojanju $a = 2,5\ cm$. Ako se na optičkoj osi okulara predmet nalazi na rastojanju $p = 10\ cm$ od njemu bližeg sočiva, lik se od istog sočiva nalazi na rastojanju:
A) $7,5\ cm$ B) $5,5\ cm$ C) $6,5\ cm$ D) $3\ cm$ E) $5\ cm$ N) ne znam

13. Po zategnutoj žici se prostire transverzalni talas koji je u SI zadat jednačinom $\Psi(x,t) = 4\cdot 10^{-3}\sin(6000t - 2x)$. Intenzitet brzine prostiranja tansverzalne transformacije po žici (c) i maksimalan intenzitet brzine delića žice (v_m) su:
A) $c = 300\ m/s$, $v_m = 24\ m/s$ B) $c = 340\ m/s$, $v_m = 48\ m/s$
C) $c = 100\ m/s$, $v_m = 50\ m/s$ D) $c = 300\ m/s$, $v_m = 60\ m/s$
E) $c = 50\ m/s$, $v_m = 52\ m/s$ N) ne znam

14. Ako se fisijom jednog atoma $^{235}_{92}U$ oslobađa energija $E_f = 200\ MeV$, onda se fisijom $m = 3\ g$ urana $^{235}_{92}U$ oslobodi energija:
(Avogadrov broj $N_a = 6,02\cdot 10^{23}$)
A) $24,59\cdot 10^{10}\ J$ B) $15,37\cdot 10^{29}\ J$ C) $36,12\cdot 10^{17}\ J$
D) $9,47\cdot 10^{17}\ J$ E) $42,60\cdot 10^{4}\ J$ N) ne znam

KUPON
Učenik
Škola i razred
Profesor (nastavnik)
Adresa učenika

15. Vaga na kojoj se nalazi sud sa vodom pokazuje težinu Q_1. Ako osoba, ne skidajući sud sa vage, zamoči šaku tako da šaka ne dodiruje ni dno ni zidove suda, a sva voda ostane u sudu, vaga pokazuje težinu Q_2. Ako je gustina vode ρ a gravitaciono ubrzanje Zemlje g, onda je zapremina potopljenog dela šake:
A) $\frac{Q_1 - Q_2}{pg}$ B) $\frac{Q_2 - Q_1}{pg}$ C) $\frac{Q_1 + Q_2}{pg}$ D) $\frac{pg}{Q_1 + Q_2}$ E) $\frac{pg}{Q_2 - Q_1}$ N) ne znam

16. Kod idealne toplotne mašine koja radi po inverznom Carnot-ovom ciklusu u toku ukupnog širenja pritisak padne na trećinu, a zapremina se udvostruči. Koeficijent efikasnosti ove rashladne mašine je:
A) 0,75 B) 1,25 C) 1,75 D) 2,0 E) 2,25 N) ne znam

17. Cilindar dužine $l = 2\ m$, srednje gustine $\rho = 800\ kg/m^3$, u vertikalnom položaju pliva u vodi. Ako se malo izvede iz ravnotežnog položaja u vertikalnom pravcu i pusti, cilindar počne da osciluje. Period tih oscilacija je ($g = 10\ m/s^2$):
A) $\frac{\pi}{5}\ s$ B) $\frac{2\pi}{5}\ s$ C) $\frac{3\pi}{5}\ s$ D) $\frac{4\pi}{5}\ s$ E) $\pi\ s$ N) ne znam

18. Krečući se pe horizontalnoj ravni, kuglica, projektil, mase m_1 naleti na kuglicu, metu, mase $m_2 = m_1/2$ koja miruje. Posle centralnog, potpuno elastičnog sudara, kuglica, projektil, nastavi da se kreće pod uglom $\alpha = \pi/6$ u odnosu na prvobitni pravac kretanja. Ako se zanemari trenje između kuglica i ravni, ugao koji zaklapa pravac kretanja kuglice, mete, sa prvobitnim pravcem kretanja kuglice, projektila, je:
A) $\pi/3$ B) $\pi/6$ C) $\pi/4$ D) $\pi/5$ E) $\pi/8$ N) ne znam

19. Homogena polukružna ploča konstantne debljine obešena je o tanku horizontalnu osovinu koja prolazi kroz jedan od krajeva dijametra ploče, normalno na ploču. Oko te horizontalne osovine ploča može da rotira bez trenja. Ploča se potopi u sud sa vodom, kružnim delom naniže. U ravnotežnom položaju nivo vode polovi dijametar ploče i sa njim zaklapa ugao $\alpha = \pi/3$. Gustina materijala od koga je ploča napravljena je ($\sqrt{3} = 1,73$; $\pi = 3,14$):
A) 828 $\frac{kg}{m^3}$ B) 918 $\frac{kg}{m^3}$ C) 1028 $\frac{kg}{m^3}$ D) 1128 $\frac{kg}{m^3}$ E) 1218 $\frac{kg}{m^3}$ E) ne znam

20. Kotur je obešen o nepokretni dinamometar. Preko kotura je prebačena lako savitljiva, nerastegljiva nit. Tegovi masa $m_1 = 3\ kg$ i $m_2 = 1\ kg$ obešeni su o krajeve niti. Kada se sistem ostavi samom sebi tegovi počnu da se kreću pri čemu nit bez trenja klizi po koturu. Ako se zanemare mase kotura i niti i otpor sredine, dinamometar u toku kretanja tegova pokazuje silu intenziteta: ($g = 10\ m/s^2$)
A) 50 N B) 40 N C) 30 N D) 20 N E) 10 N N) ne znam

TAČNI ODGOVORI:

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

XXVIII TAKMIČENJE MLADIH FIZIČARA JUGOSLAVIJE
Obrenovac, 23.05.1992. godine

GRUPA 0 – Zadaci za osnovnu školu

1. Sa suprotnih ploča naelektrisanog ravnog kondenzatora istovremeno polaze iz mirovanja elektron i proton jedan drugom u susret. Rastojanje među pločama je d, a jačina električnog polja E. Pokazati da položaj tačke susreta ne zavisi od jačine električnog polja, ali vreme susreta zavisi.

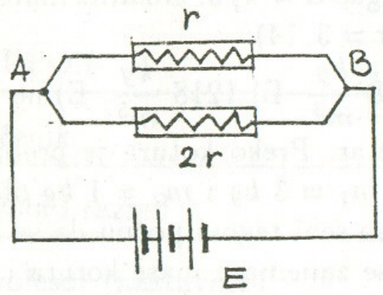
2. U finalu maratona za puževe na pravolinijskoj stazi nadmeću se dva takmičara. Takmičar A tokom trke održava konstantnu brzinu od 1 cm/min, dok takmičar B taktizira. On prvo silovito startuje i u prvom minutu pređe 3 cm, a onda se 2 minuta odmara, pa potom prelazi 3 cm u minutu, odmara se 2 minuta i tako dalje.

a) Objasniti ko pobeđuje u trci. Prikazati grafički kretanje takmičara kao udaljenost od starta u funkciji vremena i odrediti prosečne brzine kojima takmičari prelaze celu stazu.

b) Kako se menjaju odgovori pod a) ako takmičar B reši da se posle znaka starta prvo odmara 2 minuta pa tek onda krene silovito i dalje isto kao pod a)?

3. Sa kojom minimalnom brzinom treba da uleti gvozdeni meteor u atmosferu Zemlje, da bi se zagrejao, istopio i prešao u paru? Početnu temperaturu meteora smatrati bliskom apsolutnoj nuli, specifične toplote gvožđa u čvrstom i tečnom stanju su $c_1 = 460\ J/kg\,K$ i $c_2 = 830\ J/kg\,K$, toplote topljenja i isparavanja su $q_1 = 2,7 \cdot 10^5\ J/kg$ i $q_2 = 5,8 \cdot 10^4\ J/kg$, a temperature topljenja i isparavanja su $t_t = 1530°C$ i $t_k = 3050°C$.

4. U dva suda, od kojih svaki sadrži 0,5 kg vode na 20°C, nalaze se grejači nepoznatih otpora r i $2r$, vezani u kolo prikazano na slici 1.



Slika 1.

Elektromotorna sila je $E = 220\ V$. Ako voda u sudu sa otporom r proključa za 10 minuta, izračunati: a) vrednost otpora r; b) temperaturu do koje se za to vreme zagreje voda u sudu sa otporom $2r$; c) jačine struja koje prolaze kroz otpornike. (Specifična toplota vode $c = 4186\ J/kg\,K$.)

5. Ljudsko oko može da fokusira predmete na rastojanju od 0,1 m do beskonačnosti.

a) Ako je minimalna daljina jasnog vida dalekovidog oka 1,5 m, kakvo sočivo treba staviti ispred oka da bi se predmet udaljen 0,25 m od oka jasno video?

b) Ako je maksimalna daljina jasnog vida kratkovidog oka 2 m, kakvo sočivo treba postaviti ispred oka da bi se predmet jasno video u beskonačnosti?

(Zadaci sa ovog takmičenja za srednju školu biće objavljeni u narednom broju časopisa.)

REŠENJE KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–44

983. Kretanje tela je pravolinijsko stalnom brzinom: $v_1 = const$, $v_2 = const$. Putevi koje prelaze tela su: $AC = s_1 = v_1 \cdot t$ i $BC = s_2 = v_2 \cdot t$. (Jedno telo polazi iz tačke A, drugo iz tačke B, a, C je tačka susreta). Rastojanje $AB = s_1 + s_2 = v_1 t + v_2 t \quad AB = t(v_1 + v_2)$ - sledi da će se tela sresti posle $t = \frac{AB}{v_1+v_2} = \frac{210\ m}{6\ m/s}; \quad t = 35\ s.$

Rastojanje $AC = v_1 \cdot t = 2,5 \cdot 35\ \frac{m}{s} \cdot s = 87,5\ m.$

Rastojanje $BC = v_2 \cdot t = 122,5\ m.$

984. Ukupno pređeni put je: $s = s_1 + s_2 + s_3 = 180\ m$. Ukupno proteklo vreme: $t = t_1 + t_2 + t_3 = 24\ s$. Srednja vrednost brzine $V_{sr} = \frac{s}{t} = \frac{180\ m}{24\ s} = 7,5\ m/s. \quad V_{sr} = 7,5\frac{\frac{1}{1000}}{\frac{1}{3600}} = 7,5 \cdot 3,6 = 26\ km/h.$

Brzina na prvom delu puta: $V_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{42\ m}{6\ s} = 7\ m/s = 25,2\ km/h.$

Brzina na drugom delu puta: $V_2 = \frac{108\ m}{12\ s} = 9\ m/s = 32,4\ km/h.$

Brzina na trećem delu puta: $V_3 = \frac{30\ m}{6\ s} = 5\ m/s = 18\ km/h.$

985. Jednačina kretanja tela A (zakon puta) je: $s_A = v_A \cdot t$.

Tabela:

$t(h)$	0	1	3	5
$s_A(km)$	0	10	30	50

Jednačina kretanja tela B (zakon puta) je: $s_B = v_B \cdot t$ (ugao između $\vec{v}_A$ i $\vec{v}_B$ je 180°).

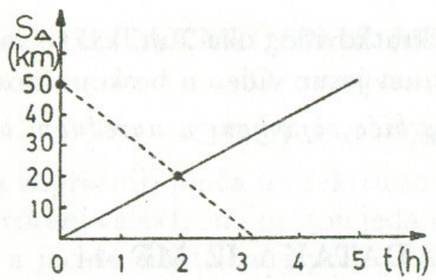
Tabela:

$t(h)$	0	1	2	3	4
$s_B(km)$	0	15	30	45	60

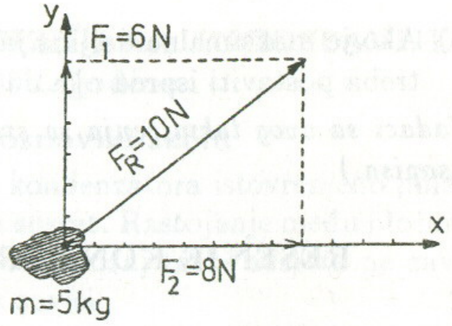
Prave se seku u tački C (2 h, 20 km) (sl.1). Mesto susreta je 20 km računato od tačke A ili C (1 h, 30 km) odnosno 30 km računato od tačke B.

Telo A pređe 50 km za $t_A = 5\ h$.

Telo B pređe 50 km za $t_B = 3,33\ h$, tako da je $\Delta t = (5 - 3,33)\ h = 1,67\ h; \quad \Delta t = 100\ min.$



Slika 1.



Slika 2.

986. Kada je okačeno telo mase $m_1 = 1020\ g$ kazaljka dinamometra se zaustavlja na $(n_1 = 50)$, 50-tom podeljku.

Težina tela mase m_1 je $10\ N$. Vrednost jedne podele (tačnost dinamometra) izračunaćemo ako: $X = \frac{Q_1}{n_1}$, $X = \frac{10\ N}{50}$, $X = 0,2\ N$.

Kada se okači telo mase m_2 opruga se izduži za 38 podeoka (n_2). Težina tog tela je $Q_2 = n_2 \cdot X$, $Q_2 = 7,6\ N$.

Kako je: $m_1 : 50 = m_2 : 38$ sledi $m_2 = 38\frac{1020}{50} = 775,2\ g$.

987. Kroz presek cevi, površine poprečnog preseka $0,2\ m^2$ za $1\ s$ (jednu sekundu) brzinom od $0,5\ m/s$ protekne količina vode čija je zapremina $V_1 = 0,2\ m^2 \cdot 0,5\ m = 0,1\ m^3$. Kako je gustina vode $1000\ kg/m^3$, onda protekne voda mase $m = qV = 100\ kg$.

Za $t = 10\ h = 10 \cdot 3600\ s$ u bazenu će biti vode zapremine $V = 10 \cdot 3600 \cdot 0,1\ m^3 = 3600\ m^3$.

Kako je $V = a \cdot b \cdot h$ sledi da je: $h = \frac{V}{a \cdot b} = \frac{3600\ m^3}{50\ m \cdot 25\ m}$, $h = 2,88\ m$.

988. Kretanje automobila je promenljivo. Promena brzina $\Delta v = 18\ m/s$. Ubrzanje je $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{18\ m/s}{60\ s} = 0,3\ m/s^2$.

Jednačina kretanja je: $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$. $s = (2 \cdot 60 + \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot 60^2)m = 660\ m$.

Srednja vrednost brzine je: $v_{sr} = \frac{s}{t} = 11\ m/s$.

989. Rezultujuća brzina od A do B (uzvodno) je: $\vec{v}_1 = \vec{v}_B + \vec{v}_R$. Brzina broda $\vec{v}_B$ i brzina reke $\vec{v}_R$ su suprotnog smera. Rezultujuća brzina v_1 (uzvodno, ugao 180°) je: $v_1 = (30 - 5)km/h = 25\ km/h$.

Rezultujuća brzina v_2 (nizvodno, ugao 0°) $v_2 = 35\ km/h$.

Vreme za koje brod pređe rastojanje AB je $t_1 = \frac{AB}{v_1}$, a od B do A $t_2 = \frac{BA}{v_2}$. Ukupno vreme $t = t_1 + t_2 = AB(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2})$ $AB = 175\ km$.

Takođe, možemo izračunati vremena $t_1 = \frac{AB}{v_1} = \frac{175km}{25km/h}$, $t_1 = 7\ h$, i $t_2 = \frac{BA}{v_2} = \frac{175km}{35km/h}$, $t_2 = 5\ h$.

990. Telo koje se spušta niz strminu (trenje zanemariti) kreće se ravnomerno ubrzano. Jednačina kretanja je: $s_1 = v_{01}t_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2$. Kretanje tela uz strminu je jednako usporeno $s_2 = v_{02}t_2' = \frac{1}{2}a_2t_2^2$. Kako su tela istovremeno krenula, to je u trenutku susreta $t_1 = t_2$. Zbir puteva $s = s_1 + s_2$; $s = v_{01}t + v_{02}t$; $s = t(v_{01} + v_{02})$. Vreme $t = \frac{s}{v_{01}+v_{02}} = \frac{195m}{6,5m/s} = 30\ s$.

Trenutna brzina $v_1 = v_{01} + a_1t = 7,5\ m/s$, $v_2 = v_{02} - a_2t = -1\ m/s$. Znak " $-$ " pokazuje da je $\vec{v}_2$ suprotnog smera brzini $\vec{v}_{02}$, a to znači da je istog smera sa brzinom $\vec{v}_1$.

Telo koje se podiže uz strminu za trenutak se zaustavlja $0 = v_{02} = a_2t'$, $t' = \frac{v_{02}}{a_2} = 25\ s$, a onda kreće niz srmu ravan i posle $5\ s$ sustigne ga telo koje se spušta niz strminu. Znači telo jedan i telo dva susrešće se u jednoj tački na strmoj ravni: $l_1 = v_{01}t + \frac{1}{2}at^2 = 135\ m$, $l_2 = v_{02}t = \frac{1}{2}at^2 = 60\ m$.

991. Telo mase $5\ kg$ nalazi se u koordinatnom početku u trenutku $t = 0$. Sile F_1 i F_2 zaklapaju ugao 90°.

Vrednost rezultujuće sile određuje se merenjem dijagonale paralelograma (sl.2) ili $F_2 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 10\ N$.

Na telo mase m deluje sila F, prema Njutnovom zakonu $F = ma$; sledi da je $a = \frac{F}{m}$ $a = \frac{10N}{5kg} = 2\ m/s^2$.

Kretanje je jednako promenljivo, bez početne brzine.

Pređeni put $s = \frac{1}{2}at^2$, $s = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 9\ m$. Položaj tela (koordinate x i y) odrediti prema zakonu o nezavisnosti dejstva sile F_1 i F_2.

$y_1 = \frac{1}{2}a_1t^2$, gde je $a_1 = \frac{F_1}{m} = \frac{6}{5}\ m/s^2$, zamenom brojnih vrednosti dobija se: $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{6}{5} \cdot 9 = 5,4\ m$, $x = \frac{1}{2}a_2t^2$, gde je $a_2 = \frac{F_2}{m} = \frac{8}{5}\ m/s^2$, $x = 7,2\ m$.

992. Sila otpora vazduha deluje suprotno težini, tako da je usporenje $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, $a = \frac{(30-5)m/s}{2s} = 12,5\ m/s^2$. Promena kinetičke energije tela (sistema) jednaka je radu sile otpora vazduha na putu koje telo pređe u posmatranom vremenskom intervalu.

$\Delta E_k = F \cdot s$, odakle je $F = \frac{\Delta E_k}{s}$.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = 35000\ J.$$

Kretanje je jednako promenljivo sa početnom brzinom v_0 : $s = v_0t = \frac{1}{2}at^2 = 35\ m$. Sila otpora vazduha $F = \frac{35000J}{35m} = 1000\ N$.

993. Na elektron mase m_e deluje elektrostatička sila: $F_e = qE$. Jačina elektrostatičkog polja (homogeno električno polje između ploča kondenzatora) je: $E = U/d$.

Kako je $E = const$, $q = const$ to je i $F_e = const$, te je prema Njutnovom zakonu: $F = m \cdot a$.

Ubrzanje (a) određujemo iz obrasca $v^2 = 2as$, $(v_0 = 0)$.

Na osnovu ovih odrazaca sledi: $ma = qE$; $m\frac{v^2}{2s} = q \cdot \frac{u}{d}$.

Kako je $s = d$, dobija se da je: $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

Konkretne brojne vrednosti su: a) $U = 1\ V$; $v = 590 \cdot 10^3\ m/s$, b) $U = 100\ V$; $v = 5900 \cdot 10^3\ m/s$.

II način: Rad sile jednak je promeni kinetičke energije: $A = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$. Početna brzina elektrona $v_0 = 0$.

Rad sile elektrostatičkog polja jednak je: $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$, gde su φ_1 i φ_2 potencijali polja u tačkama 1 i 2.

Na osnovu gornjih jednačina sledi: $\frac{1}{2}mv^2 = qU$, odakle je $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

994. Jačina električne struje u provodniku jednaka je brojno količini naelektrisanja koja protekne kroz poprečni presek provodnika za jednu sekundu (udžbenik fizike za VIII razred) – obrazac: $I = \frac{q}{t}$. No u udžbeniku ne piše kada ovaj obrazac važi. Ako je $\frac{q}{t} = const$, onda je i $I = const$, tako da je $q = I \cdot t$. Zato se mora izračunati srednja vrednost jačine struje: $I_{sr} = \frac{I_0 + I}{2} = \frac{3}{2}\ A$, pa je tražena količina naelektrisanja $q = I_{sr} \cdot t = 1,5A \cdot 10s = 15\ C$.

995. U položaju 1 kontakta voltmetar pokazuje napon U_1 čija je vrednost, prema Omovom zakonu za zatvoreno strujno kolo, manja od vrednosti elektromotorne sile ε izvora: $U_1 = \varepsilon - rI_1$, (1) gde je sa r označena vrednost unutrašnjeg otpora izvora, a sa I_1 vrednost jačine struje koju pokazuje ampermetar.

Slično prethodnom, u položaju 2 kontakta voltmetar pokazuje napon U_2 čija je vrednost: $U_2 = \varepsilon - rI_2$. (2)

Oduzimanjem izraza (2) od izraza (1) dobija se:

$$U_1 - U_2 = r(I_2 - I_1)$$

odakle je

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 1\ \Omega.$$

Zamenom vrednosti za r, I_1 i U_1 u jednačini (1) dobija se:

$$\varepsilon = U_1 + I_1 r = 2\ V.$$

996. Ekvivalentan otpor električnog kola između tačaka A i D je jednak: $R_e = R_1 + R' + R_6$, gde je R' otpor dela kola između tačaka B i C, koji se može naći iz relacije:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2 + R_3 + R_4} + \frac{1}{R_5}.$$

Sledi $R' = 1,5\ \Omega$, tako da je traženi ukupni otpor $R_e = 5,5\ \Omega$.

997. Voltmetar, koji je priključen u deo električnog kola kroz koje protiče struja jačine I_2, pokazuje napon U_v čija je vrednost jednaka naponu na njegovom unutrašnjem otporu r_v: $U_v = r_v I_2$. Kako je $U_v = 6\ V$ i $r_v = 80\ \Omega$, sledi $I_2 = U_v/r_v = 0,075\ A$.

Napon U_{AB} između tačaka A i B jednak je zbiru napona $U_2 = R_2 I_2$ na otporniku R_2 i napona U_v na voltmetru:

$$U_{AB} = U_2 + U_v = R_2 I_2 + R_v I_2 = (R_2 + R_v)I_2 = 43,5\ V.$$

998. Kod elastičnog „čeonog“ sudara dva tela, njihove brzine posle sudara su date relacijama

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad \text{i} \quad u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2},$$

koje u slučaju da drugo telo pre sudara miruje ($v_2 = 0$) prelaze u oblik

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} \quad \text{i} \quad u_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

U ovom zadatku aktuelna je brzina drugog tela (kocke) posle sudara, koja iznosi $u_2 = 2mv/(m + M)$. Kocka počinje da se kreće jednako usporeno, pošto na nju deluje samo sila trenja $F_{tr} = kMg$. Pri tom prelazi rastojanje $s = u_1^2/(2a) = [2mV/(m + M)]^2/(2kg) = 25,23\ m$.

999. a) Brzina sistema posle apsolutno neelastičnog sudara dva tela je, na osnovu zakona održanja impulsa, $u = (m_1 v_1 + m_2 v_2)/(m_1 + m_2)$. U konkretnom slučaju ($v_2 = 0$) je $u = mv/(M + m)$. Rastojanje koje posle sudara sistem pređe, do svog zaustavljanja je $s = u^2/(2a) = [mv/(M + m)]^2/(2kg) = 6,3\ m$.
b) U ovom slučaju, na osnovu zakona održanja impulsa, sledi $mv = Mu + mv_1$, odakle se za brzinu kocke dobija $u = m(v - v_1)/M$. Posle sudara kocka prelazi rastojanje $s = u^2/(2kg) = [m(v - v_1)/M]^2/(2kg) = 4,08\ m$.

1000. Posle elastičnog sudara prve pločice, mase m, sa drugom pločicom mase $\frac{m}{2}$ njihove brzine iznose (videti zadatak 998): $v_1' = \frac{(m-m/2)v_1}{m+m/2} = \frac{v_1}{3}$ i $v_2 = \frac{2mv_1}{m+m/2} = 4\frac{v_1}{3}$. Sledi da je posle prvog sudara brzina druge pločice veća od brzine prve pločice. Posle udara druge pločice u treću dobija se:

$$v_2' = \frac{\left(\frac{m}{2} - \frac{m}{4}\right) v_2}{\frac{m}{2} + \frac{m}{4}} = \frac{\frac{1}{3}4v_2}{3} = 4\frac{v_1}{9}$$

i

$$v_3 = \frac{2\frac{m}{2}v_2}{\frac{m}{2} + \frac{m}{4}} = \frac{4}{3}v_2 = 16\frac{v_1}{9}.$$

Zaključak je da je konačna brzina prve pločice manja od konačne brzine druge, što znači da se ona više neće sudarati. Nastavljajući sa analizom daljih interakcija (sudara), dolazi se do izraza: $v_n' = v_n/3$ i $v_{n+1} = 4v_n/3$, gde indeks n označava redni broj pločice, v_n' - konačnu brzinu n-te pločice, a v_n - brzinu n-te pločice pred svoj, kako će to kasnije biti pokazano, poslednji sudar. Očigledno je da ovaj iskaz kao i poslednja relacija važe za $n \leq 5$. Na kraju, traženi rezultati se mogu videti u priloženoj tabeli:

Broj sudara pločica je određen činjenicom da su konačne brzine sve veće.

R.b. pločice	1	2	3	⋯	n
v - „početna“ brzina	v_1	$(4/3)v_1$	$(16/9)v_1$	⋯	$(4/3)^{n-1}v_1$
v' - konačna brzina	$(1/3)v_1$	$(4/9)v_1$	$(16/27)v_1$	⋯	$(4^{n-1}/3^n)v_1$
broj sudara	1	2	2	2	1

J.D.

1001. Iz uslova za kretanje po kružnoj putanji $mv_1^2/R = \gamma mM_z/R^2$, gde je m - masa broda, γ - univerzalna gravitaciona konstanta, M_z - masa Zemlje i R - poluprečnik putanje, sledi da je brzina kretanja broda pri slobodnom kruženju jednaka $v_1 = (\gamma M_z/R)^{1/2}$, a normalno (radijalno) ubrzanje iznosi $a_{R1} = v_1^2/R$. Pošto se brod kreće brzinom intenziteta $v = 2v_1$ po istoj putanji, to je njegovo radijalno ubrzanje jednako $a_R = v^2/R = 4a_{R1}$. Promena radijalnog ubrzanja je $\Delta a_R = a_R - a_{R1} = 3a_{R1} = 3v_1^2/R = 3v^2/(4R)$. Ovu promenu ubrzanja broda treba da obezbedi vučna sila njegovog motora: $F_v = m\Delta a_R = 3mv^2/(4R)$.

1002. Prema uslovu zadatka, na visini $h = R_M$ brzina modula mora biti jednaka brzini broda. Brzina broda je, na osnovu prethodnog zadatka, a prema visini na kojoj kruži oko Meseca jednaka $v = [\gamma M_M/(2R_M)]^{1/2} = (g_M R_M/2)^{1/2}$, gde je g_M - ubrzanje sile teže na Mesecu. Iz zakona održanja energije modula sledi

$$\frac{mv_0^2}{2} - \gamma\frac{mM}{R_M} = \frac{mv^2}{2} - \gamma\frac{mM}{2R_M},$$

gde je m - masa modula, v_0 - njegova tražena početna brzina koju mu treba saopštiti na površini Meseca, a M - masa Meseca. Iz ove relacije, posle zamene izraza za v, dobija se za brzinu v_0 : $v_0 = (3g_M R_M/2)^{1/2} = 2,1 \cdot 10^3 m/s$.

R.M.

1003. Zapremina tečnosti koja istekne jednaka je zapremini šprica $S_1 h = S_2 v_2 t$, gde je h - hod šprica, a v_2 - brzina isticanja vode. Sledi $t = S_1 h/(S_2 v_2)$. Bernulijeva jednačina za ova dva poprečna preseka S_1 i S_2 glasi

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2},$$

gde je v - brzina pomeranja klipa, $p_1 = p_0 + F/S_1$, $p_2 = p_0$, a p_0 - atmosferski pritisak. Poslednja relacija se može napisati u obliku: $F/S_1 + \rho v_1^2/2 = \rho v_2^2/2$. Uzimajući u obzir jednačinu kontinuiteta $S_1 v_1 = S_2 v_2$, dobija se relacija

$$\frac{F}{S_1} + \frac{1}{2}\rho\frac{S_2^2}{S_1^2}v_2^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2,$$

iz koje se može odrediti brzina isticanja vode v_2 :

$$v_2 = \left(\frac{2FS_1}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}\right)^{1/2}.$$

Kada se ovaj izraz uvrsti u relaciju za vreme isticanja, dobija se

$$t = \frac{S_1 h}{S_2}\left(\frac{\rho(S_1^2 - S_2^2)}{2FS_1}\right)^{1/2} = \frac{S_1 h}{S_2}\left(\frac{\rho S_1}{2F}\left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2\right]\right)^{1/2}.$$

Kako je $S_2 \ll S_1$, to se u gornjem izrazu razlomak $(S_2/S_1)^2$ može zanemariti, pa se za vreme isticanja vode dobija

$$t \approx \frac{S_1 h}{S_2}\left(\frac{\rho S_1}{2F}\right)^{1/2} = 0,52\ s.$$

1004. Neka je na temperaturi $t = 0°C$ zapremina kuglice V_0, a gustina tečnosti ρ_0. Težine istisnute tečnosti u oba slučaja su $Q_1 = \rho_1 g V_1$ i $Q_2 = \rho_2 g V_2$, gde su V_1 i V_2 - zapremine kuglica, a ρ_1 i ρ_2 - gustine tečnosti. Za kuglicu važi relacija

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0(1 + \beta t_1)}{V_0(1 + \beta t_2)}.$$

a za tečnost

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_0(1+\beta_1 t_2)}{\rho_0(1+\beta_1 t_1)},$$

tako da se za odnos težina istisnutih tečnosti na ovim dvema temperaturama dobija izraz

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(1+\beta t_1)(1+\beta_1 t_2)}{(1+\beta t_2)(1+\beta_1 t_1)} \cong \frac{1+\beta t_1+\beta_1 t_2}{1+\beta t_2+\beta_1 t_1}$$

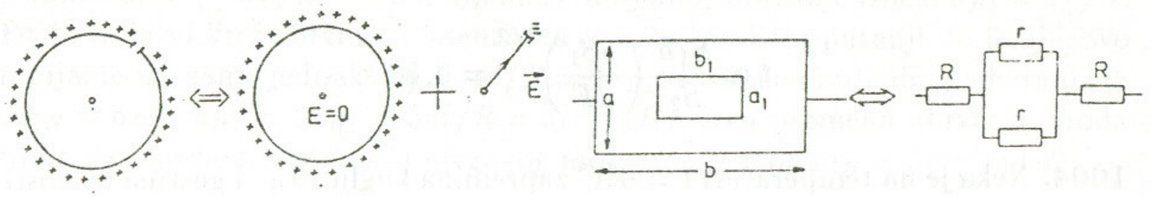
iz koga se može odrediti nepoznati koeficijent zapreminskog širenja tečnosti β_1 (ovde su odbačeni članovi koji sadrže proizvod koeficijenata zapreminskog širenja kao zanemarljivo male veličine u odnosu na ostale članove):

$$\beta = \frac{Q_2(1+\beta t_2) - Q_1(1+\beta t_1)}{Q_1 t_1 - Q_2 t_2}.$$

1005. Prema principu superpozicije, električno polje u centru prstena sa procepom jednako je zbiru polja koje potiče od homogeno naelektrisanog „celog" prstena i polja koje potiče od procepa naelektrisanog negativnim naelektrisanjem (sl.3). Dalje, poznato je da je jačina električnog polja homogeno naelektrisanog prstena u njegovom centru jednaka nuli. To znači da rezultujuće polje u centru prstena sa procepom potiče od negativno naelektrisanog procepa. Kako je procep mali u poređenju sa poluprečnikom prstena, to se njegovo naelektrisanje može smatrati tačkastim. Naelektrisanje procepa je $q_1 = lq/(2\pi r)$, gde je l dužina procepa, a jačina električnog polja koje potiče od njega u centru prstena iznosi

$$E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{lq}{2\pi r}\frac{1}{r^2} = \frac{lq}{8\pi^2\epsilon_0 r^2} = 955\ V/m.$$

Polje je usmereno od centra prstena prema procepu.



Slika 3. Slika 4.

1006. Ako se zanemare tzv. „efekti krajeva", električni otpor date provodne ploče ekvivalentan je ukupnom otporu električne sheme prikazane na slici 4, gde su $R = \rho l/S = \rho(b-b_1)/(2ad)$, a $r = 2\rho b_1/[d(a-a_1)]$. Taj ukupni otpor iznosi $R_e = 2R + r/2$, odnosno

$$R = \frac{\rho}{d}\left(\frac{b-b_1}{a} + \frac{b_1}{a-a_1}\right) = 7,6\ \Omega.$$

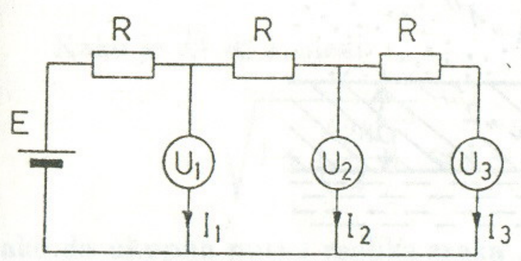
Nije teško pokazati da električni otpor date ploče ne zavisi od položaja pravougaonog otvora, tačnije od njegovog „pomeranja" duž strana ploče.

1007. Ako se sa r označi unutrašnji otpor svakog voltmetra, onda se na osnovu šeme date na sl.5 može pisati: $U_1 = rI_1$, $U_2 = rI_2$ i $U_3 = rI_3$. S druge strane je

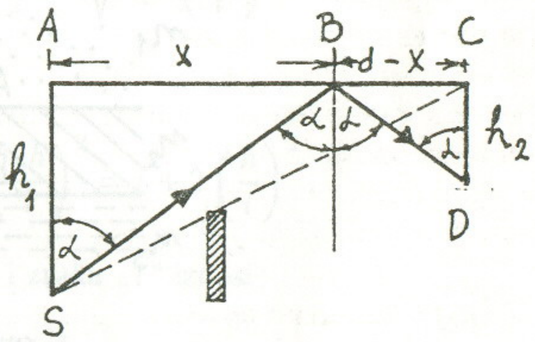
$$U_2 = U_3 + I_3 R = U_3 + U_3\frac{R}{r} \tag{1}$$

i

$$U_1 = U_2 + (I_2+I_3)R = U_2 + (U_2+U_3)\frac{R}{r}. \tag{2}$$



Slika 5.



Slika 6.

Eliminisanjem iz (1) i (2) izraza R/r dobija se kvadratna jednačina po nepoznatom naponu U_2 :

$$U_2^2 + U_2U_3 + U_1U_3 + U_3^2 = 0,$$

iz koje sledi

$$U_2 = -\frac{1}{2}U_3 + \sqrt{\frac{1}{4}U_3(5U_3+4U_1)} \simeq 8,6\ V.$$

J.D.

1008. Da bi se svetlost izvora S, koji se nalazi u vodi na dubini h_2, totalno reflektovala sa granice površine voda–vazduh, upadni ugao α treba da bude veći od graničnog ugla totalne refleksije α_g za date sredine: $\alpha > \alpha_g$. Granični ugao totalne refleksije određen je izrazom $\sin\alpha_g = n_2/n_1$, gde je n_1 - apsolutni indeks prelamanja vode, a n_2 - apsolutni indeks prelamanja vazduha. Znači, $\alpha > \arcsin(n_2/n_1)$. Kako je $n_2/n_1 = 1,333$, za žutu natrijumovu svetlost talasne dužine 589,3 nm na $20°C$, sledi $\alpha > 48°36'24''$. Da bi totalno reflektovanu svetlost detektor registrovao treba da se nalazi na odgovarajućoj dubini h_2. Vrednost h_2 nalazimo uz pomoć slike 6. Iz ΔBCD je $h_2 = (d-x)/tg\alpha$. Iz ΔASB je $x = h_1 tg\alpha$. Eliminacijom x iz poslednja dva izraza dobija se $h_2 = \frac{d}{tg\alpha} - h_1$.

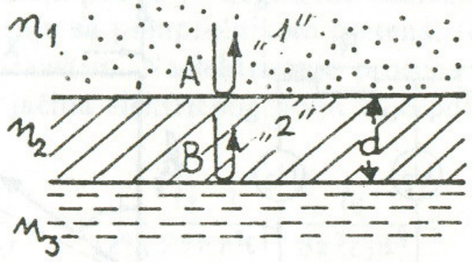
Kako je

$$\frac{1}{tg\alpha} = \sqrt{\frac{1}{sin^2\alpha} - 1} < \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - 1},$$

sledi

$$h_2 < d\sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - 1} - h_1 = 0,381\ m.$$

Znači, da bi se detektovala totalno reflektovana svetlost detektor treba da se nalazi na dubini $0 < h_2 < 0,381\ m$.



Slika 7.

1009. Interferencija svetlosti reflektovane sa tankog sloja ulja nastaje zbog razlika optičkih puteva zraka „1" i „2"(sl.7), kao i pomaka faze reflektovanog zraka „1" u odnosu na upadni za $+\pi$, pri refleksiji sa optički gušće sredine (u tački A), odnosno pomaka svetlosnog talasa za $\lambda/2$. U tački B ne dolazi do promene faze jer se refleksija vrši na granici optički gusta–optički ređa sredina.

Kako je ukupan optički put zraka „2" u sloju ulja, indeksa prelamanja n_2, debljine d: $S_2 = n_2 2d$, a zraka „1" (zbog refleksije u tački A): $S_1 = \lambda/2$, sledi da je ukupna razlika optičkih puteva:

$$S = S_2 - S_1 = n_2 2d - \frac{\lambda}{2}.$$

Uslov da se u reflektovanoj svetlosti registruje interferencioni maksimum je: $S = k\lambda$, gde je k ceo broj (red interferencionog maksimuma). Na osnovu uslova zadatka sledi da će se k-ti interferencioni maksimum, pri osvetljavanju svetlošću talasne dužine λ_1, i $k+1$ - interferencioni maksimum, pri osvetljavanju svetlošću talasne dužine λ_2, pojaviti ako je $k\lambda_1 = n_2 2d - \lambda_1/2$ i $(k+1)\lambda_2 = n_2 2d - \lambda_2/2$. Ovde pretpostavljamo da indeks prelamanja ne zavisi od talasne dužine svetlosti, s obzirom na mali interval promene talasne dužine.

Oduzimanjem poslednja dva izraza dobija se da je red interferencionog maksimuma:

$$k = \frac{\lambda_1 - 3\lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1)} = 10,$$

pa se zamenom u prvi od dva uslova za konstruktivnu interferenciju dobija da je debljina sloja ulja $d = (2K+1)\lambda_1/4n_2 = 2,08\ \mu m$.

1010. Optički put zraka „1" od izvora S do tačke A na ekranu E iznosi: $\Delta S_1 = (l-d) + nd$.

Pri refleksiji sa optički gušće sredine dolazi do pomeranja u fazi za π, što odgovara putnoj razlici od $\lambda/2$, tako da je optički put zraka „2":

$$\Delta S_2 = \sqrt{(2h)^2 + l^2} + \frac{\lambda}{2} = l\sqrt{1 + \left(\frac{2h}{l}\right)^2}.$$

Kako je $\frac{2h}{l} \ll 1$, sledi

$$\sqrt{1 + \left(\frac{2h}{2}\right)^2} \approx 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{2h}{l}\right)^2 = 1 + 2\left(\frac{h}{l}\right)^2,$$

tako da ukupna putna razlika zraka „2" i zraka „1" iznosi

$$\Delta S = \Delta S_2 - \Delta S_1 = l[1 + 2\left(\frac{h}{l}\right)^2] + \frac{\lambda}{2} - (l-d) - nd =$$

$$= 2\frac{h^2}{l} + \frac{\lambda}{2} - d(n-1) = 1280\ nm.$$

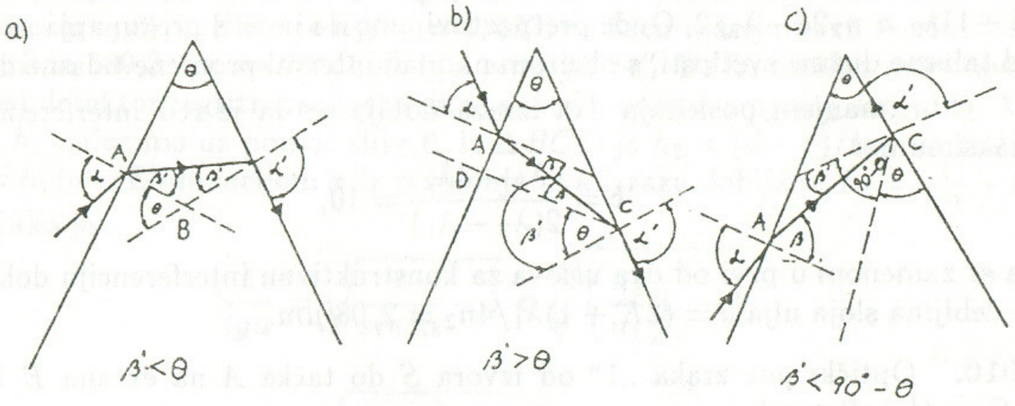
Budući da je $\lambda = 640\ nm$, sledi $\Delta S = k\lambda$, gde je $k = 2$, tako da je u tački A na ekranu maksimalan intenzitet svetlosti.

1011. Ako svetlost, koja dolazi iz sredine indeksa prelamanja n_S, pada na jednu stranu staklene prizme, indeksa prelamanja $n > n_S$, prelama se ka normali pod uglom β određenim jednačinom

$$n_S \sin\alpha = n \sin\beta. \qquad (1)$$

Prelomljen zrak pada na izlaznu površinu prizme pod uglom β' i prelama se od normale u sredinu čiji je indeks prelamanja n_S, pod uglom α' (sl. 8) određenim jednačinom

$$n \sin \beta' = n_S \sin \alpha'. \tag{2}$$



Slika 8.

Uslov da svetlost izađe iz prizme je da je $\alpha' < 90°$. Iz ovog uslova i jednačine (2) sledi

$$\sin \beta' \leq \frac{n_S}{n}. \tag{3}$$

Za dati ugao prizme θ i zavisno od veličine odnosa indeksa prelamanja n_S/n razlikuju se slučajevi a) $\beta' < \theta$ (sl.8a), b) $\beta' > \theta$ (sl.8b) i c) $\beta' < 90° - \theta$ (sl.8c). Jasno je da ako je $\alpha = 0$, sledi $\beta = 0$ i $\beta' = \theta$.

Kada je okolna sredina vazduh, indeksa prelamanja $n_S \simeq 1$, iz uslova (3) sledi $\sin \beta' \leq n_S/n = 0,6579$, odnosno $\beta' \leq 41,14°$. Ovo je slučaj a) kada je $\beta = \theta - \beta' \geq 18,86°$. Na osnovu jednačine (1) sledi $\sin \alpha = (n/n_S) \sin \beta \geq 0,4914$, odakle je $\alpha \geq 29,43°$. Znači, ukoliko je za granicu vazduh-staklo upadni ugao $\alpha \geq 29°25'48''$, svetlost će posle prelamanja na graničnim površinama izaći iz prizme.

U slučaju kada je okolna sredina voda, indeksa prelamanja $n_S = 1,333$, na osnovu uslova (3) sledi $\sin \beta' \leq n_S/n = 0,8770$, odnosno $\beta' \leq 61,28°$. Ovo je slučaj b), kada je $\beta' > \theta$.

Kako je $60° < \beta' \leq 61,28°$ i kako je $\beta = \beta' - \theta$ (slika 8b), sledi $0 < \beta \leq 1,28°$.

Na osnovu jednačine (1) dobija se $0 < \sin \alpha = (n/n_S) \sin \beta \leq 0,02546$, odakle je $0 < \alpha \leq 1,459°$. Znači, kada je $0 \leq \alpha \leq 1°27'32''$, svetlost će posle prelamanja na graničnim površinama izaći iz prizme.

Budući da je ugao prizme $\theta = 60°$, slučaj c) ($\beta' < 90° - \theta = 30°$) javlja se kad je $n_S/n \geq \sin \beta' = 0,5$. Ako je okolna sredina vazduh, prethpdni uslov je zadovoljen za prizmu indeksa prelamanja $n \geq 2$.

Rešenje postavljenog zadatka može da se nađe i u analitičkom obliku. Ako uzmemo u obzir da je $\theta = \beta + \beta'$ (slučaj a), sledi da je $\sin \beta' = \sin(\theta - \beta) = \sin \theta \cos \beta - \cos \theta \sin \beta = \sin \theta \sqrt{1 - \sin^2 \beta} - \cos \theta \sin \beta$. Uzimajući u obzir da je $\sin \beta = (n_S \sin \alpha)/n$ sledi $\sin \theta \sqrt{1 - (n_S \sin^2 \alpha)/n^2} - \cos \theta (n_S \sin \alpha)/n \leq n_S/n$. Posle kvadriranja i sređivanja poslednjeg izraza dobija se kvadratna jednačina po $\sin \alpha$:

$$\sin^2 \alpha + 2 \cos \theta \cdot \sin \alpha + 1 - \left(\frac{n}{n_S}\right)^2 \sin^2 \theta \geq 0,$$

odakle je

$$\sin \alpha = -\cos \theta \pm \sqrt{\cos^2 \theta + \left(\frac{n}{n_S}\right)^2 \sin^2 \theta - 1},$$

odnosno $\alpha = 29,43°$ (što je ranije dobijeno). Rešenje $\alpha = -1,49°$ nema fizičkog smisla.

1012. Žižna daljina f sočiva povezana je sa radijusima krivina R_1 i R_2 i relativnim indeksom prelamanja sočiva relacijom

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right),$$

na osnovu koje se dobija vrednost žižne daljine sabirnog bikonveksnog sočiva ($R_1 = 6\ cm$ i $R_2 = 10\ cm$) :

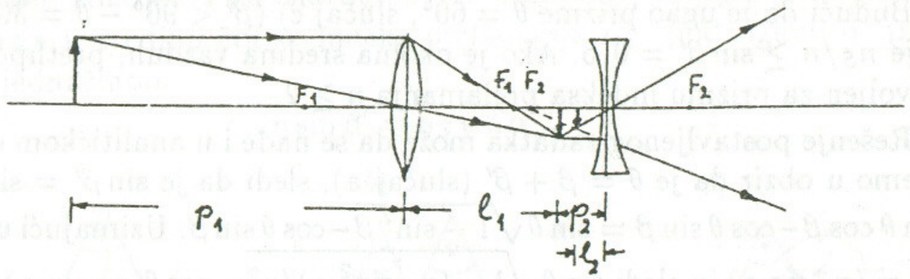
$$f_S = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{n-1} = 6,25\ cm.$$

Na osnovu iste ralacije dobija se da je žižna daljina rasipnog bikonkavnog sočiva ($R_1' = -7\ cm$ i $R_2' = -12\ cm$):

$$f_r = \frac{R_1' R_2'}{R_1' + R_2'} \cdot \frac{1}{n-1} = -4,55\ cm.$$

Rastojanje prvog lika predmeta ($p = 20\ cm$) od sabirnog sočiva iznosi

$$l_1 = \frac{p_1 f_S}{p_1 - f_S} = 9,09\ cm,$$



Slika 9.

odnosno $p_2 = d - l_1 = 2,909\ cm$ od rasipnog sočiva (sl.9). Iz jednačine sočiva sledi da je konačan lik imaginaran i nalazi se na rastojanju

$$l_2 = \frac{p_2 f_2}{p_2 - f_2} = -1,77\ cm.$$

Ovaj lik postaje predmet za rasipno sočivo i nalazi se na udaljenosti p_2 od njega: $p_2 = d - l_1 = 2,909\ cm$. Konačan lik predmeta (ili lik prvog lika) daje rasipno sočivo. On je imaginaran, pa se nalazi takođe između sočiva na udaljenosti: $l_2 = p_2 f_2/(p_2 - f_2) = -1,77\ cm$ od rasipnog sočiva.

1013. U ovom procesu raspada μ - mezona održavaju se ukupna energija i impuls čestica pre i posle raspada. Pošto miruje, ukupni impuls π - mezona je nula, a njegova energija $E_\pi = m_\pi c^2$. Posle raspada impulsi μ - mezona i neutrina su po brojnoj vrednosti jednaki, samo suprotno usmereni (jer im je zbir nula):

$$P_\mu + P_\nu = P_\pi = 0$$

$$E_\mu + E_\nu = E_\pi = m_\pi c^2.$$

Ako u ove jednačine zamenimo izraze za energiju:

$$E_\mu = \sqrt{m_\mu^2 c^4 + P_\mu^2 c^2}$$

$$E_\nu = P_\nu c,$$

dobijamo dve jednačine sa dve nepoznate, P_μ i P_ν. Rešavanje daje

$$P_\mu c = \frac{m_\pi^2 c^4 - m_\mu^2 c^4}{2m_\pi c} = 29,8\ MeV.$$

Kinetička energija μ - mezona je razlika između njegove ukupne energije i energije mirovanja:

$$E_{k,\mu} = E_\mu - m_\mu^2 c^2 = \sqrt{P_\mu^2 c^2 + m_\mu^2 c^4} - m_\mu^2 c^2 = 4,1\ MeV.$$

Pošto neutrino ima masu nula, za njega je

$$E_{k,\nu} = E_\nu - 0 = E_\nu - p_\nu c = 29,8\ MeV.$$

1014. Posmatrajmo proces koji odgovara energiji praga za opisanu reakciju, tj. slučaj da se posle sudara sve četiri čestice kreću istom brzinom. Ovaj proces je najlakše razmatrati u koordinatnom sistemu koji se sa česticama kreće tom istom brzinom: u njemu je ukupni impuls sistema nula. Znači, pre sudara u ovom sistemu dva protona se kreću jedan drugom u susret istim brzinama; posle sudara, sve četiri čestice miruju. Zakoni održanja energije i impulsa daju:

$$p_1 - p_2 = 0$$

$$E_1 + E_2 = 4mc^2,$$

gde je $E_1 = E_2 = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} = \dfrac{mc^2}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$, $p = p_1 = p_2$, a $m = m_p = m_{\bar{p}}$ masa protona, tj. antiprotona. Odavde se za brzinu protona pre sudara u pokretnom sistemu dobija

$$N = \frac{\sqrt{3}}{2}c.$$

Brzina protona u laboratorijskom sistemu, u kome protoni u meti miruju, data je sa

$$v' = \frac{2v}{1 + \dfrac{v^2}{c^2}} = \frac{4\sqrt{3}}{7}c,$$

a njihova kinetička energija je

$$E_k = E - mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \dfrac{v'^2}{c^2}}} - mc^2 = 6mc^2 = 5630\ MeV.$$

1015. Elektrostatička energija je energija interakcije svih parova naelektrisanja, tj. jednaka je radu potrebnom da bi se naelektrisanja iz beskonačnosti dovela u

posmatranu konfiguraciju. Neka je naša sfera poluprečnika R, naelektrisanja q i konstantne gustine naelektrisanja $\rho = \dfrac{q}{(4/3)\pi R^3}$. Možemo smatrati da se ona „pravi“ sukcesivnim dodavanjem sfernih slojeva na sfere manjih poluprečnika. Rad potreban da bi se sloj poluprečnika r, debljine dr (tj. površine $4\pi r$ i zapremine $4\pi r\,dr$) „zalepio“ na ravnomerno naelektrisanu sferu poluprečnika r je

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r}q_2,$$

gde je $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1}{r}$ potencijal sfere, $q_1 = \dfrac{4}{3}\pi r^3\rho$, a q_2 naelektrisanje sloja, $q_2 = 4\pi r^2\,dr\,\rho$. Slojevi se lepe na sfere poluprečnika od 0 do R, pa se ukupni rad dobija sabiranjem pojedinih radova

$$A = E = \int_0^R \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4}{3}\pi r^3\rho\frac{1}{r}4\pi r^2\,dr\,\rho =$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{16\pi^2\rho^2}{3}\int_0^R r^4\,dr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{16\pi^2\rho^2}{15}R^5 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3}{5}\frac{q^4}{R}.$$

Ako se ova elektrostatička energija izjednači sa energijom mirovanja elektrona

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3}{5}\frac{q^2}{R} = mc^2$$

za njegov poluprečnik se dobija

$$R = 1,69\cdot 10^{-15}\ m.$$

Za površinski ravnomerno naelektrisanu česticu elektrostatička energija je

$$E = \frac{1}{2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{R},$$

pa se za poluprečnik elektrona dobije

$$R = 1,41\cdot 10^{-15}\ m.$$

1016. Ako bi se jezgra atoma sastojala samo iz protona i elektrona, u jezgru azota trebalo bi da bude 14 protona i 7 elektrona, jer je atomska masa azota 14 a naelektrisanje jezgra $+7e$. Ako se tome dodaju još 7 elektrona iz omotača, ukupno bi azot imao 28 čestica tj. trebalo bi da bude bozon (sastoji se od parnog broja čestica spina 1/2, pa ima celobrojni spin). Ova protivrečnost sa eksperimentom se u istoriji nuklearne fizike zove „azotna katastrofa“. Pretpostavka da u jezgru postoji nova vrta čestica, spina 1/2, mase približne masi protona i nenaelektrisana, rešava ovu protivrečnost. Jer, tada može da se uzme da se jezgro sastoji od 7 protona i 7 neutrona, što daje ukupni broj čestica (sa elektronima iz omotača) 21, a samim tim i poluceli spin atoma, u skladu sa eksperimentom.

1017. Po Paulijevom principu, oba elektrona u atomu He ne mogu da budu u istom stanju. Ako im je „prostorni deo talasne funkcije“, tj. onaj deo koji opisuje položaj, jednak – npr. stanje najniže energije – onda spinovi moraju da budu suprotno usmereni. Ovo je i osnovno stanje atoma He. Ako zahtevamo da spinovi budu paralelni, onda jedan elektron mora da bude u osnovnom, a drugi u prvom pobuđenom (ili bilo kom različitom) stanju energije.

Znači, da bi usmerilo spinove elektrona, magnetno polje treba da snizi energiju stanja u kome su spinovi paralelni za toliko da ona bude niža od energije osnovnog stanja – tako će stanje sa paralelnim spinovima biti stabilno. Kako interaguje magnetno polje B sa elektronima? Ono interaguje preko njihovog magnetnog momenta μ, pri čemu je energija interakcije magnetnog polja i magnetnog momenta jednaka $-\mu B$. U osnovnom stanju, ukupni spin oba elektrona je nula, pa je i ukupni magnetni moment nula, te uključenje magnetnog polja ne menja energiju ovog stanja. U prvom pobuđenom stanju spinovi su paralelni, pa je ukupni magnetni moment jednak $2\mu_e$. Zato magnetno polje menja energiju ovog stanja na $-2\mu_e B$: snižava je ako su spinovi orijentisani paralelno sa poljem, a povećava ako su antiparalelni. Kao što smo rekli, za stabilnost usmerenih spinova je potrebno da bude

$$2\mu_e B > \Delta E,$$

gde je $\Delta E = \hbar\omega$ razlika energija prvog pobuđenog i osnovnog stanja. Znači, magnetno polje treba da bude

$$B > \frac{\hbar\omega}{2\mu_e} = \frac{\pi\hbar c}{\mu_e\lambda}.$$

Uzimajući da je magnetni moment elektrona $\mu_e = \dfrac{eh}{2mc}$, a $\lambda = 5\cdot 10^{-7}\ m$, dobijamo $B > 2\cdot 10^4\ Wb/m^2$.

M.B.

REŠAVANJE ZADATAKA UZ ZAKONE ODRŽANJA U VI RAZREDU

Darko Kapor, Institut za fiziku PMF-a, Novi Sad

Na III nivou takmičenja za VI razred osnovne škole (to je za njih i najviši nivo) pojavila su se i dva zadatka koji pripadaju onom tipu zadataka kada se zadatak može rešiti uz veoma puno računa, ali se isto tako može rešiti mnogo brže ako se primeni fizički način rezonovanja. Ovde želimo da nešto kažemo o tom načinu.

Prvi zadatak: Dve jednake čaše napunjene su sa po 5 ml žive (gustina žive je 13600 kg/m^3). Ukupna masa ovih napunjenih čaša je 196 g. Onda se po 2 ml žive iz svake čaše odliju u treću istu takvu čašu. Kolika je masa sve tri čaše napunjene živom?

Rešenje: $\dfrac{m=196g \qquad V_z=5ml \qquad \rho=13{,}6\times10^3 kg/m^3 \qquad V_2=2ml}{m'}$

Postoji mogućnost da se prvo izračuna masa čaše, pa masa svake čaše posle prelivanja žive, i tako po redu i žiri je ovo rešenje prihvatao.

Mnogo brže ide račun ako se uoči da se masa m' razlikuje od mase m za masu jedne čaše m_c, jer količina žive nije promenjena:

$$m' = m + m_c \qquad m = 2m_c + 2V_z\rho_z \qquad 196 = 2m_c + 2 \times 5 \times 13{,}6$$

$$m_c = (196 - 136)/2 = 30\,g \rightarrow m' = 196 + 30 = 226\,g.$$

Drugi zadatak: U menzuri se nalazi 300 ml vode. Izmeri se masa m menzure zajedno sa vodom, a zatim se odlije 100 ml vode. Doliva se nepoznata tečnost (koja se ne meša sa vodom) sve dok masa menzure sa vodom i nepoznatom tečnošću ponovo ne bude m. Pri tome je doliveno 150 ml tečnosti. Odrediti gustinu nepoznate tečnosti, ako je gustina vode $\rho_0 = 1000kg/m^3$.

Rešenje: $\dfrac{V_1=300\,ml \qquad V_2=100\,ml \qquad V_3=150\,ml \qquad \rho_0=10^3 kg/m^3}{\rho}$.

Zadatak se i ovde jednostavno rešava ako se uoči da 150 ml nepoznate tečnosti ima istu masu kao 100 ml vode $V_2\rho_0 = V_3\rho$. Odatle je $\rho = 666{,}7\ kg/m^3$. Može se raditi i postupnije preko uvođenja nepoznate mase menzure koja se kasnije gubi iz računa.

Sada da vidimo šta smo u stvari radili. U oba slučaja smo iskoristili činjenicu da neka fizička veličina (u prvom zadatku količina - masa žive, a u drugom ukupna masa) ostaje nepromenjena na početku i na kraju nekog procesa. Stručno se to kaže da se ta veličina održava u datom procesu. Uvek kada to znamo,

možemo sve ostale međukorake zanemariti i posmatrati samo početno i krajnje stanje, baš kao što smo to radili u ova dva zadatka.

U suštini, to fizičari rade stalno, jer to je jedan od najmoćnijih metoda za rešavanje problema u fizici. Uoči se veličina koja u procesu ostaje stalna, a to može biti energija, impuls, masa, naelektrisanje i onda se odmah dobija niz korisnih jednačina. Zato su zakoni održanja veoma važna stvar za primenu.

Sledeći korak je utvrditi da li su ti zakoni održanja nešto što važi samo u konkretnom slučaju, kao u našim zadacima, ili je reč o zakonima od opštije važnosti, a onda dolazimo do sledećeg pitanja: ako je reč o zakonu od opštije važnosti, odakle on potiče? Pokazuje se da su osnovni uzrok simetrije koje postoje u prirodi. No tu gde upravo počinje interesantno, mi ćemo stati, bar dok se ne odmaknete malo od fizike VI razreda. I još nešto. Iako sve ovo spada u veoma teške stvari, činjenica je da je veliki broj takmičara upravo ovako rezonovao, što samo znači da će vam biti lakše da ih razumete kada do njih stignete.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BR. 32

U toku lebdenja insekta kazaljka vage pokazuje istu vrednost kao kada je insekt bio na tasu, tj. 546 g. U toku „ateriranja“ koje traje veoma kratko, kazaljka će pokazivati za 2 g manju masu, odnosno 544 g. P.M.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF–45 DOSTAVILI SU:

1. Marina Đurić, OŠ „Sveti Sava“, Aranđelovac, (nastavnik–profesor fizike Nadežda Miljanić), zadaci: 983, 984, 985 i 986.
2. Vladimir Vuković, OŠ „Dositej Obradović“, Kruševac, (Dušan Jovanović): 1031 i 1032.
3. Dejan Baltić, OŠ „Svetozar Marković“, Novi Sad, (Mirjana Komar): 1018, 1021 i1022.
4. Mare Janakova, OŠ „Rada Miljković“, Jagodina, (Dragoslav Despotović): 1018, 1019, 1020, 1021 i 1022.
5. Nataša Mirković, Gimnazija „D. Vasiljev“, Kikinda, (Petar Vuca)i: 1043, 1044, 1046 i 1047.

***

Sekretarijat za obrazovanje i fizičku kulturu Skupštine grada Beograda i Fizički fakultet, Beograd pomogli su izdavanje ovog broja časopisa Mladi fizičar. Redakcija časopisa Mladi fizičar zahvaljuje se na ovoj pomoći.