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 ispisati ime i prezime, zvanje i zanimanje, adresu i broj žiro računa, odnosno potpisanu izjavu da se ne poseduje žiro račun.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU. Uređivački odbor zadržava pravo da rukopise rediguje i objavljuje redom koji ne zavisi od reda prispeća.

MLADI FIZIČAR izlazi četiri puta godišnje, a **GODIŠNJA PRETPLATA ZA SVA ČETIRI BROJA IZNOSI 140 DINARA**. Možete da postanete pretplatnici kada to poželite. Potrebno je samo da nas običnim pismom obavestite o broju kompleta na koje se pretplaćujete, da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro račun Društva fizičara Srbije,

60806-678-77766

Beograd, sa obaveznom naznakom za **Mladi fizičar**.

AKO NARUČITE VIŠE OD 20 KOMPLETA odobravamo vam rabat od 20%, 15%, odnosno 10%, zavisno od roka do kog je izvršena uplata potrebne sume (1.12., 1.02. odnosno 1.04).

MOŽETE NARUČITI I KOMPLETE RANIJIH GODIŠTA.

Narudžbenice i priloge slati na adresu:
Društvo fizičara Srbije
(za časopis **Mladi fizičar)**

Studentski trg 14/III p.p. 550., 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-919.

Cena 35 DIN

mladi
fizičar
26
82/83
časopis iz fizike za učenike

DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR
časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina VII
broj 26
(1982/83)

YOUNG PHYSICIST
Magazine for elementary and secondary school students
JEUNE PHYSICIEN
Journal pour les éléves écoles élémentaires et secondaires
JUNGER PHYSIKER
Zeitschrift für Volks — und Mittelschüler
МОЛОДОЙ ФИЗИК
Журнал для учеников основной и средних школ

IZDAJE
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
Beograd
Studentski trg 14/*III*
p.p. 550

glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN

urednici
Dragana POPOVIĆ
Jablan DOJČILOVIĆ

Uređivački odbor
Radenko BAJIĆ
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Milan DIMITRIJEVIĆ
Draško GRUJIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Budo RADOJEVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Dušanka RISTANOVIĆ
Tomislav SENĆANSKI
Aleksandar SREĆKOVIĆ
Čedomir STANKOVIĆ
Gavrilo VUKOVIĆ

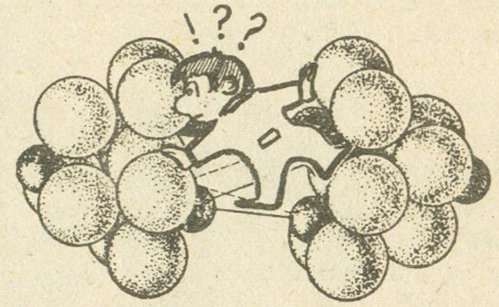
SADRŽAJ

D. Popović: Zablude vredne pomena 1
M. Dimitrijević: Termonuklearna fuzija II 6
J. Šetrajčić, Lj. Mašković i *D. Kapor*: CuCl — neobičan materijal 9
M. Livada: Fotoindukovana luminiscencija 12
V. Adamović: Džulov eksperiment 15
Učenička laboratorija 17
D. Đokić—Ristanović: Termistor 19
D. Koledin: Obrada rezultata merenja II 21
Biblioteka »Mladog fizičara« 24
Konkursni zadaci Z209
Nagradni zadatak Z214
Zadaci-pitanja Z214
E-zadatak Z216
Rešenje zadataka Z218
Spisak rešavača 32

Vinjete: *N. Ubović*
Ilustracije zadataka: *S. Milić*

»**Mladi fizičar**« izlazi od školske 1976/77. godine. Časopis su uređivali: **Đorđe Basarić** i **Slobodan Žegarac** (1976/77); **Dušan Ristanović** i **Draško Grujić** (1977/78) i **Ljubo Ristovski** i **Dušan Koledin** (1978/79—1981/82).

ŠTA JE...



ZABLUDE VREDNE POMENA

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

Zablude u nauci imaju različite korene: one mogu biti rezultat određenih društveno-istorijskih okolnosti, odraz intelektualne klime svoga doba, rezultat nedovoljno razvijene tehnologije da bi se do kraja saznao neki fenomen ili nedovoljne komunikacije između samih naučnika, i najzad, mogu biti u pitanju obični, ljudski previdi, greške u proračunima, nesigurnost u sopstvene rezultate.

Međutim, za razliku od drugih delatnosti ljudskog uma, zablude u nauci su retko sasvim besmislene i često veoma podsticajne — one obično implicitno ukazuju na put kojim treba krenuti pri rasvetljavanju neke pojave. Najzad, neke od velikih naučnih »zabluda« su se vremenom pokazale kao tačne, kao što će se možda i neke od današnjih pokazati u budućnosti.

Kalorik »bez težine« i flogiston sa »negativnom težinom«

Pitanje prenosa toplote sa jednog tela na drugo, kao i sam fenomen toplotne energije uopšte, oduvek je bilo jedno od centralnih problema fizike. Međutim, uvođenjem pojma *kalorika* dugo se verovalo da je ovo pitanje rešeno za sva vremena. Pod kalorikom se podrazumevao fluid bez težine — kvalitet koji se prenosi sa jednog tela na drugo i tako ih zagreva. Sva tela sadrže kalorik, samo u različitom iznosu; jedini je problem izdvojiti ga iz tela i izmeriti.

Prvi koji je shvatio da između fizičkog pojma rada i toplotne energije postoji određen ekvivalentan odnos i time »prodrmao« teoriju o kaloriku, bio je Bendžamin Tomson, grof Rumford (1753—1814). On je primetio da se u procesu bušenja topovskih cevi oslobađa velika količina toplote, koja je veća što se koriste tuplje alatke. Proračuni su pri tome pokazivali da bi, ako bi se ova količina toplote »vratila nazad« u top, došlo do topljenja metala. Rumford je na osnovu ovoga pravilno zaključio da je toplotni sadržaj tela mera nekog oblika unutrašnjih vibracija — u slučaju topa, ove vibracije su bile pojačane radom (trenjem) alatki.

Tvorili su i raskrinkavali zablude: Džul, Hajgens, Kelvin, Maksvel, Ajnštjan...

Ipak, prošlo je još pola veka pre nego što je 1849 godine Džems Džul (1818—1889) pročitao pred Britanskim kraljevskim društvom svoj rad »O mehaničkom ekvivalentu toplote«. A kalorik je najzad zauvek nestao sa stranica fizike, zahvaljujući radovima Džemsa Maksvela (1831—1879) i razvoju kinetičke teorije toplote, kamenu temeljcu savremene fizike: po njoj, toplotni sadržaj tela ekvivalentan je zbiru pojedinačnih kinetičkih energija (energija kretanja) njegovih atoma i molekula.

Slično je bilo i sa *flogistonom* — njega je, da bi objasnio šta se dešava pri sagorevanju ili rđanju (a shvativši da su oba procesa u osnovi ista), »pozvao u pomoć« Štal, 1700. godine. Štal je pretpostavio da sve supstance sadrže flogiston i da ga u procesu sagorevanja (rđanja) gube. Ovim se jednostavno objasnilo zbog čega je supstanca koja gori (i koja je bogata flogistonom) teža od svoga pepela (koji ima manjak flogistona), ali je ostalo pitanje zašto je rđa (sa manjkom flogistona) teža od prvobitnog metala (sa viškom flogistona)? Štal je tako prećutno pretpostavio da flogiston može ponekad da ima i »negativnu masu«; nauka toga doba nije se obazirala na takve »sitnice«.

Proces sagorevanja i rđanja objasnio je kasnije Lavoazije, utvrdivši da je vazduh smeša gasova, pretežno jednog koji omogućava sagorevanje (kiseonik — »*oxigene*« — onaj »koji kiseli«) i drugog koji ne omogućava (»*azote*« — »bez života«).

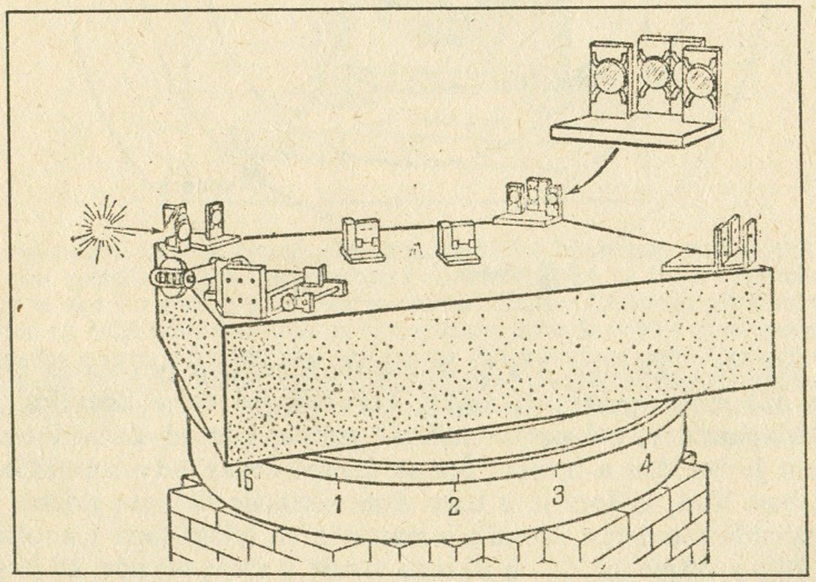
Priča o etru

Jedna od najvećih zabluda u istoriji fizike verovatno je ona o postojanju *etra*, koga je Oliver Lodž, fizičar i psiholog iz hobija, 1819. godine opisao

kao »veoma gustu supstancu, koja lagano cirkuliše duž magnetnih linija sila; toliko gustu da ne postoji način da je neposredno osetimo ili bilo kako detektujemo«.

Priča o etru doseže u prošlost sve do 17. veka i rasprava da li je svetlost talasne ili čestične prirode. Hajgens je smatrao da za prenošenje svetlosnih talasa mora da postoji neka sredina koju bi oni na svome putu »sabijali i razređivali«, kao što to čine zvučni talasi u vazduhu; ta sredina ne bi naravno mogla da bude vazduh, već bi morala da bude univerzalna i da ispunjava celu Vasionu. Njutn je, međutim, bio oštar protivnik teorije o etru, čime je on bio zvanično »izbačen« iz rasprava fizičara tokom celog 18. veka. Zatim je 1801. godine Jung izveo eksperimente koji su potvrdili talasnu prirodu svetlosti. To je, uz opšte prihvaćeno gledište da se svi fizički fenomeni mogu objasniti s gledišta mehanike, bio znak da etar ponovo stupi na scenu — sada je prenosio ne samo svetlosne talase, već i magnetno i gravitaciono dejstvo. Pristalice teorije o etru bila su i dva najveća fizičara 19. veka — Kelvin i Maksvel.

Fizičari su zatim »otkrili« i osobine etra — neverovatno elastičan, a ipak krajnje razređen, jak, bez trenja, jer ne usporava kretanje planeta itd, itd. Ipak, mnogi su odbijali da poveruju da je etar nemoguće detektovati. Jedan od njih , Albert Majklson, izveo je u cilju »otkrivanja etra« veoma oštrouman eksperiment: ako se Zemlja zaista kreće kroz etar, onda bi svetlosni zrak emitovan pod pravim uglom na pravac njenog kretanja i potom nazad ka izvoru svetlosti, trebalo da stigne do izvora ranije nego zrak emitovan u pravcu kretanja Zemlje, pa odbijen unazad, u istom pravcu »uzvodno«. Majklson je u više navrata pokušao da detektuje ovu putnu razliku, zajedno sa Edvardom Morlijem, ali bez uspeha (sl. 1). Godine 1887. najzad je objavio da takva razlika ne postoji.

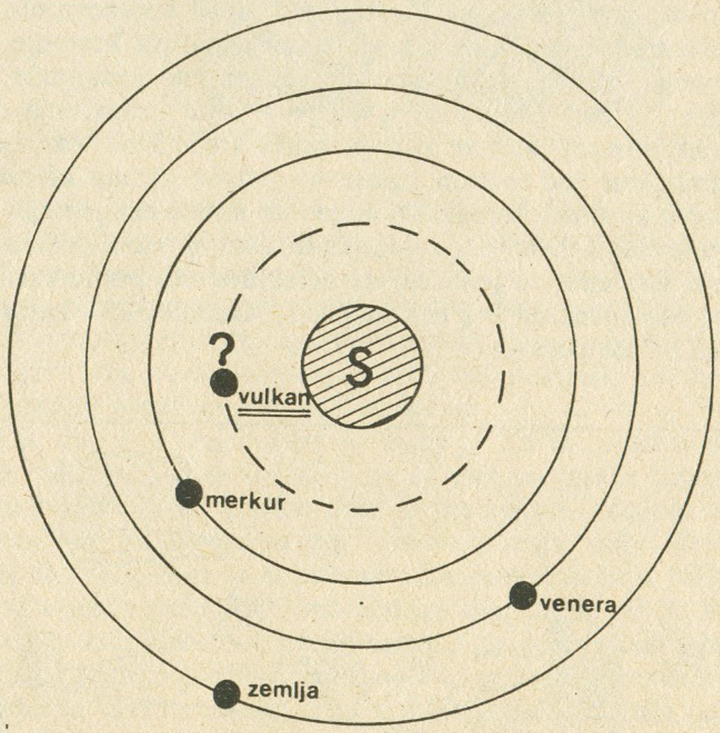


Slika 1

Fizičari su bili šokirani. To je značilo ili da Zemlja miruje u etru (što je bilo u direktnoj suprotnosti sa činjenicom da se sva tela u Vasioni kreću), ili da se tela, koja se kreću, neznatno skraćuju u pravcu kretanja. Treća mogućnost — da etar uopšte ne postoji — kao da nikome nije pala na pamet, sve dok 1905. godine Ajnštajn nije objavio specijalnu teoriju relativnosti. On je pokazao da »apsolutno kretanje« i »apsolutno mirovanje« ne postoje i da se kontrakcija tela pri kretanju odigrava i bez potrebe uvođenja tako »sumnjivog pojma« kao što je etar. Otada je etar zauvek sišao sa stranica fizike.

Tajanstveni N zraci

U nizu epohalnih otkrića krajem 19. i početkom 20. veka, objavio je i francuski fizičar Prosper Blondlo 1903. godine otkriće tzv. *N zraka*: oni su predstavljali prirodno zračenje mnogih materijala, uglavnom metala. Ubrzo su i neki drugi francuski naučnici potvrdili Blondloovo »otkriće«.



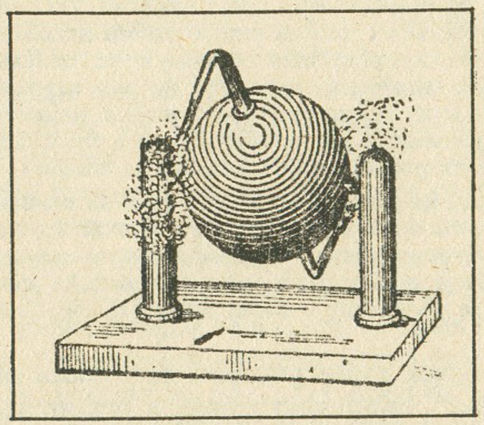
Slika 2

Ali, bilo je i skeptika. Da bi ih uverio, Blondlo je pristao da javno demonstrira dobijanje spektra N zraka, koristeći pri tome adaptiranu spektroskopsku aparaturu, u kojoj su sočiva i prizme bile od aluminijuma. Ceo eksperiment je izvođen u mraku. Šta se desilo? Jedan od prisutnih, američki fizičar Robert Vud, krišom je u toku demonstracije uklonio prizmu iz aparature — nimalo neometen, Blondlo je nastavio sa izlaganjem i »opisivanjem spektra«! Bilo je očigledno da on iskreno veruje u svoje otkriće, ali je i do danas ostalo tajna kako su ostali naučnici uspevali da ponove njegove eksperimente sa istim rezultatima. Želja za otkrićem izgleda da je bila jača od naučne objektivnosti.

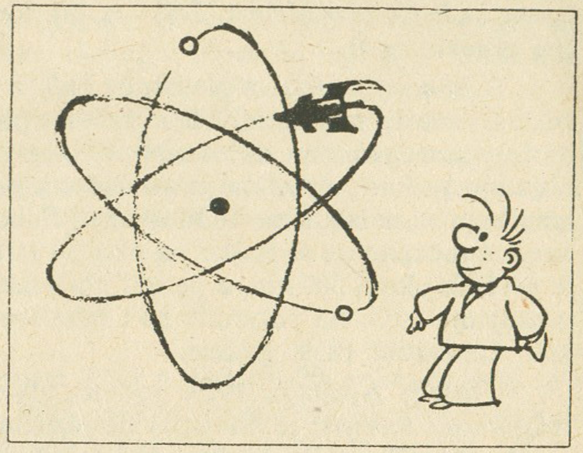
Slično se desilo i sa planetom *Vulkan* (sl. 2). Naime, sredinom prošloga veka francuski astronom Irben Leverje je otkrio da se orbita Merkura ne može opisati samo na osnovu Njutnovog zakona gravitacije i ovo neslaganje objasnio je kao posledicu gravitacionog privlačenja Merkura od strane planete koja se nalazi između Merkura i Sunca. Leverje je planetu nazvao Vulkan i izračunao da se nalazi na oko 30 miliona kilometara od Sunca, da joj je prečnik oko 1.500 km, a period obilaska oko Sunca 34 dana. Ubrzo zatim postojanje Vulkana potvrdila su i teleskopska posmatranja — prvi ga je otkrio Leskarbul 1859. godine.

Opet je Ajnštajn, 1919. godine, objasnio ovu pojavu — Opšta teorija relativnosti teorijski je dokazala da planeta Vulkan ne postoji (niti je potrebno da postoji). Nije potrebno da naglašavamo da su astronomska posmatranja to i potvrdila.

Nije ovo sve: o zabludama vrednim pažnje pisaćemo i u sledećem broju.



Verovatno darovit kao i Arhimed, **Hieron** je, međutim, bio mnogo manje praktičan. Zaokupljen uveseljavajućim »igračkama« i nezainteresovan za brige i potrebe vladara, on je oko sto godina pre našeg računanja vremena iskoristio paru, zabavljajući narod na heladskim trgovima: u šuplju kuglu nalio je vodu i zagrevao je dok nije isparila; potom je otčepio dve savijene na slici prikazane cevi. Kugla se vrtela i uveseljavala okupljeni narod, »ukazujući« na **zakon o održanju impulsa** i na **ekvivalentnost mehaničkog rada i toplote** — onome ko »vidi«, razume se. Poruku Hieronovog eksperimenta je, inače, mnogo kasnije shvatio pivar i fizičar iz Salforda, **Džems Džul**.



TERMONUKLEARNA FUZIJA: POSUDE ZA ZAGREVANJE PLAZME

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

U hladne zimske dane mnogi od nas će osetiti krizu energije koja je zahvatila ceo svet. Nafta je sve skuplja, rezerve uglja brzo se smanjuju, a razvoj čovečanstva zahteva sve više i više energije. Rešenje bi predstavljala komercijalna eksploatacija termonuklearne energije. Ali do ovog cilja čovečanstvo neće doći odjednom. Termonuklearna centrala biće kruna napora generacija naučnika i rezultat mnogobrojnih istraživanja na području fizike plazme, atomske fizike, spektroskopije, fizike i tehnike lasera... Kao što često biva u nauci, razvitak termonuklearnih istraživanja doveo je i do niza uzgrednih rezultata. Plazmeni motori kod kosmičkih brodova, plazmene dinamo mašine (takozvani magnetohidrodinamički transformatori) za neposredno pretvaranje toplote u električnu struju, samo su neka od dostignuća zasnovanih na proučavanjima vezanim za fuziju.

Na dosadašnjem putu ka kontrolisanoj fuziji ljudi su morali da nađu odgovore na mnoga pitanja. *U kakvom sudu držati komad zvezdane materije koji je čovek napravio*? *Kako dobijenu plazmu zagrejati do temperature na kojima se jezgra atoma stapaju*? Ovo su samo neki od problema čija rešenja predstavljaju važne stepenice ka jednom od najvažnijih ciljeva fizike. Njima ćemo se pozabaviti u ovom broju *Mladog fizičara*.

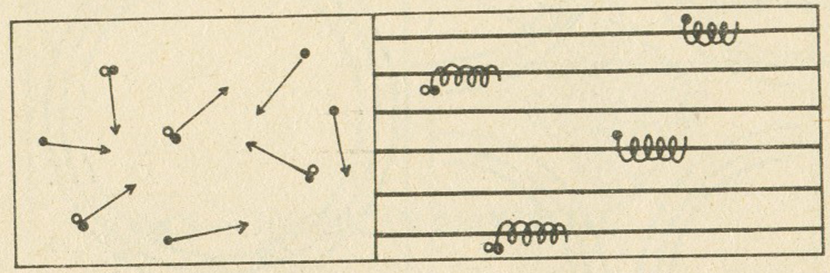
Na prvi pogled čovek može pomisliti da toplota otežava čuvanje jako zagrejane plazme, makar i minimalno vreme, u nekom zagrejanom sudu. Ali ona je obično toliko razređena da količina energije koju sadrži ne bi uspela da rastopi zidove suda. Zidovi su mnogo opasniji za samu plazmu koja se u dodiru sa njima hladi. Ipak, naučnici su pronašli nevidljivi sud u kome se može držati »komad Sunca«. To je *magnetno polje*.

Kada se naelektrisane čestice nađu u magnetnom polju, one počinju da se okreću oko linija sila krećući se duž nih (sl. 1). Magnetno polje, dakle,ograničava kretanje čestica plazme, pa se problem njenog čuvanja svodi na projektovanje magnetnog polja određene konfiguracije.

Zamislimo komoru bez vazduha u kojoj postoji jako magnetno polje. Ako u nju ubrizgamo visokoenergetske jone deuterijuma ili druge naelektrisane čestice, one će početi da se spiralno kreću duž linija sila magnetnog polja, sudarajući se međusobno i zagrevajući se. Ako pojačamo magnetno polje,

radijus putanje čestice oko linije sile će se smanjiti, broj sudara će se uvećati, a samim tim i temperatura plazme. Plazmeni šnur će se otkinuti od zidova komore i izgledaće kao da visi u prostoru. Ovakvi uređaji nazivaju se *magnetne klopke* i predstavljaju »sud« u koji možemo uhvatiti plazmu.

I naša planeta je jedna velika magnetna klopka. Putanje naelektrisanih čestica koje dospeju u njenu blizinu počinju da se savijaju duž linija sile magnetnog polja i bivaju zarobljene. Tako nastaju *Van Alenovi radijacioni pojasevi* oko Zemlje.



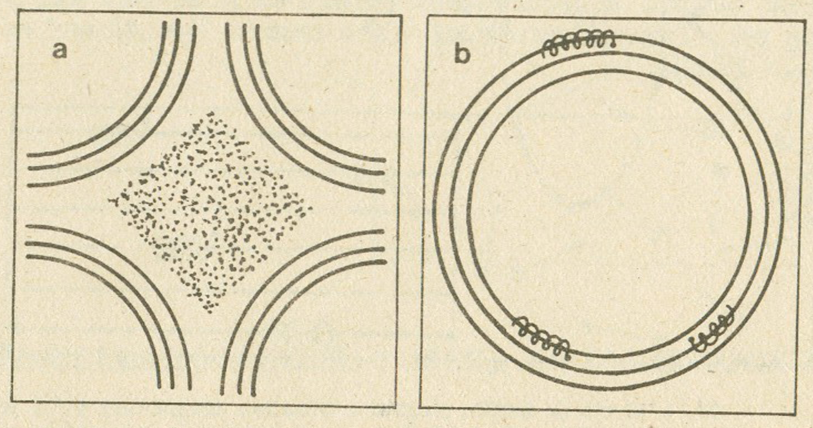
Sl. 1. Kretanje čestica plazme u odsustvu magnetnog polja je haotično (leva slika). Ako uključimo magnetno polje, naelektrisane čestice se kreću po spiralnim putanjama duž linija sila (slika desno).

Sud za plazmu još nije gotov. Ako ne preduzmemo »specijalne« mere, plazma će lako isteći duž linija sila. Da bi to sprečili, potreban nam je odgovarajući »zapušač«. Oticanje plazme možemo sprečiti ako iskoristimo činjenicu da se naelektrisane čestice odbijaju od oblasti u kojoj se magnetno polje pojačava. Zgusnute linije sila magnetnog polja predstavljaju svojevrsno »ogledalo« za čestice plazme. Zašto se to dešava? Kada naelektrisana čestica dospe u oblast jačeg magnetnog polja, ona treba da poveća energiju rotacionog kretanja oko linija sila. Na osnovu zakona o održanju energije, uvećanje energije rotacije može se izvršiti samo na račun energije translatornog kretanja. Usled toga, čestica se kreće sve sporije duž linije sile. Ako je porast jačine magnetnog polja dovoljno veliki, ona će se na kraju zaustaviti i počeće da se kreće unazad. Sud je gotov i plazma je potpuno zarobljena, ili kako to fizičari vole da kažu, *konfinirana* (sl. 2a). Vidimo da se problem čuvanja plazme svodi na problem projektovanja magnetnog polja odgovarajuće konfiguracije. Neke od pogodnih konfiguracija date su na slici 2.

Novi izvori elektromagnetskog zračenja, *laseri*, omogućili su da se problemu konfiniranja plazme u termonuklearnim istraživanjima priđe sa potpuno drugačijeg stanovišta. Naime, ako je plazma tako velike gustine da se u toku karakterističnog vremena njenog razletanja mogu odigrati sve željene nuklearne reakcije, problem konfiniranja plazme se uopšte ne postavlja. Ovakav prilaz problemu naziva se *inercijalno konfiniranje plazme* i njega je omogućio razvitak fizike i tehnike lasera.

Laseri kao impulsni izvori energije mogu se u termonuklearnim istraživanjima upotrebiti kako za stvaranje i sažimanje plazme do velikih gustina, tako i za njeno zagrevanje do *kevnih temperatura* (podsetimo se da energija od 1 keV odgovara temperaturi od 11.600.000 stepeni Kelvina).

Osim pomoću lasera, plazmu možemo zagrejati i drugim metodama. Jedan od najstarijih je *Omsko zagrevanje* (tako se zagreva žica kroz koju protiče struja). Mada je ovaj metod efektivan na niskim temperaturama, sa porastom temperature provodnost plazme raste, a njen otpor pada, tako da Omsko zagrevanje više nije efikasno.



Sl. 2. Razne konfiguracije magnetnog polja pogodne za konfiniranje plazme

Za povećanje temperature plazme korišćeni su i *rezonansni efekti.* Ako na plazmu koja se nalazi u konstantnom magnetnom polju, deluje još i promenljivo električno polje čija je frekvencija bliska frekvenciji obrtanja jona oko linija sila konstantnog polja, joni će dobiti dopunsko ubrzanje i njihova temperatura će se povećati.

U Novosibirskom institutu nuklearne fizike plazmu su zagrevali pomoću *udarnog talasa* koji je u plazmi pobuđen kratkim dopunskim impulsom magnetnog polja. Tako se plazma može zagrejati desetak keva. Koristi se, takođe, ubacivanje vrele plazme ili jona u magnetnu klopku i drugi metodi.

Uopšte, aparature za termonuklearna istraživanja možemo grubo podeliti u tri grupe:

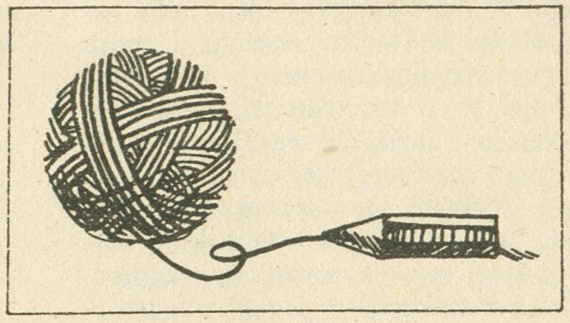
1. Plazma se stvara pomoću lasera velike snage, na primer, ozračivanjem termonuklearnog goriva istovremeno sa više strana konfinira se inercijalno;

2. Plazma nastaje jakostrujnim pražnjenjem; struja samog pražnjenja koristi se za zagrevanje plazme, a istovremeno stvara i magnetno polje koje je konfinira;

3. Magnetne klopke kod kojih se magnetno polje određene konfiguracije stvara spoljašnjim izvorom struje, a plazma se zagreva metodama nezavisnim od metoda za stvaranje odgovarajućeg polja (na primer, ubacivanje jona velike temperature ili vrele plazme).

Prognoze o tome koji će od ovih načina dovesti do ostvarenja sna o termonuklearnoj centrali, često se menjaju. Mi ćemo se u sledećem broju *Mladog fizičara* zadržati na prvoj od njih i saznaćemo nešto više o ulozi lasera u fuzionim istraživanjima.

EKSPERIMENTI



CuCl — NEOBIČAN MATERIJAL

JOVAN ŠETRAJČIĆ, LJILJANA MAŠKOVIĆ i DARKO KAPOR (Novi Sad)

Dosada ste u *Mladom fizičaru* nailazili na članke koji govore o različitim fizičkim pojavama ili pojmovima, a ovaj put pokušavamo da vas upoznamo sa nečim drugim. Na primeru istraživanja posvećenih jednom konkretnom materijalu, pokazaćemo kako teče naučno istraživanje (barem u glavnim crtama) i koliko različitih pojava često treba povezati i proveriti da bi se došlo do pouzdanih rezultata.

Počećemo izdaleka, od pojave *superprovodljivosti.* Verovatno znate da je reč o pojavi da električna otpornost izvesnih metala i njihovih jedinjenja iščezava pri sniżavanju temperature. To znači da kroz njih struja teče bez gubitka električne energije i jasno je kakav bi ekonomski efekat imala primena ove pojave u svakodnevnom životu.

Zašto do toga nije došlo, videćemo ako se malo udubimo u smisao onoga što smo rekli. Potpuniji smisao izraza »pri sniżavanju temperature« je sledeći: nestanak električnog otpora znači prelazak materijala u stanje sa novim osobinama — *superprovodno stanje.* Taj prelazak se odvija na tačno određenoj temperaturi — *kritičnoj temperaturi, Tc,* i superprovodno stanje može postojati samo ispod te temperature. Ceo problem sa primenom superprovodljivosti u komercijalne svrhe leži u tome što je *Tc* veoma niska. Evo tipičnih primera koji se mogu naći u literaturi:

	Telur	Olovo	Niobium	Nb_3Sn
T_c [K]	2,4	7,2	9,2	18,1

Jasno je da bi održavanje ovako niske temperature bilo skuplje od uštede električne energije, barem sa današnjom tehnologijom. Zbog toga je glavni akcenat na istraživanjima koja bi dovela do stvaranja materijala sa višom *Tc*.

Stvar se dodatno komplikuje još jednom pojavom koja nije prateći efekat smanjenja otpora, već sastavni deo pojave superprovodljivosti, a to je tzv. *Majsnerov efekat*. Superprovodni materijali »istiskuju« iz sebe linije magnetnog polja, drugim rečima, magnetno polje ne prodire u superprovodnike. Znači, oni se ponašaju kao idealni dijamagnetici.

Ni ovim nije sve rečeno. Ako jačina magnetnog polja raste, ono će dostići neku kritičnu vrednost iznad koje ipak prodire u superprovodni materijal i jednostavno uništava superprovodno stanje. Prema tome, superprovodne uređaje treba štititi od dejstva spoljašnjeg magnetnog polja. No, sama struja koja teče kroz superprovodnik stvara svoje magnetno polje koje deluje na isti način, pa postoje i ograničenja na maksimalnu jačinu struje koja može da teče kroz superprovodnik.

Kakve sve ovo veze ima sa CuCl? Tokom proučavanja ovog jedinjenja, sovjetski naučnik A. P. Rusakov je 1978. godine uočio da se ono ponaša vrlo slično idealnom dijamagnetiku, tj. istiskuje iz sebe magnetno polje, a taj proces počinje da se odvija na relativno visokoj temperaturi ($Tc \simeq 180$ K). Zato je pojava nazvana »visokotemperaturski Majsnerov efekat«. Saopštenje o ovim rezultatima izazvalo je ogromno iznenađenje i veliki broj istraživača se bacio na posao da proveri ove nalaze. Konačni cilj: utvrditi da li ova pojava možda ne povlači za sobom i pojavu superprovodnosti.

Da bi se razumelo ovo uzbuđenje, treba imati na umu da je CuCl pod normalnim uslovima *izolator*. Rezultati ovih istraživanja su veoma zanimljivi: postojanje superprovodnosti do danas nije otkriveno, ali kristali CuCl pri promeni pritiska i temperature doživljavaju više promena osobina. Tako, pri povećanju pritiska, materijal prelazi u metalnu fazu (znači počinje da se ponaša kao metal), i na 40 kbara njegov specifični otpor je 10^5 puta manji od otpora na atmosferskom pritisku, iako ostaje konačan. Pri daljem povećanju pritiska, dolazi i do promene strukture i materijal postaje ponovo izolator. Stvarno neobične osobine.

Pri ovim istraživanjima, poseban problem je što se rezultati međusobno veoma razlikuju, zavisno od načina na koji su pripremljeni uzorci. Stručno se to kaže: »rezultati nisu dovoljno reproducibilni«. Odakle ova pojava?

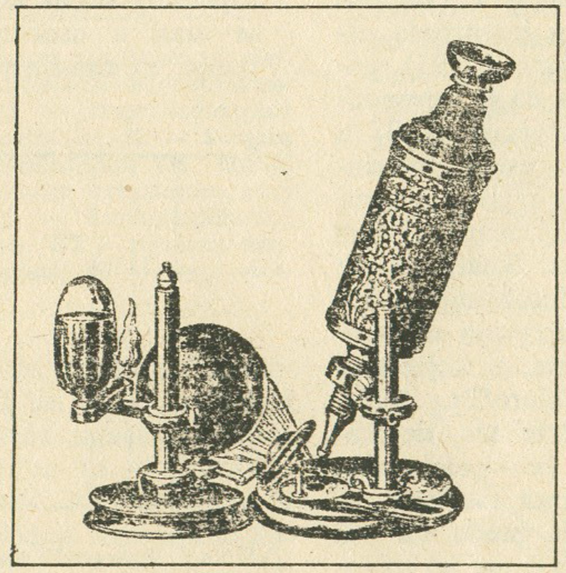
Pozvaćemo u pomoć hemiju. Za sve one koji se sećaju šta su učili o valenci, cela ova priča zvuči sumnjivo, jer bi očekivali da ovo jedinjenje bude $CuCl_2$. Ustvari, jedinjenje $CuCl_2$ takođe postoji, ali kod ovog o kojem je reč, stvarno se jedine jedan jon hlora i jedan jon bakra. Jasno je da jedinjenje ne može biti izuzetno stabilno, već se održava u uslovima veoma osetljive ravnoteže sila koje deluju među jonima. Kod takvih, tzv. *metastabilnih jedinjenja*, način pripreme uzorka bitno određuje njihove osobine.

Ubacićemo ovde jedno poređenje. Veoma čista voda se u odsustvu mehaničkih potresa pod određenim režimom hlađenja može ohladiti i ispod 0°C. No, dovoljan je mali potres, promena temperature ili dodavanje minimalne količine nečistoće da se ona pretvori u led. (Ovo može da izgleda vrlo spektakularno — čitajte »Hektora Servadaka« od Žila Verna!).

Zbog svega gore rečenog, danas se pažnja posvećuje načinu pripreme uzoraka. Onaj početni val oduševljenja se stišao, a zamenio ga je sistematski istraživački rad. Ovo je čest slučaj u nauci.

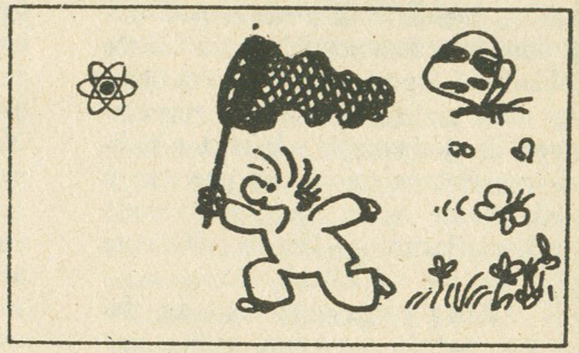
Rekli smo već, superprovodljivost kod CuCl do sada nije otkrivena. Da li se onda uloženi trud isplatio? Pre svega, pojava Majsnerovog efekta i velikog opadanja otpora je potvrđena, i danas je razvijeno bar pet teorija koje na bazi osobina atoma koji ulaze u sastav kristala pokušavaju da ovu teoriju objasne. Time je teorijski rad dobio novi zamah, jer nove teorije uvek otvaraju nove horizonte o kojima možda dotada nismo ni razmišljali. (Jedna interesantna mogućnost, na primer, jeste da uzorak nije superprovodan po celoj zapremini, već samo u pojedinim svojim delovima. Nažalost, ovo se u današnjim uslovima ne može eksperimentalno proveriti.)

Optička istraživanja su pokazala i neuobičajene osobine pri apsorpciji svetlosti. Slično kao i kod CdS (još jednog materijala zanimljivog za naučnike), postoji prilično dokaza da se ovde javlja jedna posebna vrsta kvazičestica — *bieksitoni*. (O tome jednom drugom prilikom.



Među prvima: Hukov mikroskop

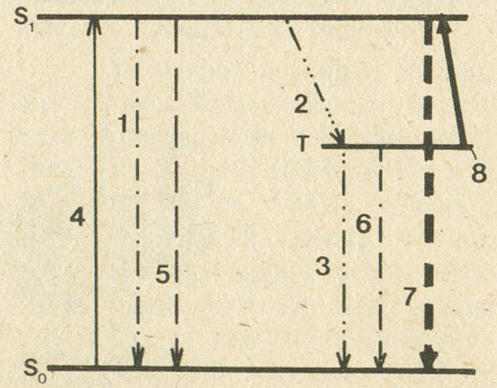
Sedamnaesti vek je doba naučnih instrumenata, eksperimentalnih uređaja: složeni **mikroskop** pronađen je 1590. godine, **teleskop** 1608. godine, Galileo je izgleda izumeo i **termometar**, njegov učenik Toričeli **barometar**, a Gerike je pronašao **vazdušnu pumpu**. **Časovnici** su, iako poznati i ranije, u sedamnaestom veku bitno usavršeni.



FOTOINDUKOVANA BIOLUMINISCENCIJA

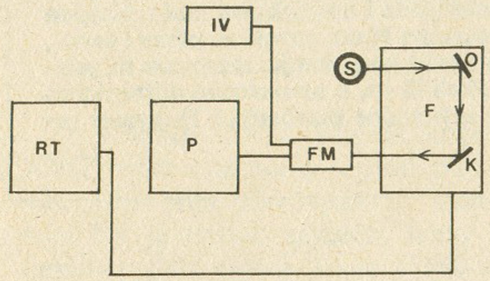
MIRJANA LIVADA (Beograd)

Fotoindukovana bioluminiscencija predstavlja fenomen svetljenja zapažen kod nekih bakterija, algi i viših biljaka, koje neposredno posle osvetljavanja vidljivom svetlošću emituju svetlost u crvenoj oblasti spektra. Ovu pojavu veoma slabog intenziteta otkrili su Streler i Arnold, 1951. godine. Danas se zna da je fotoindukovana bioluminiscencija (FIB) u tesnoj vezi sa procesima fotosinteze, obzirom da se registruje samo kod organizama koji imaju razvijen fotosintetski aparat. Smatra se da je FIB posledica fotohemijskih reakcija koje se odigravaju u membranama hloroplasta, u kojima se nalaze molekuli hlorofila. Molekuli hlorofila sadrže tzv. delokalizovane elektrone (π — *elektroni*): pri apsorpciji kvanta svetlosti ovi elektroni mogu da pređu na viši energetski nivo, pri čemu im spinovi mogu imati suprotan (*singletno stanje*) ili isti smer (*tripletno stanje*). U pobuđenom singletnom stanju, sistem se nalazi veoma kratko vreme (10^{-9} sekunde), a povratak u ravnotežno stanje (nepobuđen energetski nivo — sl. 1) može da se izvrši na više načina; moguć je 1) direktan prelaz uz oslobađanje toplote, 2) prelaz uz emisiju kvanta svetlosti (*fluorescencija*) i 3) prelaz u metastabilno tripletno stanje. Iz tripletnog stanja elektron može da se vrati u osnovno, nepobuđeno stanje, uz emisiju svetlosti (*fosforescencija*), ili da napusti molekul hlorofila i pređe na neko drugo jedinjenje u membrani hloroplasta. Ova migracija elektrona sa molekula hlorofila predstavlja ustvari početak tzv. svetle faze fotosinteze i kao takva je od primarne važnosti za ceo proces fotosinteze.



Slika 1. Energetski nivoi i prelazi između njih. Legenda: S_0 — nepobuđen elektronski nivo; S_1 — pobuđen singletni nivo; T — tripletni nivo; 1, 2 i 3 — rasejavanje energije u vidu toplote; 4 — apsorpcija svetlosti; 5 — fluorescencija; 6 — fosforescencija; 7 — fotoindukovana bioluminiscencija; 8 — fotohemijske reakcije.

Smatra se da između fotoindukovane bioluminiscencije i fluorescencije hlorofila postoji razlika samo u načinu pobuđivanja, iako se o samim mehanizmima odgovornim za pojavu FIB-a još uvek ne zna dovoljno. Zna se, međutim, da su i FIB i fluorescencija hlorofila posledica emitovanja svetlosti sa istog singletnog pobuđenog nivoa molekula hlorofila — dokaz za to su identični emisioni spektri. Ali dok je fluorescencija posledica neposredne apsorpcije svetlosti od strane molekula hlorofila, FIB verovatno nastaje u procesu sekundarnog pobuđivanja ovih molekula.

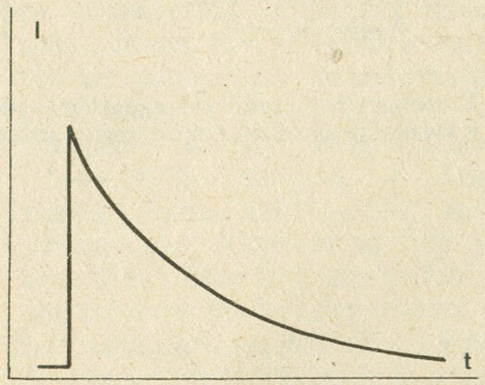


Slika 2. Blok shema aparature za registrovanje fotoindukovane bioluminiscencije. Legenda: S — izvor indukujuće svetlosti; O — ogledalo; K — komora sa objektom i termistorom (V. članak »Merenje temperature termistorom, ovaj broj MF); FM — fotomultiplikator; F — fosforoskop; RT — regulator temperature; P — pisač; IV — izvor visokog napona.

Za registrovanje intenziteta fotoindukovane bioluminiscencije koristi se fosforoskopska metoda, prikazana na sl. 2. Segment lista postavlja se u fosforoskop (mračna komora), u koji ulaze samo zraci indukujuće bele svetlosti od nekog svetlosnog izvora, lampe, na primer. Svetlost pobuđuje određene strukture u membrani hloroplasta, koje kao odgovor na to emituju FIB: obzirom da je ovaj svetlosni odgovor veoma slabog intenziteta, on se jedino može registrovati pomoću fotomultiplikatora, odnosno na pisaču povezanom za fotomultiplikator koji pojačava FIB u odgovarajućem stepenu.

Ukoliko se ispitivani objekt (list) drži prethodno u mraku (duže od 30 minuta), pri njegovom naknadnom osvetljavanju pigmentne strukture membrane hloroplasta emituju svetlost koja se na pisaču registruje u vidu tzv. indukcione krive, prikazane na sl. 3: intenzitet emitovane svetlosti raste po osvetljavanju do određene maksimalne vrednosti (I_m), a zatim počinje da opada po eksponencijalnom zakonu.

Metoda proučavanja mehanizama fotoindukovane bioluminiscencije hlorofila posledica emitovanja svetlosti sa istog singletnog pobuđenog nivoa molekula hlorofila — dokaz za to su identični emisioni spektri. Ali dok je fluorescencija posledica neposredne apsorpcije svetlosti od strane molekula hlorofila, FIB verovatno nastaje u procesu sekundarnog pobuđivanja ovih molekula.

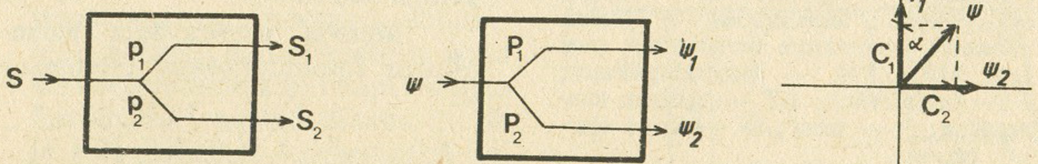


Slika 3. Indukciona kriva fotoindukovane bioluminiscencije. Apscisa: vreme uspostavljanja indukcione krive FIB; ordinata: intenzitet FIB.

scencije indirektno omogućava ispitivanje fotohemijskih procesa na intaktnoj biljci, ne narušavajući pri tome njene normalne fiziološke funkcije, pa se na ovaj način mogu vršiti ispitivanja fiziološkog stanja biljnih organizama u promenljivim uslovima spoljašnje sredine. Na ovaj se način može brzo i efikasno odrediti i stepen otpornosti biljke na spoljašnje uticaje.

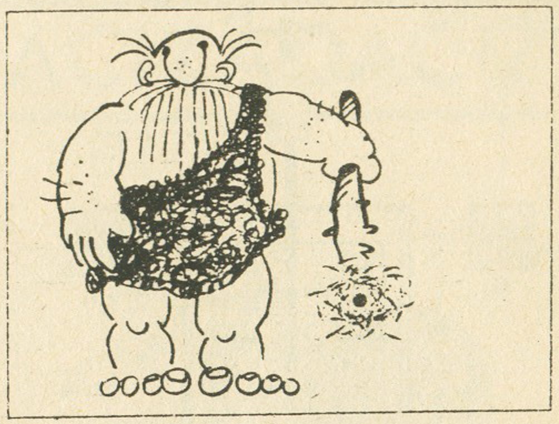
Neposredna praktična primena registrovanja fotoindukovane bioluminiscencije bila bi takođe i pronalaženje optimalnih vrednosti nekih faktora spoljašnje sredine, kao što su temperatura, osvetljenost, vlažnost, fizičko-hemijske osobine tla itd., pri kojima bi došle do izražaja razlike između pojedinih genotipova biljaka.

Kada je umni **Lajbnic** pročitao **Njutnove** »Matematičke principe prirodne filozofije«, napisao je **Hajgensu:** »Ne razumem kako on shvata težinu ili privlačenje. Izgleda da je ona prema njegovom nazoru neka nematerijalna i neobjašnjiva moć«. Hajgens je brzo odgovorio: »Što se tiče uzroka koje gospodin Njutn navodi za plimu i oseku, zadovoljavaju me isto toliko malo kao i sve druge njegove teorije, zasnovane na principu privlačenja koji mi deluje besmisleno«. Hteli ili ne, u savremenim udžbenicima fizike ravnopravno učimo — **Njutnov zakon univerzalne gravitacije** i **Hajgensov princip.**



U prošlom broju omaškom nije odštampana slika 1. (a, b i c) uz članak »Pojam verovatnoće u kvantnoj mehanici«. Objavljujući je naknadno, izvinjavamo se čitaocima i autorima teksta.

IZ ISTORIJE



DŽULOV EKSPERIMENT

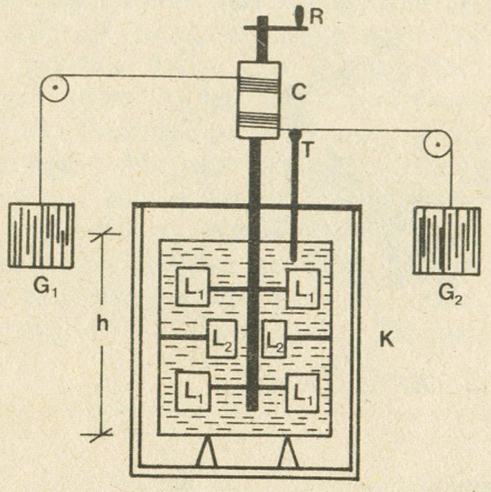
VLADIMIR ADAMOVIĆ (Kučevo)

Krajem XVII i početkom XVIII veka u nauci o toploti pojavila se teorija *flogistona* ili *kalorika* čiji je tvorac nemački lekar i hemičar *Štal Georg Ernst* (1660—1734). Prema toj teoriji, toplota je neka nevidljiva i fluidna supstancija bez težine koja se ne može ni stvoriti ni uništiti. Ovu toplotnu supstanciju naučnici su nazvali flogiston ili kalorik. Zagrevanje tela objašnjeno je prelaskom flogistona iz okolne sredine u telo, a hlađenje prelaskom flogistona iz tela u okolnu sredinu. Tokom XVIII veka nisu svi naučnici prihvatili teoriju flogistona, a među njima možemo pomenuti *Lomonosova* (1711—1765), koji je čak negirao postojanje flogistona.

Među prvima je doveo pod sumnju teoriju flogistona engleski fizičar *Rumford* (1753—1814) koji je izučavao pojave pri bušenju metala svrdlom. Rumford je ukazao na činjenicu da se pri bušenju metala i svrdlo i metal zagreju na račun izvršenog rada. Obaranju teorije o postojanju flogistona dosta je doprineo eksperiment koji je izveo engleski fizičar *Devi* (1778—1829). On je dokazao da se pri trljanju dva komada leda oni tope, iako se nalaze u vakuumu i na temperaturi —2°C. Ovim eksperimentom pokazana je transformacija mehaničkog rada spoljašnjih sila u unutrašnju energiju.

Na osnovu navedenih i njima sličnih činjenica, toplotne pojave su objašnjavane kretanjem molekula u njima. Prvi su otkrili kvantitativne odnose pri transformaciji mehaničkog rada spoljašnjih sila u unutrašnju energiju *Robert Majer* (1814—1878), teorijski, i *Džul Džems Preskot* (1818—1886), eksperimentalno. Eksperiment koji je izveo Džul ušao je u istoriju fizike pod nazivom *Džulov eksperiment*, a biće objašnjen pomoću slike 1 i na osnovu savremenih tumačenja pojava koje se u njemu dešavaju.

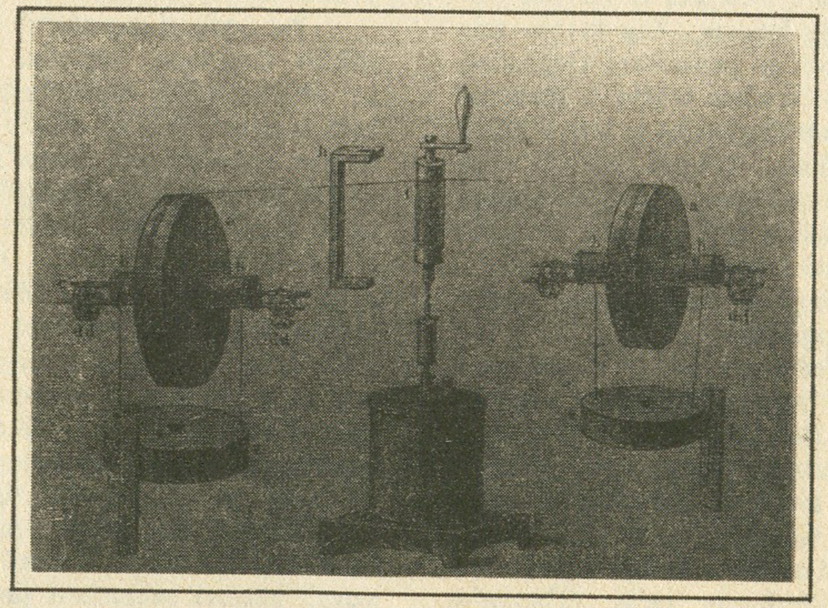
Tegovi, G_1 mase M i G_2 mase M, obešeni su o užad čiji sugornji krajevi prebačeni preko ne-



Slika 1

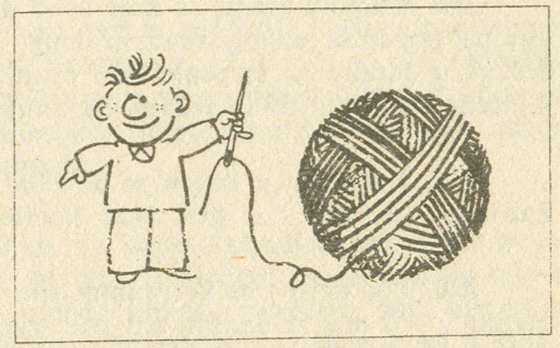
pokretnih koturova i vezani za cilindar *C*. Cilindar se nalazi na osovini čiji je donji kraj smešten u kalorimetar i za nju su pričvršćena dva para lopatica L_1. Pored ovih pokretnih lopatica, u kalorimetru se nalazi i par ili više parova nepokretnih lopatica, L_2. Okretanjem cilindra pomoću ručice *R*, tegovi se podignu na visinu *h*. U kalorimetar *K* naspe se tečnost poznate temperature T_1 i mase *m*. Kada tegovi padnu, pokrenu se lopatice pričvršćene za osovinu i tom prilikom u tečnosti se javlja trenje. Tečnost se zagreje do neke temperature T_2, što se očita na termometru *T*. Promena temperature tečnosti je $\Delta T = T_2 - T_1$.

Rad težine jednog tega na putu *h* iznosi *Mgh*, a pošto su u pitanju dva tega, biće $A = 2Mgh$. Ovaj rad troši se na povećanje unutrašnje energije tečnosti. Promena unutrašnje energije tečnosti je $\Delta U = cm\Delta T$, gde je *c* specifična toplota tečnosti (masena količina toplote) koja je poznata. Izračunavanjem rada *A* i promene unutrašnje energije ΔU, dobija se da je $A > \Delta U$. Očigledno da dolazi do gubitka energije, međutim, kada ne bi bilo gubitaka, onda bi rad bio jednak promeni unutrašnje energije ($A = \Delta U$).



Eksperimentalni pribor Džemsa Džula

ADACIZADACIZADACIZ



KONKURSNI ZADACI

NAGRADNI ZADACI

ZADACI PITANJA

E — ZADATAK

KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

314. Automobil od mesta *A* do mesta *B*, koja su međusobno udaljena 70 km, može da dođe direktno, krećući se prosečnom brzinom $v = 50$ km/h. Međutim, od mesta *A* do mesta *B* može da se stigne i zaobilaznim putem, a kojim automobil može da se kreće najpre 60 km autoputem srednjom brzinom $v_1 = 100$ km/h, a zatim još 25 km lošim putem brzinom $v_2 = 30$ km/h. Kojim putem će automobil brže stići od mesta *A* do mesta *B*?

315. Čovek u automobilu koji se kreće brzinom 15 m/s primetio je da je voz koji se kreće prugom prošao pored njega za 8 s. Pruga se nalazi paralelno pored puta. Dužina voza koji se kreće u suprotnom smeru od smera kretanja automobila je 200 m. Odrediti brzinu voza.

316. Dimenzije jedne cigle su $a = 20$ cm, $b = 10$ cm, $c = 5$ cm, a njena težina je 25 N. Odrediti najmanji i najveći pritisak na ravnu podlogu, koji se može dobiti korišćenjem dve ovakve cigle. Površine cigli mogu biti samo normalne ili paralelne sa podlogom.

317. Da li se korišćenjem tri iste cigle, pomenute u prethodnom zadatku, mogu dobiti pritisci a) $p_1 = 3{,}75$ kPa i b) $p_2 = 2{,}5$ kPa? Pri ovome treba

koristiti sve tri cigle. Ako je to moguće, nacrtati odgovarajuće položaje cigli i izvršiti proračun.

B) Za učenike VII razreda

318. Odrediti vreme za koje će se dečak, koji stoji na pokretnim stepenicama, popeti sa jednog sprata na drugi, ako je poznato da se, pri istoj brzini dečaka u odnosu na stepenice, on penje kada su stepenice nepokretne (isključene) za $t_1 = 120$ s, a kada su uključene za $t_2 = 20$ s.

319. Kamenčić je bačen po površini leda početnom brzinom $v = 20$ m/s. Zaustavio se posle $t = 40$ s. Naći koeficijent trenja između kamena i leda.

320. Pod dejstvom konstantne sile vagon je prešao put $s = 5$ m i dobio brzinu $v = 2$ m/s. Odrediti rad ove sile, ako je masa vagona $m = 400$ kg i koeficijent trenja $\mu = 0{,}01$.

321. Koliki rad treba izvršiti da bi se s jedne na drugu stranu prevrnula kocka mase 5 kg čija je ivica 0,1 m?

322. Odrediti korisnu snagu hidroelektrane, ako pri razlici nivoa od 50 m kroz turbinu u svakoj sekundi prođe 113 m³ vode. Koeficijent korisnog dejstva turbine je 0,90.

C) Za učenike VIII razreda

323. Električni motor za pokretanje lifta priključen je na napon od 220 V. Težina lifta sa teretom iznosi 5,5 kN. Motor lifta podiže lift sa teretom ravnomernom brzinom na visinu od 12 m za vreme od 30 s. Odrediti jačinu struje u namotajima motora, ako se pri tome iskoristi 60% električne energije.

324. Pri proticanju struje jačine 1 A kroz rastvor, na katodi se izdvoji $8{,}05 \cdot 10^{-2}$ g materije. Odrediti elektrohemijski ekvivalent materije, ako je struja kroz rastvor proticala 2 h.

325. Odrediti dužine matematičkog klatna čiji periodi iznose 0,1 s, 1 s i 10 s.

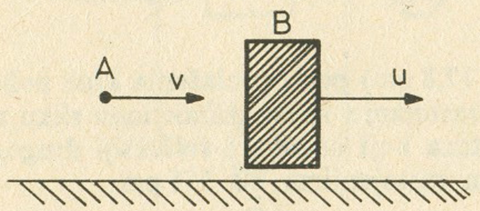
326. Koliko rupa treba izbušiti duž luka datog prečnika rupčaste sirene, da bi se pri obrtanju diska brzinom od 120 obrta u minutu čuo zvuk frekvencije 800 Hz?

327. Kolika je talasna dužina zvuka frekvencije 1020 Hz koji se u vazduhu prostire brzinom od 340 m/s?

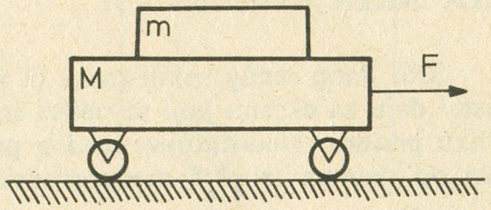
D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

328. Čestica A, koja se kreće brzinom $v = 15$ m/s, udara o masivno telo B, koje se kreće u istom smeru brzinom $v_1 = 10$ m/s (sl. 1). Odrediti brzinu čestice posle udara, ako je poznato da se pri udaru o telo B, kada je ono nepokretno, čestica odbija brzinom koja je po intenzitetu jednaka njenoj brzini pre udara, a smer joj je suprotan.

329. Na kolica mase $M = 20$ kg, na kojima se nalazi telo mase $m = 10$ kg, deluje horizontalna sila F (sl. 2). Koeficijent trenja između tela i kolica je 0,1. Zanemarujući trenje između kolica i podloge, naći ubrzanje kolica a_1 i ubrzanje tela a_2, kao i silu trenja između tela i kolica u dva slučaja: a) $F = 20$ N i b) $F = 60$ N.



Slika 1



Slika 2

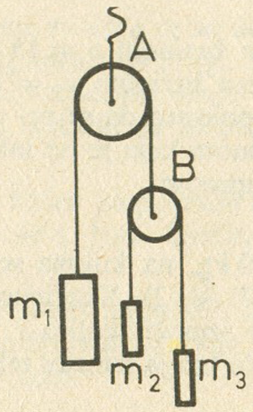
330. Vazdušni balon mase $M = 140$ kg spušta se vertikalno naniže konstantnom brzinom. Kolika je masa tereta (balasta) koji treba izbaciti iz balona da bi se on podizao vertikalno naviše brzinom istog intenziteta kao u prvom slučaju? Sila potiska je jednaka 900 N.

331. Nepokretni kotur je okačen o dinamometar. Preko kotura je prebačen zanemarljivo težak konac na čijim krajevima su zakačeni tegovi masa $m_1 = 0{,}3$ kg i $m_2 = 0{,}5$ kg. Šta pokazuje dinamometar pri kretanju tegova? Trenje između kotura i konca zanemariti.

332. Preko zanemarljivo teškog kotura A prebačen je kanap na čijem je jednom kraju zakačen teg mase $m_1 = 10$ kg, a na drugom zanemarljivo težak kotur B. Preko kotura B je prebačen drugi kanap na čijim krajevima vise tegovi masa $m_2 = 5$ kg i $m_3 = 3$ kg. Kotur A sa svim tegovima okačen je o dinamometar (sl. 3). Odrediti ubrzanje tega mase m_1 i pokazivanje dinamometra.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

333. Odrediti najveći ugao otklona snopa monohromatskih zraka svetlosti talasne dužine 546 nm, koji normalno padaju na difrakcionu rešetku koja ima 10.000 zareza na dužini od 4 cm.



Slika 3

334. Odrediti ugao maksimalne polarizacije pri refleksiji svetlosti od stakla indeksa prelamanja 1,57.

335. Snop rendgenskih zraka ($\lambda = 17{,}8$ pm) posle prolaženja kroz polikristal daje na ekranu koji se nalazi na rastojanju 15 cm difrakcionu sliku u obliku prstena. Naći radijus svetlog prstena koji odgovara refleksiji drugog reda od sistema ravni s međuravanskim rastojanjima od 155 pm.

336. U Jungovom eksperimentu otvori se osvetljavaju monohromatskom svetlošću talasne dužine $6 \cdot 10^{-5}$ cm. Rastojanje između otvora je 1 mm, a rastojanje od otvora do ekrana je 3 m. Odrediti položaje tri prve svetle pruge.

337. Granični ugao potpune unutrašnje refleksije je 45°. Koliki je ugao potpune polarizacije za istu materiju?

F) Za učenike III razreda usmerenog obrazovanja

338. Na slici 4 prikazane su električne šeme za merenje električnog otpora pomoću ampermetra i voltmetra. Po kojoj šemi treba uključiti instrumente da bi se električni otpor tačnije izmerio?

339. Električni otpor bakarnog provodnika na temperaturi od 20°C iznosi 60 oma. Odrediti električni otpor ovog provodnika na temperaturi od —40°C, ako je temperaturski koeficijent otpora za bakar $3{,}9 \cdot 10^{-3}(°C)^{-1}$.

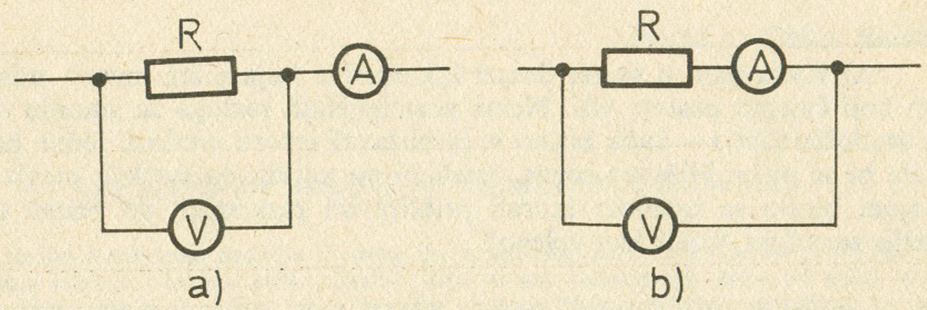
340. Dve elektrolitičke kade vezane su redno. U prvoj se nalazi rastvor $FeCl_2$, a u drugoj rastvor $FeCl_3$. Odrediti mase izdvojenog gvožđa na anodama i hlora na katodama u svakoj kadi pri prolasku količine naelektrisanja $q = 1{,}93 \cdot 10^8$C. Atomska masa gvožđa je $A_1 = 0{,}05385$ kg/mol, hlora $A_2 = 35{,}357 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. Faradejev broj je $F = 9{,}65 \cdot 10^4$ C/mol.

341. Odrediti ukupni reaktivni otpor električnog kola koje se sastoji od redno vezanog kondenzatora čiji je kapacitet $C = 0{,}1$ μF i zavojnice sa induktivitetom $L = 0{,}5$ H pri učestanosti $f = 1$ kHz. Za koju učestanost f_1 je ukupni reaktivni otpor jednak nuli?

342. Napon na krajevima električnog kola sa naizmeničnom strujom menja se sa vremenom po zakonu

$$U = U_0 \sin(\omega t + \pi/6).$$

U trenutku $t = T/12$ trenutna vrednost napona je $U = 10$ V. Odrediti amplitudu napona U_0, kružnu učestanost ω i frekvencu f, ako je period oscilovanja napona $T = 0{,}01$ s. Nacrtati grafik zavisnosti napona od vremena.



Slika 4

G) Za učenike IV razreda usmerenog obrazovanja

343. U sud na čijem se dnu nalazi otvor površine 60 mm² utiče odozgo iz cevi mlaz vode protoka 60 cm³/s. Na kojoj visini će se zaustaviti nivo vode u sudu? Koeficijent kontrakcije mlaza iznosi 0,62.

344. Intenzitet zvuka povećao se 1000 puta. Za koliko se povećala subjektivna jačina zvuka?

345. Puščano tane leti brzinom 200 m/s. Odrediti koliko puta se promenila visina tona zvižduka koji čuje nepokretni posmatrač pored kojeg proleće tane. Brzina zvuka iznosi 333 m/s?

346. Kolika je frekvencija osnovnog tona s jednog kraja zatvorene cevi dužine 1,5 m, ako je ona napunjena vodom? Brzina prostiranja zvuka u vodi je 1,5 km/s.

347. Kolika je brzina prostiranja zvučnih talasa u bakarnoj žici dužine 10 m koja je zategnuta silom 200 N? Masa žice je 50 g.

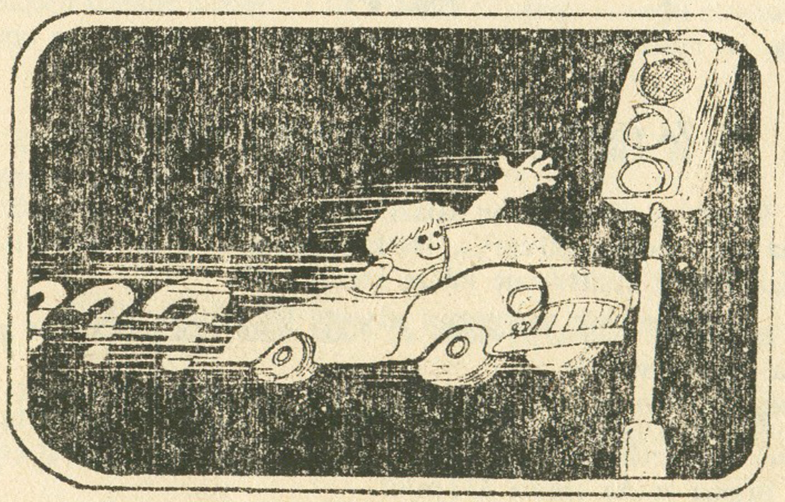
Jablan Dojčilović i
Aleksandar Srećković

NAGRADNI ZADATAK 23

Kako biste odredili polaritet automobilskog akumulatora, koristeći baterijsku lampu, komad žice i kompas?

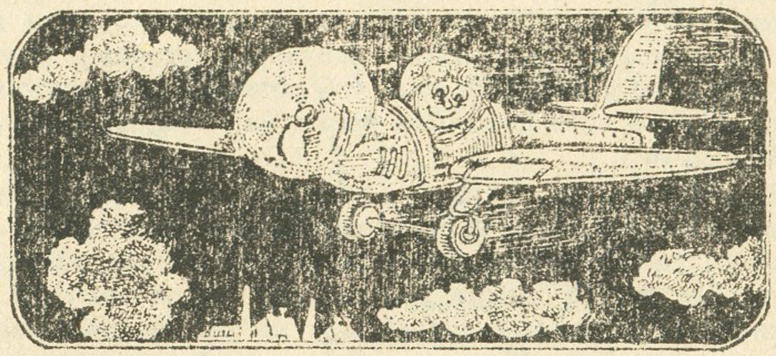
ZADACI PITANJA

A) Kada nam u susret dolazi lokomotiva koja pišti, imamo utisak da ton koji čujemo postaje viši. Nema principijelnih razloga za sumnju da je i sa svetlošću slično — kada bismo se približavali izvoru svetlosti jedne boje, ili kada bi se on približavao nama, imali bismo utisak da svetlost menja boju. Kojom bismo se brzinom morali približavati raskrsnici, da bismo crveno svetlo semafora videli kao zeleno?



B) Ako ste nekada, slučajno, razbili termometar sa živom, verovatno ste primetili da se živa razlila u mnoštvo sitnih gotovo idealno sfernih kapi. Zašto se kapi žive tako pravilno geometrijski oblikuju?

C) Mora li pilot, da bi uspešno procenio visinu iz aviona, da gleda na oba oka?



D) Verovatno ste već popravljali pregoreli osigurač, pošto je neko prethodno izazvao kratak spoj. Da li je bezbednije popraviti osigurač tankom ili debelom žicom?

Priredio: **Dušan Koledin**

UPUTSTVO ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

Rešite konkursne zadatke iz ovog broja *Mladog fizičara* i rešenja pošaljite. Interesantna rešenja i imena svih učenika koji su sve zadatke (ili neke od njih) rešili tačno objavićemo u sledećem broju *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 i ime i prezime nastavnika fizike. Ove podatke uneti u kupon.

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

13.IPHO'82 13.IPHO'82 13.IPHO'82 13.IPHO'82 13.IPHO'82

NAPOMENA: Kao što ste zapazili, u prošlom broju objavljen je neuobičajeno veći broj konkursnih zadataka. Naime, »Mladi fizičar« će i ubuduće objavljivati zadatke za učenike trećeg i četvrtog razreda usmerenog obrazovanja. Shodno tome, ovaj broj časopisa je znatnije opterećen rešenjima konkursnih zadataka, zbog čega ćemo rešenja zadataka sa 13. međunarodne olimpijade iz fizike objaviti u sledećem broju.

ZADATAK 10 E

Jedan od načina eksperimentalnog određivanja električnog otpora provodnika zasniva se na merenju jačine električne struje i napona i primeni Ohm-ovog zakona. Ukoliko se ne izvrši potrebna korektura zbog otpora mernih instrumenata (ampermetra i voltmetra), rezultat je samo približan. Međutim, rezultat u slučaju da se ne vrši popravka zbog unutrašnjeg otpora biće bolji, ukoliko se od dva načina obrazovanja strujnog kola upotrebi onaj koji više odgovara.

Na priloženoj slici pokazan je potreban pribor i oba načina vezivanja elemenata strujnog kola da bi se odredio ukupni otpor jednog reostata. Za isti reostat i korišćenje istog izvora elektromotorne sile pokazana su skretanja kazaljke mernih instrumenata za oba načina vezivanja. Unutrašnji otpor mernih instrumenata naznačen je na postolju instrumenta.

a) Nacrtajte principijelne sheme za ostvarena električna kola 1 i 2.

b) Odredite na osnovu pokazivanja ampermetra i voltmetra otpor otpornika, najpre prema shemi 1, a potom prema shemi 2. Uporedite rezultate.

Čest je slučaj da čitaoci koji šalju rešenje konkursnih zadataka, rešenje nagradnog zadatka 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. Zbog toga je redakcija »Mladog fizičara« odlučila da odštampa poseban kupon u koji treba uneti tražene podatke. **Uz rešenje konkursnih zadataka, rešenje nagradnog zadatka ili odgovore na zadatke pitanja obavezno priložiti i čitko popunjen kupon,** koji treba izrezati. Kupon će uvek biti odštampan tako da se njegovim isecanjem ne oštećuje ni tekst ni slika.

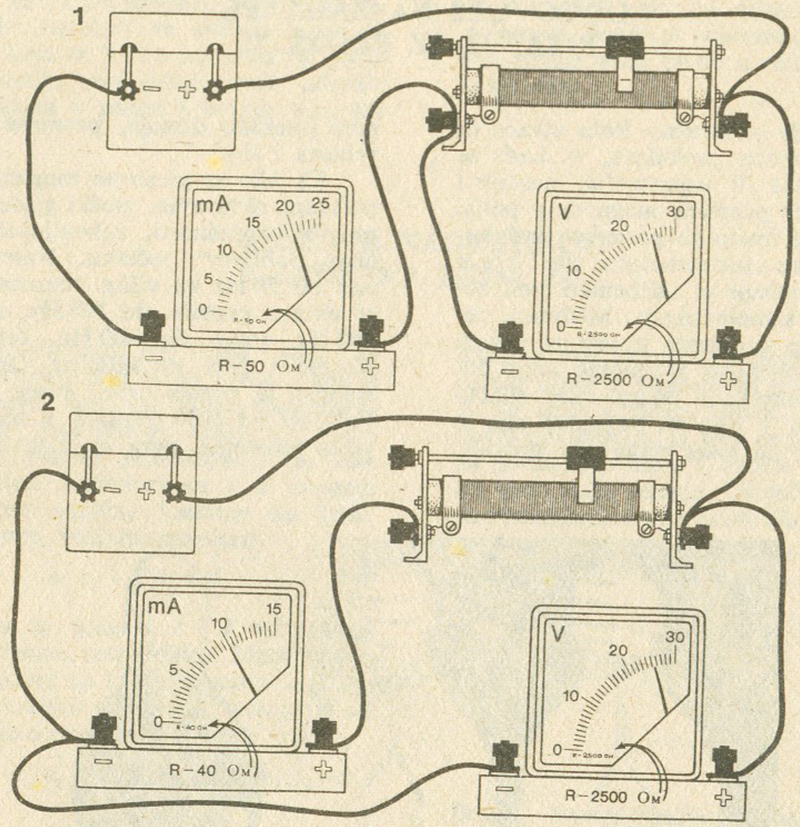
KUPON

UČENIK .....

ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....



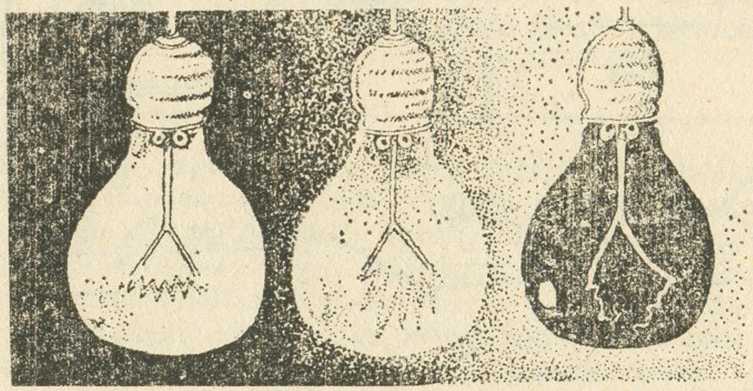
c) Odredite stvarnu vrednost električnog otpora otpornika, uzimajući u obzir unutrašnji otpor instrumenata.

d) Da li biste mogli izvesti zaključak koji način treba primeniti pri merenju otpora metodom ampermetra i voltmetra kod velikih otpora, a koji kod malih, da bi bez uzimanja u obzir otpora instrumenata greška bila minimalna?

Tomislav Petrović

ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 25

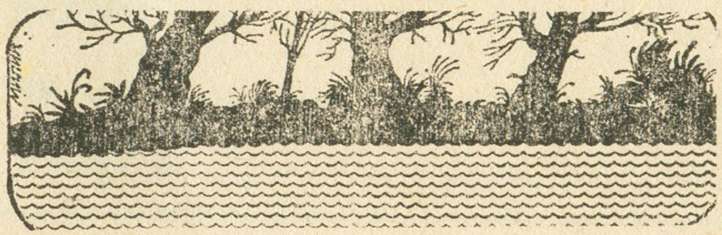
A) Kada se strujno kolo otvara ili zatvara pomoću prekidača, tj. kada se struja prekida ili uspostavlja, nastaju i odgovarajuće promene magnetnog polja. Te promene imaju za posledicu indukovanje izvesne elektromotorne sile i čitava se pojava opisuje u udžbeniku pod naslovom — samoindukcija. Međutim, rešenje našeg problema je već na prvom nivou: promenljivo magnetno polje dovodi do kontrakcije (skupljanja) sijaličnog vlakna i ono se, pogotovo ako je napravljeno od lošeg materijala, prekida.



B) Na telo koje se kreće po krugu deluje centrifugalna sila, saopštavajući mu ubrzanje koje je srazmerno kvadratu njegove linijske brzine, a obrnuto je srazmerno poluprečniku kruga. Čak ako se avion kreće brzinom stalne jačine, ali se, recimo pri obrušavanju, menja njen pravac, u igru će ući to, inače, nelinearno ubrzanje: sa smanjenjem poluprečnika luka, ono će rasti. Izvežban ljudski organizam može, u najboljem slučaju, da izdrži ubrzanja do 17 puta veća od ubrzanja sile Zemljine teže, uspešno podnoseći prateće fiziološke napore (otežano disanje, promene krvnog pritiska i sl.).

C) Ako se glasovne mogućnosti izražavaju oktavama, muški glasovi su po pravilu u prednosti, zahvaljujući isključivo „dubljem" početku. Naime, polazeći od 50 Hz ka višim tonovima, prva se oktava proteže do 100 Hz, druga do 200 Hz, treća do 400 Hz, četvrta do 800 Hz i peta do 1600 Hz. Opseg učestanosti je, prema tome, svega 1550 Hz. Polazeći od 1000 treptaja u sekundi ka višim tonovima, prva se oktava proteže do 2000 Hz, druga do 4000 Hz i treća do 8000 Hz. Otuda, u slučaju izabranog ženskog glasa, opseg učestanosti iznosi čitavih 7000 Hz.

D) Ova pojava, koju opisuje Berov zakon, objašnjava se dejstvom tzv. Koriolisove sile. Naime, u obrtnom sistemu na telo koje se pomera deluje, pored centrifugalne, još jedna sila. Ta sila, nazvana Koriolisovom, zavisi od brzine tela u odnosu na obrtni sistem i od uglovne brzine obrtanja sistema. Tako, zahvaljujući dnevnom obrtanju Zemlje, Koriolisova sila deluje na tela koja se kreću po površini naše planete. Vektorski karakter te sile je takav da na tela koja se kreću po severnoj polulopti Zemlje ona deluje uvek udesno, ako se gleda u smeru kretanja tela, što su u našem pitanju reke. Na južnoj polulopti Zemlje je suprotno: Koriolisova sila deluje uvek ulevo u odnosu na smer toka reke.



REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 22

Pretpostavimo da ribar stoji na pramcu čamca koji se ne kreće. Tada je zbir njihovih impulsa nula. Zanemarujući otpor vode (što je, inače, pri malim brzinama sasvim prihvatljivo), taj zbir mora ostati nepromenjen i u situaciji kada ribar otpočne kretanje ka krmi. Prema tome, možemo napisati

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0,$$

pri čemu se indeksi *1* i *2* odnose na ribara i čamac, respektivno. Množeći obe strane jednačine sa vremenom koje je ribaru potrebno da pređe rastojanje od pramca do krme, dobijamo

$$m_1 v_1 t + m_2 v_2 t = 0 \text{ ili } m_1 S_1 + m_2 S_2 = 0.$$

Otuda je

$$m_2 = -m_1 \frac{S_1}{S_2}.$$

Znak minus ukazuje na činjenicu da se čamac kreće u suprotnom smeru u odnosu na smer kretanja ribara, pa ga možemo zanemariti. U tom izrazu S_1 i S_2 su pomeraji ribara i čamca u odnosu na vodu koja miruje. Uključujući u račun rastojanje l koje pređe ribar u odnosu na čamac, relaciju između S_1 i S_2 možemo prikazati u obliku

$$S_1 = l - S_2.$$

Prema tome,

$$m_2 = m_1 \frac{l - S_2}{S_2}.$$

Dakle, mereći dužinu čamca i njegov pomeraj, možemo izračunati i njegovu masu, s obzirom da je masa ribara poznata.

REŠENJE KONKURSNIH ZADATAKA

280. Srednja brzina atletičara se dobija kada se dužina staze od $s = 100$ m podeli s vremenom $t = 9{,}9$ s : $v = s/t = 100$ m/9,9 s = 10,1 m/s. Sada treba brzinu automobila (uzima se da je to brzina koju pokazuje brzinomer) izraziti u jedinicama m/s; $v_1 = 40$ km/h $= 40 \dfrac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} =$ 11,1 m/s. Vidi se da je brzina automobila veća od brzine atletičara.

281. Vreme prostiranja zvuka do gledaoca u dvorani je

$$t_1 = \frac{s_1}{v},$$

gde je s_1 rastojanje gledaoca od mikrofona (tačnije zvučnika koji se nalazi na bini) i v je brzina zvuka u vazduhu Vreme prostiranja radiotalasa od sale u kojoj se daje koncert do slušaoca pored radioprijemnika je

$$t_2 = \frac{s_2}{c},$$

gde je s_2 rastojanje sale od radioprijemnika i c je brzina prostiranja radiotalasa. Ako gledalac u sali i slušalac pored radioprijemnika slušaju zvuke istovremeno, onda je $t_1 = t_2$, odnosno $s_1/v = s_2/c$. Odavde je udaljenost gledaoca u sali od bine jednaka

$$s_1 = \frac{s_2 v}{c} = \frac{64 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot 340 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 7{,}25 \text{ m}.$$

282. Neka je rastojanje gledaoca od bine s_3, a rastojanje slušaoca od radija s_4. Tada je vreme za koje zvuk stiže do gledaoca $t_3=\frac{s_3}{v}$, a vreme za koje zvuk stiže do slušaoca pored radija $t_4=\frac{s_4}{v}+\frac{s_2}{v}$, gde je s_2 rastojanje koncertne dvorane od radioprijemnika. Kako je prema uslovu zadatka $t_3=t_4$, to je

$$\frac{s_3}{v}=\frac{s_4}{v}+\frac{s_2}{c},$$

odnosno

$$s_4=s_3-\frac{s_2 v}{c}=s_3-s_1=20\text{ m}-7{,}25\text{ m}=$$

$$=12{,}25\text{ m},$$

gde je s_1 — udaljenost gledaoca od bine u prethodnom zadatku.

283. Vreme kretanja čamca uzvodno je

$$t_1=\frac{s}{v_{r1}},$$

gde je s rastojanje od 2 km, a v_{r1} je relativna brzina, odnosno brzina čamca u odnosu na obalu. Relativna brzina u ovom slučaju je jednaka razlici brzine čamca u odnosu na vodu v_2 i brzine reke v_1: $v_{r1}=v_2-v_1$. Tako je $t_1=\frac{s}{v_2-v_1}$.

Vreme kretanja čamca nizvodno je po analogiji

$$t_2=\frac{s}{v_{r2}}=\frac{s}{v_2+v_1}.$$

Ukupno vreme kretanja čamca (u oba smera) je

$$t=t_1+t_2=\frac{s}{v_2-v_1}+\frac{s}{v_2+v_1}=$$

$$=500\,s-125\,s=625\,s$$

Vreme kretanja čamca po jezeru (u oba smera) je

$$t=\frac{2s}{v_2}=400\text{ s}.$$

Vidi se da je za kretanje čamca u reci (u oba smera) potrebno više vremena ($t/t_3=1{,}5625$ puta) nego za njegovo kretanje po jezeru. Pokazuje se da je odnos ovih vremena veći od jedan, odnosno da je vreme t duže od vremena t_3 uvek kada je brzina čamca u odnosu na vodu v_2 veća od brzine proticanja vode u reci v_1.

284. Autobus se kreće jednako ubrzano dok ne postigne brzinu $v=20\frac{\text{m}}{\text{s}}$, a zatim jednoliko. Zato je ukupni pređeni put

$$s=s_1+s_2=\frac{at_1^2}{2}+vt_2,$$

gde su s_1 i s_2 pređeni putevi za vreme ubrzavanja t_1 i za vreme jednolikog kretanja t_2.

Kako je $t_1+t_2=t$, a $t_1=v/a$, to je $t_2=t-v/a$. Na kraju, ukupni pređeni put autobusa se dobija kada se izrazi za t_1 i t_2 zamene u prvu relaciju

$$s=\frac{v^2}{2a}+v\left(t-\frac{v}{a}\right)=vt-\frac{v^2}{2a}=11{,}6\text{ km}.$$

285. Kod jednakoubrzanog kretanja brzina v je data relacijom $v=at$, gde je a ubrzanje, a t je vreme kretanja. Pređeni put aviona po pisti jednak je

$$s=a\frac{t^2}{2},$$

pošto je krenuo iz mira ($v_0=0$). Iz gornjih relacija dobija se da je ubrzanje aviona dato izrazom

$$a=\frac{v^2}{2s},$$

a vreme kretanja aviona po pisti

$$t=\frac{2s}{v}.$$

Zamenom brojnih vrednosti za brzinu i pređeni put dobija se

$$a=8{,}33\text{ m/s}^2\text{ i }t=12\text{ s}.$$

286. Relacije koje povezuju brzinu, pređeni put i vreme pri jednakousporenom kretanju glase

$$v_2=v_1-at\text{ i}$$

$$s=v_1t-a\frac{t^2}{2},$$

gde je a usporenje automobila. Iz prve relacije sledi $a=\frac{v_1-v_2}{t}$. Ako se ovo zameni u drugu relaciju dobija se

$$s=v_1t-\frac{v_1-v_2}{t}\cdot\frac{t^2}{2}=\frac{(v_1+v_2)t}{2}.$$

Tako je vreme kočenja

$$t=\frac{2s}{v_1+v_2}=2\text{ s},$$

a traženo ubrzanje $a=\frac{v_1-v_2}{2s/(v_1+v_2)}=$

$$=\frac{v_1^2-v_2^2}{2\cdot s}=5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

287. Da bismo rešili ovaj zadatak nađimo izraz za brzinu koju je telo steklo, padajući sa visine H bez početne brzine. Znamo da je pri slobodnom padanju, posle vremena t, brzina tela jednaka proizvodu ubrzanja teže i datog vremena: $v=gt$. S druge strane, put s koji telo pređe pri slobodnom padanju jednak je polovini proizvoda ubrzanja teže i kvadrata vremena za koji je dati put pređen: $s=gt^2/2$. Iz prethodna dva izraza, ako zamenimo vreme t iz jednog u drugi izraz, dobijamo zavisnost brzine tela od pređenog puta: $v=\sqrt{2gs}$. U našem slučaju, telo pada sa visine H i pri udaru o zemlju ima brzinu

$$v_2=\sqrt{2gH},\qquad(1)$$

a na polovini visine, odnosno polovini pređenog puta, ima brzinu

$$v_1=\sqrt{gH}.\qquad(2)$$

Kako je količnik priraštaja brzine v_2-v_1 i vremena τ u toku koga je priraštaj nastao jednak ubrzanju (u slučaju slobodnog padanja ubrzanje iznosi g)

$$\frac{v_2-v_1}{\tau}=g,\qquad(3)$$

sledi, smenom 1 i 2 u 3,

$$\frac{\sqrt{2gH}-\sqrt{gH}}{\tau}=g.\qquad(4)$$

Iz poslednjeg izraza dobijamo da je visina sa koje je telo palo (vreme za koje je telo prešlo drugu polovinu puta je $\tau=1$ s)

$$H=\frac{g\tau^2}{(\sqrt{2}-1)^2}=57{,}2\text{m}.$$

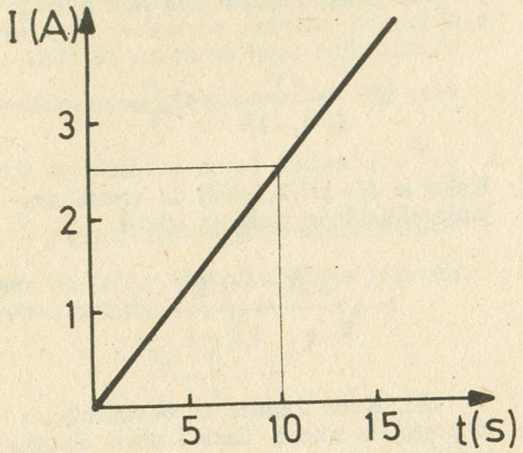
Kako je $H=gt^2/2$, sledi da vreme trajanja slobodnog padanja iznosi

$$t=\sqrt{\frac{2H}{g}}=\frac{\tau\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1}=3{,}4\text{s}.$$

288. Kada Zemlja ne bi rotirala, ne bi postojala smena dana i noći. Znači, prividno kretanje Sunca iznad horizonta uslovljeno je rotacijom Zemlje oko sopstvene ose. Ukoliko bi se, na primer, avion iznad ekvatora kretao u smeru rotacije Zemlje — od istoka ka zapadu — takvom brzinom, da za vreme jedne rotacije Zemlje ($T=24\text{ h}=86400\text{ s}$) takođe izvrši jednu rotaciju, avijatičar ne bi primetio prividno kretanje Sunca iznad horizonta i nalazio bi se stalno nad istom tačkom na Zemlji. Znači, avion treba da za vreme T, krećući se brzinom v, pređe put jednak obimu kružne putanje čiji je poluprečnik $R+H$, gde je $R\cong6400$ km poluprečnik Zemlje a H je visina na kojoj avion leti iznad površine Zemlje: $2(R+H)\pi=vT$. Odavde dobijamo da je potrebno da avion leti brzinom

$$v=\frac{2(R+H)\pi}{T}=466\text{ m/s}.$$

289. Kada je jačina električne struje I stalna, količina elektriciteta q koja prođe kroz poprečni presek provodnika za vreme t jednaka je proizvodu jačine struje i vremena proticanja: $q=It$. Ukoliko se jačina struje ravnomerno menja s vremenom, količina elektriciteta koja prođe kroz poprečni presek provodnika jednaka je proizvodu srednje vrednosti jačine struje I_{sr} za dato vreme proticanja i vremena proticanja struje: $q=I_{sr}t$. Kako je $I_{sr}=(0+2{,}5)/2\text{ A}=1{,}25\text{ A}$, a vreme proticanja $t=10$ s, sledi da je količina elektriciteta $q=I_{sr}\,t=1{,}25\text{ A}\,10\text{ s}=12{,}5\text{ C}$. Sa slike 1 vidi se da je količina elektriciteta brojno jednaka šrafiranoj površini ispod prave linije $I(t)$. Kako je ova površina jednaka površini trougla osnove 10 s i visine 2,5 A sledi:



Slika 1

$$q = \frac{1}{2}\,10\ \text{s}\ 2{,}5\ \text{A} = 12{,}5\ \text{C}.$$

290. Pad napona U između dve tačke A i B jednog dela e'ektričnog kola jednak je proizvodu jačine struje I i otpora R_{AB} između datih tačaka: $U_{AB} = R_{AB} I$. U datom slučaju, zadatak se svodi na nalaženje otpora R_{AB} kada je data dužina l_{AB} ($l_{AB} = 500$ m) provodnika, njegov poprečni presek S ($S = 14\ \text{mm}^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-5}\ \text{m}^2$) i specifičan otpor provodnika ρ (specifičan otpor aluminijuma $\rho = 28\ \text{n}\Omega\,\text{m}$): $R_{AB} = \rho \frac{l_{AB}}{S}$. Znači, pad napona između tačaka A i B provodnika iznosi

$$U_{AB} = R_{AB} I = \rho \frac{l_{AB}}{S} I = 15\ \text{V}.$$

291. Voltmetar vezan između tačaka A i B električnog kola pokazivaće napon jednak razlici elektromotorne sile izvora i napona na otporu R_1: $U = E - R_1 I$. Jačinu električne struje I koja protiče kroz otpornik R_1 možemo naći na osnovu Omovog zakona za celo strujno kolo: $I = E/R_e$, gde je R_e ekvivalentan otpor datog strujnog kola. Otpor voltmetra vezan je paralelno sa redno vezanim otporima R_2 i R_3. Recipročna vrednost otpora ove veze jednaka je zbiru recipročnih vrednosti otpora R_v i zbira otpora $R_2 + R_3$: $1/R_v + 1/(R_2 + R_3)$, tako da je vrednost otpora ove veze $R_v (R_2 + R_3)/(R_v + R_2 + R_3)$. Kako je otpornik R_1 redno vezan sa prethodnom vezom, sledi da je ekvivalentan otpor celog strujnog kola:

$$R_e = R_1 + \frac{R_v (R_2 + R_3)}{R_v + R_2 + R_3} = 500\ \Omega.$$

Jačina struje koja protiče kroz otpornik R_1 iznosi $I = E/R_e = 100\ \text{V}/500\ \Omega = 0{,}2\ \text{A}$. Voltmetar će pokazivati napon $U = E - R_1 I = 100\ \text{V} - 100\ \Omega\ 0{,}2\ \text{A} = 80\ \text{V}$. Primetimo da kada voltmetar nije bio priključen, jačina struje u kolu je bila $I' = E/(R_1 + R_2 + R_3) = 0{,}166\ \text{A}$, a napon između tačaka A i B iznosio je $U' = E - R_1 I' = 83{,}3\ \text{V}$. Znači, u ovom slučaju, voltmetar je pokazao vrednost koja je za 4% manja od vrednosti napona koja je bila između datih tačaka u kolu pre njegovog uključenja.

292. Označimo otpornike koji se priključuju u dato strujno kolo sa R_1 i R_2. Kada su otpornici vezani paralelno, ekvivalentan otpor njihove veze iznosi $R_{e1} = R_1 R_2/(R_1 + R_2)$, a kada su vezani na red ekvivalentan otpor iznosi $R_{e2} = R_1 + R_2$. S druge strane, sledi na osnovu podataka datih u tekstu zadatka da je $R_{e1} = U_1/I_1 = 30\ \text{V}/5\ \text{A} = 6\ \Omega$ i $R_{e2} = U_2/I_2 = 40\ \text{V}/1{,}6\ \text{A} = 25\ \Omega$, tako da je $R_1 R_2/(R_1 + R_2) = 6\ \Omega$ i $R_1 + R_2 = 25\ \Omega$. Rešavanjem poslednje dve jednačine dobijamo da je $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 15\ \Omega$ (ili $R_1 = 15\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$). Kako je elektromotorna sila E jednaka zbiru padova napona na unutrašnjem otporu izvora i pada napona u spoljašnjem delu kola, sledi $E = r I_1 + U_1$ i $E = r I_2 + U_2$. Rešavanjem ovih jednačina dobijamo da je unutrašnji otpor izvora jednak $r = (U_2 - U_1)/(I_1 - I_2) = 2{,}94\ \Omega$. Vrednost elektromotorne sile izvora možemo naći, na primer, iz prve jednačine: $E = r I_1 + U_1 = 44{,}7\ \text{V}$.

293. Snaga koja se oslobađa u spoljašnjem delu električnog kola srazmerna je proizvodu kvadrata jačine struje i otpora u tom delu kola: $P = RI^2$. Pri stalnoj vrednosti ems izvora i pri stalnoj vrednosti njegovog unutrašnjeg otpora r, jačina struje menja se jedino zbog promene otpora u spoljašnjem delu kola. Znači, kada je jačina struje $I_1 = 10\ \text{A}$, a oslobođena snaga $P_1 = 200\ \text{W}$, spoljašnji otpor iznosi $R_1 = P_1/I_1^2 = 200\ \text{W}/10^2\ \text{A}^2 = 2\ \Omega$; kada je jačina struje $I_2 = 15\ \text{A}$, a oslobođena snaga $P_2 = 240\ \text{W}$, spoljašnji otpor iznosi $R_2 = P_2/I_2^2 = 240\ \text{W}/15^2\ \text{A}^2 = 1{,}07\ \Omega$. Na osnovu Omovog zakona primenjenog na celo kolo sledi: $I_1 = E/(r + R_1)$ i $I_2 = E/(r + R_2)$, odnosno $rI_1 + R_1 I_1 = E$ i $rI_2 + R_2 I_2 = E$. Rešavanjem poslednjih jednačina sledi da je unutrašnji otpor izvora ems jednak $r = (R_1 I_1 - R_2 I_2)/(I_2 - I_1) = 0{,}8\ \Omega$. Smenom dobijene vrednosti u jednu od prethodnih jednačina dobijamo da elektromotorna sila izvora iznosi

$$E = rI_1 + R_1 I_1 = rI_2 + R_2 I_2 = 28\ \text{V}.$$

Jačina struje pri kratkom spoju polova izvora ems iznosi

$$I_{ks} = E/r = 28\ \text{V}/0{,}8\ \Omega = 35\ \text{A}.$$

294. Jednačina kretanja prvog tela je

$$v_1 = v_{10} + a_1 t,$$

a drugog

$$v_2 = v_{20} - a_2 t.$$

Rešavanjem gornjih jednačina po vremenu kretanja t dobija se

$$t = \frac{v_{20} - v_{10}}{a_1 + a_2} = \frac{(10 - 2)\ \text{m/s}}{(3 + 2)\ \text{m/s}^2} = 1{,}6\ \text{s}.$$

Iz poslednje relacije može se uočiti da je uvek $v_{20} > v_{10}$, pošto je vreme veće od nule.

295. Visina n-te kuglice iznad podloge je data izrazom:

$$h_n = \frac{1}{2} g t_n^2 = \frac{1}{2} g n^2 \Delta t^2,$$

gde je Δt interval vremena između dva udara. Rastojanje između dve susedne kuglice je

$$h_n - h_{n-1} = \frac{1}{2} g \Delta t^2 [n^2 - (n-1)^2] =$$

$$= \frac{1}{2} g \Delta t^2 (2n - 1).$$

Tada je odnos rastojanja između susednih kuglica jednak

$$\frac{h_{n+1} - h_n}{h_n - h_{n-1}} = \frac{2n + 1}{2n - 1},$$

tj. odnosu susednih neparnih brojeva. U konkretnom slučaju taj odnos iznosi

$$\frac{2n + 1}{2n - 1} = \frac{2 \cdot 20 + 1}{2 \cdot 20 - 1} = \frac{41}{39} = 1{,}051.$$

Odnos rastojanja susednih kuglica od podloge dobija se iz relacije

$$\frac{h_{n+1}}{h_n} = \frac{\frac{1}{2} g (n+1)^2 \Delta t^2}{\frac{1}{2} g n^2 \Delta t^2} = \frac{(n+1)^2}{n^2}.$$

Vidi se da je ovaj odnos jednak odnosu kvadrata susednih celih brojeva, a u konkretnom slučaju $h_{n+1}/h_n = 21^2/20^2 = 1{,}1025$.

296. Relacija koja povezuje linijsku i ugaonu brzinu kružnog kretanja glasi

$$v = \omega \cdot R_1,$$

gde je $R_1 = R_z + h$ udaljenost satelita od centra Zemlje, a h je tražena visina satelita. Kako je $\omega = 2\pi/T$, gde je T period obrtanja, to je

$$v = \frac{2\pi}{T} (R_z + h).$$

Odavde je visina h jednaka

$$h = \frac{vT}{2\pi} - R_z = 21146\ \text{km}.$$

297. Ugaona brzina elektrona data je izrazom

$$\omega = \frac{v}{r} = 4{,}4 \cdot 10^{16}\ s^{-1}.$$

Normalno ubrzanje dobija se iz odnosa kvadrata linijske brzine i poluprečnika kružne putanje elektrona

$$a_n = \frac{v^2}{r} = 9{,}68 \cdot 10^{22}\ \text{m/s}^2.$$

298. Svetli krug će se pojaviti tamo gde osvetljeni otvori uspevaju da se smene, jedan za drugim, za vreme koje je kraće ili jednako $\frac{1}{16}$ sekunde. Pošto se otvori nalaze na međusobnom rastojanju od 1 cm, onda njihova brzina treba da iznosi $v = \frac{1\ \text{cm}}{1/16\ \text{s}} = 16\ \text{cm/s}$. Znači svetli krug će

se videti tamo gde je linijska brzina obrtnog kretanja diska $v \geqslant 16$ cm/s. Iz relacije koja povezuje linijsku i ugaonu brzinu $v = \omega \cdot R$ dobija se

$$R \geqslant \frac{v}{\omega} = \frac{v}{2\pi n} = 5{,}1 \text{ cm},$$

tj. svetli otvori slivaju se u neprekidni svetli obruč na rastojanju koje je veće ili jednako od 5,1 cm od centra diska.

299. Jednačinu harmonijskog oscilovanja izvora možemo predstaviti u obliku

$$y = a \sin \omega t, \qquad (1)$$

gde je y rastojanje čestice koja osciluje (elongacija) od ravnotežnog položaja u trenutku vremena t, a je maksimalno rastojanje od ravnotežnog položaja (amplituda), dok je ω ugaona (kružna) učestanost. Poznato je da je ugaona frekvencija povezana s periodom oscilovanja T, odnosno s frekvencijom ν, relacijom

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu. \qquad (2)$$

Poredeći konkretnu jednačinu oscilovanja $y = 3 \sin (20\pi t)$ s opštom jednačinom harmonijskih oscilacija (1), zaključujemo da je ugaona frekvencija $\omega = 20\pi$, a na osnovu (2) period oscilovanja $T = \frac{2\pi}{\omega} =$ $= 0{,}1$ s. Amplituda oscilovanja iznosi $a =$ $= 3$ cm $= 0{,}03$ m.

Od izvora talas se prostire brzinom u i na rastojanju x od izvora ima elongaciju

$$y = a \sin \omega \left(t - \frac{x}{u} \right). \qquad (3)$$

Kako je $a = 0{,}03$ m, $\omega = 20\pi$, $u = 200$ m/s, $x = 5{,}0$ m, a vreme $t = 0{,}1$ s, sledi da je trenutna elongacija posmatrane tačke na datom rastojanju od izvora

$$y = 0{,}03 \sin 20\pi \left(0{,}1 - \frac{5{,}0}{200} \right) \text{m} =$$

$$= -0{,}03 \text{ m} = -a.$$

Znači posmatrana tačka se u datom trenutku nalazi u amplitudnom položaju, ali u suprotnom smeru od pozitivnog smera računanja.

300. Poznato nam je da je ukupna energija tela koje vrši harmonijsko oscilovanje srazmerna kvadratu amplitude a:

$$E = \frac{1}{2} k a^2.$$

Konstanta proporcionalnosti povezana je s ugaonom frekvencijom ω, odnosno frekvencijom ν, relacijom:

$$k = m\omega^2 = m(2\pi\nu)^2 = 4\pi^2 m \nu^2$$

(m je masa tela). Na osnovu prethodnog sledi da ukupna energija tela koje osciluje harmonijski može da se napiše u obliku

$$E = 2\pi^2 m \nu^2 a^2,$$

što znači da se ona ne menja, ukoliko se amplituda poveća dva puta, a frekvencija u isto vreme smanji dva puta.

301. Brzina prostiranja zvuka u u gasu gustine ρ, pritiska p i datog odnosa specifične toplote pri konstantnom pritisku i konstantnoj zapremini $\varkappa$, određena je izrazom:

$$u = \sqrt{\frac{\varkappa p}{\rho}},$$

na osnovu koga se može odrediti pritisak gasa, ukoliko su ostale veličine poznate. U našem slučaju je $\rho = 1{,}22$ kg/m^3, $\varkappa = 1{,}40$ i $u = 1$ km/2,94 s $= 340$ m/s, tako da pritisak gasa iznosi:

$$p = \frac{u^2 \rho}{\varkappa} = 1{,}007 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \simeq 0{,}1 \text{ M Pa}.$$

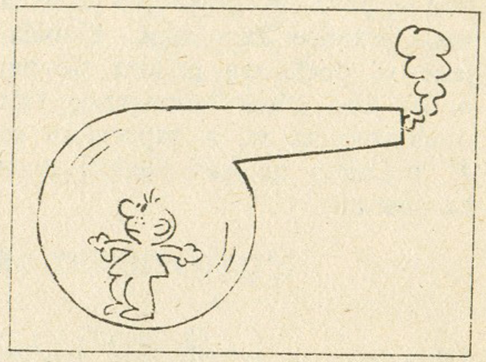
302. Iz razmatranja Doplerovog efekta u akustici za slučaj kada je posmatrač nepokretan, a izvor se kreće brzinom v_i, sledi da se, kada se izvor zvučnih talasa približava posmatraču, frekvencija ν_1 koju posmatrač čuje povećava u odnosu na frekvenciju ν koju emituje zvučni izvor:

$$\nu_1 = \frac{u}{u - v_i} \nu,$$

gde je u brzina prostiranja zvuka u vazduhu. Kada se zvučni izvor udaljava, frekvencija ν_2 koju čuje posmatrač smanjuje se u odnosu na frekvenciju koju emituje izvor:

(Nastavak na str. 27)

UČENIČKA LABORATORIJA



ODREĐIVANJE ZAPREMINSKE MASE HIDROSTATIČKOM METODOM

Gordana Nešković i **Dragan Jovčić** učenici su osmog razreda osnovne škole »**Dragojlo Dudić**« u Malom Mokrom Lugu. Fizika je za njih puna izazova, nauka koja iziskuje čitanje obimne stručne literature. Vele da im »**Mladi fizičar**« dosta pomaže u tome.

Samostalnosti i samoinicijativi pridaje se u njihovoj sredini puno značaja: ispred kabineta za fiziku pažnju nam privlače zanimljive zidne novine »Novosti iz fizike«; u samom kabinetu puno je mernih i demonstracionih kompleta koje su konstruisali sami učenici.

Gordanine, Draganove i uspehe mnogih drugih mladih fizičara iz škole »Dragojlo Dudić« deli sa njima i nastavnik **Cvetan Korunoski**.

Gordana i Dragan ponudili su nam vežbu posvećenu našim najmlađim čitaocima.

Znamo iz iskustva da jednake zapremine različitih supstancija imaju različite mase. Otuda je uveden pojam *zapreminske mase* ili *gustine*. Za homogena tela gustina je, po definiciji, brojno jednaka masi jedinice zapremine. Uobičajeno se obeležava grčkim slovom ρ, pa ako masu homogenog tela obeležimo sa m, a zapreminu sa V, možemo napisati sledeći izraz za gustinu:

$$\rho = \frac{m}{v}.$$

Očevidno, za određivanje gustine homogenog tela potrebna su nam dva podatka: njegova masa i zapremina.

Masu čvrstog homogenog tela mogućno je odrediti pomoću terazija, a zapreminu na osnovu sile potiska koja na njega deluje kada je potopljeno u tečnost.

PRIBOR: Terazije sa tegovima, dinamometar, posuda sa vodom i telo nepravilnog oblika čiju gustinu određujemo.

POSTUPAK: 1. Izmeriti dinamometrom težinu tela u vazduhu, Q_1. Merenje ponoviti tri puta i rezultate zapisati u priloženu tabelu; 2. Izmeriti dinamometrom težinu tela potopljenog u vodu, Q_2. Postupiti kao u prethodnom slučaju; 3. Izračunati silu potiska kao razliku sila Q_1 i Q_2. Rezultate prikazati tabelarno; 4. Zapreminu tela izračunati po obrascu

$$V = \frac{F_p}{g\,\rho_v},$$

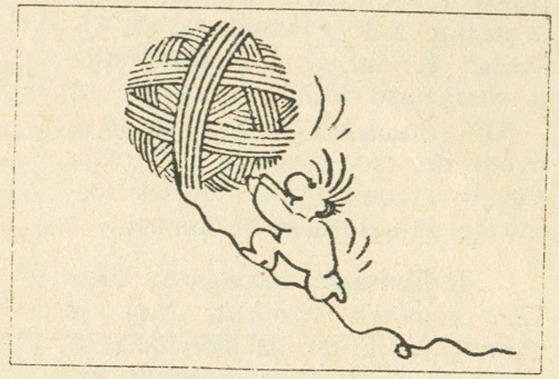
gde je F_p sila potiska, g je ubrzanje Zemljine teže i ρ_v je gustina vode. Rezultate, takođe, pribeležiti u tabelu; 5. Izmeriti na terazijama masu tela, ponavljajući merenje tri puta i rezultate uneti u tabelu; 6. Na osnovu prethodnih podataka i prvog obrasca u ovom tekstu izračunati vrednosti za gustinu; 7. Rezultat prikazati algebarskom srednjom vrednošću, a odgovarajuću gornju granicu apsolutne greške izračunati kao razliku srednje i ekstremne vrednosti serije od tri ponovljena merenja, naime,

$$\rho = (7736{,}0 \pm 0{,}5)\ \mathrm{kg/m^3}.$$

broj merenja	Q_1 (N)	Q_2 (N)	F_p (N)	V (m³)	m (kg)	ρ (kg/m³)
1.	1,1	0,83	0,27	$27 \cdot 10^{-6}$	0,20887	7736,0
2.	1,1	0,84	0,26	$26 \cdot 10^{-6}$	0,20886	7735,5
3.	1,1	0,82	0,27	$28 \cdot 10^{-6}$	0,20888	7736,5

Pripremio: **Tomislav Senćanski**

POKUŠAJTE



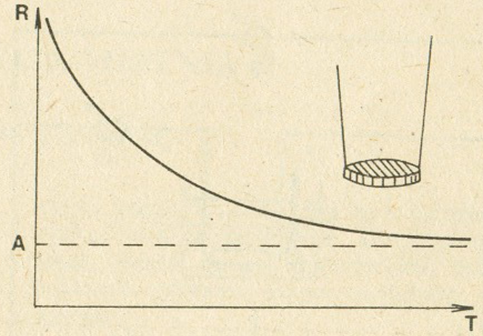
MERENJE TEMPERATURE TERMISTOROM

DUŠANKA ĐOKIĆ-RISTANOVIĆ (Beograd)

Termistori su termometri koji služe za merenje temperature sredine u kojoj se nalaze na osnovu promene omskog otpora materijala od kog su načinjeni. Oni se izrađuju od poluprovodnog materijala. Materijal za izradu termistora je obično presovana smeša oksidâ nikla (NiO), mangana (Mn_2O_3) i kobalta (Co_2O_3). S porastom temperature otpor poluprovodnika se smanjuje (suprotno ponašanju metalnih provodnika). U širem temperaturskom intervalu zavisnost otpora (R) poluprovodnika od apsolutne temperature (T) može da se prikaže eksponencijalnom funkcijom oblika

$$R(T) = Ae^{B/T},$$

gde su A i B konstante koje zavise od prirode materijala od kog je termistor načinjen. Na slici 1. grafički je prikazana zavisnost otpora termistora od temperature. Iz nagiba krive prema temperaturskoj osi vidi se da pri nižim temperaturama male promene temperature izazivaju velike promene otpora (kriva je u tom delu strma), dok pri višim temperaturama ista promena temperature izaziva znatno manju promenu otpora (kriva je skoro paralelna T-osi).



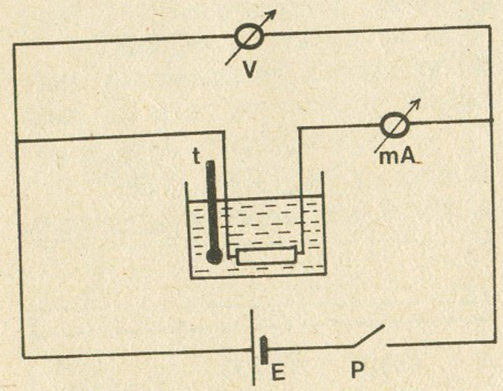
Slika 1.

Ako se otpor termistora, koji se nalazi u sredini čiju temperaturu treba da odredimo, izmeri primenom nekog od metoda za merenje otpora, tada funkcija (1), odnosno grafik na slici 1, može da posluži za određivanje nepoznate temperature.

Termistori se najčešće pave u obliku kuglice ili pločice (telo termistora) iz koje polaze dve žice

preko kojih se termistor povezuje u strujno kolo (umetak na sl. 1). Većina termistora je najstabilnija u temperaturskom intervalu od —60°C do +100°C, tako da se u ovom domenu najčešće i koriste. Van ove temperaturske oblasti termistori se uglavnom ne koriste.

Kalibrisanje termistora. Ukoliko nemamo termistor koji je fabrički kalibrisan za merenje temperature, možemo u školskom kabinetu za fiziku sami da izvršimo kalibraciju termistora kupljenog u prodavnici. Za to je potreban sledeći pribor: termistor, miliampermetar, voltmetar, električni izvor, termometar, posuda za vodu, rešo za grejanje vode i nekoliko provodnih žica za povezivanje ovih elemenata u strujno kolo čija je shema data na slici 2.



Slika 2.

Termistor se potapa u vodu čiju temperaturu merimo živinim termometrom. U eksperimentu menjamo temperaturu (T) vode idući od nižih (počev, na primer, od temperature hladne vode uzete iz česme) ka višim (do 90°C). Za svaku temperaturu vode očitavamo jačinu struje (I) na miliampermetru i napon (U) na voltmetru i primenom Omovog zakona $R=U/I$ izračunavamo omski otpor (R) termistora na datoj temperaturi T. Brojne vrednosti za I, U, R i T sređuju se prema tabeli na slici 3.

Dobijenu tabelu iskoristićemo da grafički prikažemo zavisnost otpora od temperature: na milimetarskom papiru, u pogodnoj razmeri, crtamo krivu $R=f(T)$ prema podacima iz tabele. Dobijena eksperimentalna kriva predstavlja kalibracionu krivu koja omogućuje da datim termistorom izmerimo temperaturu bilo kog tela pod uslovom da je ona između minimalne i maksimalne temperature vode korišćene pri kalibraciji termistora.

Pri realizaciji strujnog kola na sl. 2. treba ove elemente prilagoditi termistoru koji je kupljen u prodavnici. Omski otpor termistora na sobnim temperaturama iznosi od nekoliko kilooma do nekoliko desetina kilooma. Kao izvor struje može da posluži ispravljač (napon na izlazu od 10 V) ili sekundarni kalem transformatora električnog zvona (eksperiment, dakle, može da se izvede uz korišćenje i naizmenične struje!). Merne opsege voltmetra i miliampermetra biramo tako da u toku čitavog eksperimenta kazaljke ovih instrumenata budu iznad podeljaka koji se nalaze na zadnje dve trećine skale.

Merenje temperature sredine. Posle završene kalibracije izvlačimo termistor iz vode, dok svi ostali elementi kola ostaju i dalje povezani kao na sl. 2.

Termistorom dodirujemo telo čiju temperaturu želimo da izmerimo. Na primer, ako hoćemo da izmerimo temperaturu naše kože na prstima uhvatićemo telo termistora između dva prsta. Kad se između prstiju i tela termistora uspostavi toplotna ravnoteža, kazaljke miliampermetra i voltmetra mirovaće iznad određenih podeljaka skala. Očitamo I i U i pomoću njih i Omovog zakona izračunavamo odgovarajući omski otpor (R) termistora. Ovu vrednost za R nanosimo na ordinatnu osu kalibracionog grafika i na osnovu kalibracione krive pročitamo na apscisnoj osi vrednost temperature.

I /A/	U /V/	R /Ω/	T /°C/

Slika 3.

OBRADA REZULTATA MERENJA II

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

C) Zapisivanje rezultata

Ukoliko je »prava vrednost« fizičke veličine koju merimo X, a njena izmerena vrednost x, onda je gornja granica apsolutne greške Δx (u daljem tekstu samo *greška*) definisana nejednakošću

$$\Delta x \geq |X - x|. \qquad (11)$$

Ekvivalentan zapis prethodne relacije je

$$x - \Delta x \leq X \leq x + \Delta x, \qquad (12)$$

kao i simbolički prikaz

$$X \in [x - \Delta x,\ x + \Delta x]. \qquad (13)$$

Očevidno, zapisivanje eksperimentalnog rezultata na jedan od tri prethodna načina nije pogodno za efikasnu laboratorijsku primenu. Zbog toga se u laboratorijskoj praksi pribegava konvencionalnom, mada strogo matematički nekorektnom prikazu eksperimentalnog rezultata:

$$X = x \pm \Delta x. \qquad (14)$$

Prema tome, »jednakost« (14) treba razumeti samo kao sporazumno prihvaćenu skraćenicu za jedan od tri korektna zapisa eksperimentalnog rezultata — (11), (12) ili (13). Ovim se, ujedno, objašnjava smisao navodnika s početka teksta: »prava vrednost« fizičke veličine koju merimo je bilo koja vrednost iz intervala definisanog greškom oko izmerene vrednosti.

Ukoliko je merenje fizičke veličine ponovljeno više od trideset puta (dakle, u domenu važenja Gausove ras-

podele), a za merilo greške je izabrana standardna devijacija (formula (4), MF 25, str. 30), rezultat se najčešće prikazuje jednakošću

$$X = \bar{x} \pm 3\,\sigma, \qquad (15)$$

gde je $\bar{x}$ aritmetička srednja vrednost, a σ je standardna devijacija. Interval oko srednje vrednosti definisan na ovaj način, tj. $[\bar{x}-3\sigma,\ \bar{x}+3\,\sigma[$, karakteriše se verovatnoćom od 99,7%. Ilustracije radi, od 370 vrednosti ponovljenih merenja samo bi jedna mogla da bude van tog intervala.

Formalno slično, ukoliko je merenje fizičke veličine ponovljeno više od trideset puta, a za merilo greške je izabrana tzv. standardna greška (formula (6), MF 25. str. 30), rezultat se prikazuje jednakošću

$$X = \bar{x} \pm 3\,s \qquad (16)$$

gde je s upravo standardna greška.

Ukoliko je merenje fizičke veličine ponovljeno manje od trideset puta, a greška je definisana formulom (8) (MF 25, str. 31), verovatnoća kojom se karakteriše interval oko srednje vrednosti zavisi od izbora indeksa p Studentovog korekcionog faktora $t_p\,(N-1)$.

D) Približni brojevi

Numeričko izražavanje uopšte, a otuda i u fizici, nužno je vezano za približne vrednosti. Do približnih vrednosti najčešće dolazimo merenjem. Naime, bez obzira na karakteristike mernih uređaja, eksperimentalni podaci uvek sadrže greške. Ponekad se u formulama javljaju iracionalni brojevi (e, π i sl.) sa kojima se u konačnim izračunavanjima ne može raditi drukčije nego pomoću njihovih približnih vrednosti. Najzad, ako u datom problemu veća tačnost nije neophodna ili nije mogućna, umesto vrednosti s konačno mnogo decimala uzimaju se približne vrednosti, zaokrugljene na manji broj decimala.

D1) *Značajne, sigurne i nesigurne cifre.* Bilo koji broj A u dekadnom sistemu može se prikazati na sledeći način

$$A = \pm(q_m\,10^m + q_{m-1}\,10^{m-1} + \cdots + q_{m-n+1}\,10^{m-n+1} + \cdots),$$

gde su q_m, q_{m-1} itd. cifre smeštene na odgovarajućim mestima (dekadnim razredima) broja A, a m je eksponent najvišeg dekadnog razreda A. U opštem slučaju, razume se, A se može sastojati od beskonačno mnogo cifara.

Ako prekinemo broj A u nekom razredu (npr. $m-n+1$), dobiće se približni broj a sastavljen od *n značajnih cifara*. Prema tome, značajnim ciframa bilo kog broja nazivaju se cifre 1, 2,... 9, dakle sve one koje čine taj broj, a takođe i nula ako se nalazi u sredini ili na njegovoj desnoj strani. Ako je nula (ili nule) na desnoj strani broja, ona odgovara nultim vrednostima q_i u tačnom broju A, ili u približnom broju a. Nule kojima se označava dekadni razred ne smatraju se značajnim ciframa. Zbog toga se preporučuje zapisivanje približnih brojeva samo pomoću značajnih cifara. To se izvodi na sledeći način. Neznačajne nule, koje označavaju dekadne razrede, smeštene na desnoj ili levoj strani zadanog broja prikazuju se u obliku celih pozitivnih ili negativnih eksponenata broja deset. Na primer, gravitacionu konstantu pisaćemo u obliku $6{,}670 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{Nm^2/kg^2}$, što znači da je značajna cifra poslednja nula sa desne strane.

Prvih n dekadnih cifara približnog broja naziva se *sigurnim* ako apsolutna greška tog približnog broja ne premašuje 0,5 jedinice najnižeg sačuvanog razreda, dakle ako je

$$|A - a| < 0{,}5 \cdot 10^{m-n+1}.$$

U protivnom cifra je *nesigurna* ili *sumnjiva*.

Neka su merenjem mase nekog tela dobijeni rezultati pet merenja: $m_1 = 5{,}24$ g, $m_2 = 5{,}27$ g, $m_3 = 5{,}23$ g, $m_4 = 5{,}25$ g i $m_5 = 5{,}27$ g. U svim ovim rezultatima prve dve cifre se stalno ponavljaju, dok se treća cifra menja od merenja do merenja. Cifre koje se u rezultatima merenja ne menjaju nazivaju se sigurnim ciframa rezultata. One cifre koje se od merenja do merenja menjaju zovu se nesigurne ili sumnjive. Rezultat merenja izražava se pomoću svih sigurnih i najviše jedne (prve) nesigurne cifre. Naime, ako se u rezultatu pojavljuje više nesigurnih cifara, prva se zadržava a ostale odbacuju. Pri odbacivanju nesigurnih cifara rezultat se zaokrugljuje.

D2) *Pravila zaokrugljivanja brojeva.* Ukupno ih je četiri: 1) ako je prva od cifara koja se odbacuje manja od 5, cifre koje se zadržavaju ostavljaju se nepromenjenim; 2) ako je prva od cifara koje se odbacuju veća od 5, poslednja od cifara koja se zadržava povećava se za 1; 3) ako je prva od cifara koja se odbacuje tačno 5 a ostale koje slede nisu sve nula, poslednja od cifara koja se zadržava povećava se za 1; 4) ako je prva od cifara koja se odbacuje 5 a ostale koje dolaze posle nje su sve nula, sve cifre koje se zadržavaju ostavljaju se nepromenjenim ukoliko je poslednja koja se zadržava parna, a ukoliko je ona neparna, treba je uvećati za 1.

D3) *Određivanje broja značajnih cifara vrednosti funkcije.* Pretpostavimo da se meri veličina koja je funkcija više nezavisno promenljivih direktno merenih veličina i da su rezultati merenja (brojevi sa kojima treba računati) dobijeni sa različitim brojem sigurnih cifara. Tada je potrebno te brojeve prethodno zaokrugliti na jednu sigurnu cifru više nego što ih ima broj među njima sa najmanje sigurnih cifara. Takva cifra se zove *zaštitna*. Kada su uključeni podaci sa veoma neujednačenim brojem sigurnih cifara, ponekad se uzimaju i dve sigurne cifre više. Pošto se naznačene računske operacije obave, dobijeni rezultat se zaokrugli na onoliko sigurnih cifara koliko ih ima uočeni približni broj ili na jednu cifru više.

Sledeći primer ilustrovaće prethodno, a ujedno i ne tako retku nepravilnu primenu džepnih kalkulatora. Naime, broj sigurnih cifara u rezultatu merenja posledica je tačnosti mernog pribora, a ne velikog broja decimalnih mesta na displayu kalkulatora ili naše upornosti u računanju. Na primer, merenjem smo došli do podatka za poluprečnik kapilare $r = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ m, gustinu tečnosti $d = 680\ \mathrm{kg/m^3}$ i visinu tečnog stuba u kapilari $h = 2{,}1 \cdot 10^{-2}$ m. Koeficijent površinskog napona tečnosti određuje se po formuli $T = rdhg/2$, gde je g ubrzanje Zemljine teže koje za odgovarajuću geografsku širinu iznosi $9{,}806\ \mathrm{m/s^2}$. Podaci za r, d, h i g dati su, dakle, sa sledećim brojem sigurnih cifara: 2, 3, 2 i 4, respektivno. Ako se radi bez kalkulatora, pre početka računanja potrebno ih je zaokrugliti na tri sigurne cifre, pa će biti $r = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ m, $d = 680\ \mathrm{kg/m^3}$, $h = 2{,}10 \cdot 10^{-2}$ m i $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$. Ako radimo sa kalkulatorom, možemo direktno, bez zaokrugljivanja, sprovesti račun. U prvom slučaju dobijamo $17{,}51085 \cdot 10^{-3}$ N/m, a u drugom $17{,}50371 \cdot 10^{-3}$ N/m. U oba slučaja je rezultat merenja $17{,}5 \cdot 10^{-3}$ N/m. Međutim, ako smo izračunali grešku i dobili $\Delta T = 0{,}833 \cdot 10^{-3}$ N/m, možemo pisati rezultat u formi:

$$T = (17{,}5 \pm 0.9) \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N/m},$$

dakle sa jednom nesigurnom cifrom. Svakako rezultat ne treba pisati u obliku: $T = (17{,}51085 \pm 0{,}833851) \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N/m}$.

D4) *Majoriranje greške.* U ovom odeljku biće opisan alternativni način određivanja broja značajnih cifara vrednosti funkcije, a ujedno i postupak majoriranja greške. Naime, broj značajnih cifara rezultata ekvivalentno je određen i dekadnim razredom greške koja se uvek svodi na jednu značajnu cifru. Postupak svođenja greške na jednu značajnu cifru označava se kao »majoriranje greške«.

Na primer, neka kalkulatorom izračunate vrednosti posredno merene veličine i njene greške iznose 1,327500 i 0,0025000 odgovarajućih jedinica, respektivno. U rezultatu merenja cifre 1, 3 i 2 su sigurne, jer se greške ne pojavljuju na mestima odgovarajućih dekadnih razreda. Po tom kriterijumu cifra 7 je nesigurna, pa se prema opisanom postupku rezultat zaokrugljuje na vrednost 1,328 odgovarajućih jedinica. Svođenje greške na jednu cifru (njeno majoriranje) sastoji se od dva koraka: prvo, greška se zaokrugli na jednu značajnu cifru, što u navedenom primeru iznosi 0,002, a zatim se ova uveća za jedan, što je konačno, 0,003 odgovarajućih jedinica. Rezultat se zapisuje u obliku:

$u = (1{,}328 \pm 0{,}003)$ odgovarajućih jedinica.

Drugi primer će ponovo ilustrovati majoriranje greške i zaokrugljivanje rezultata merenja, ali će i ukazati na činjenicu da se rezultat, odnosno greška ne moraju završavati na mestu dekadnog razreda iza decimalnog zareza. Naime, neka je izračunata vrednost posredno merene frekvencije 1036 Hz, a njena greška neka je 48 istih jedinica. U rezultatu merenja očito je 3 prva nesigurna cifra pa, prema prethodnom, zaokrugljivanjem na mestu njenog dekadnog razreda dobijamo 1040; zaokrugljivanjem greške na mestu istog dekadnog razreda dobijamo 50, a nakon majoriranja petice za 1 konačno dobijamo 60. Prema tome, rezultat zapisujemo u obliku

$$u = (1040 \pm 60)\mathrm{Hz}.$$

BIBLIOTEKA »MLADOG FIZIČARA«

Pjotor Leonidovič Kapica: EKSPERIMENT, TEORIJA, PRAKSA
Biblioteka »Saznanje«, Radnički univerzitet »Radivoje Ćirpanov«, Novi Sad, 1980.

Pjotor Leonidovič Kapica je naučnik širokog opusa. Kao veliki eksperimentator dao je ogroman doprinos razvoju fizike magnetnih pojava, elektronike, fizike plazme, fizike i tehnike niskih temperatura i kvantne fizike kondenzovanog stanja.

Za svoj rad u oblasti fizike Pjotor Leonidovič Kapica je dobio Nobelovu nagradu 1978. godine.

U prvom delu ove knjige nalaze se referati, predavanja i članci u kojima Kapica govori o svom radu na jakim magnetnim poljima, o konstruisanju uređaja koji služi za prevođenje helijuma u tečno stanje, o ogledima koji su doveli do otkrića superfluidnosti helijuma. U ovom delu je članak o prirodi loptaste munje. Nalaze se i predavanja o magnetizmu, kao i referat o energiji i fizici.

U drugom delu su referati o stvaranju Instituta za fizičke probleme u SSSR-u i o organizaciji rada u Institutu.

U trećem delu Kapica posvećuje veliku pažnju vaspitanju omladine i njihovom opredeljenju za stvaralački rad.

Četvrti deo nam daje primere zadataka na prijemnim ispitima za studente fizike.

Peti deo je posvećen velikom naučniku i Kapičinom prijatelju Ernestu Raderfordu.

U šestom delu su članci koji su posvećeni istaknutim naučnicima.

U sedmom poglavlju knjige nalaze se Kapičina javna istupanja o razvoju ljudskog društva, naročito o aktuelnim pitanjima kao što su borba za razoružanje, problem zagađivanja čovekove sredine, ekološka kriza.

*

Pavle Savić: »OD ATOMA DO NEBESKIH TELA«
Biblioteka »Saznanje«, Radnički univerzitet »R. Ćirpanov«, Novi Sad, 1978.

Ova knjiga je namenjena širokom krugu čitalaca. Autor u knjizi iznosi originalnu koncepciju o uticaju strukture atoma na osobine njihovih velikih skupljanja, kao i o nastanku rotacije velikih masa, nebeskih tela. On je prvi naš naučnik koji je postavio pitanje o poreklu rotacije nebeskih tela.

U prvom delu knjige razmotrena je struktura atoma, pri čemu je znatna pažnja posvećena strukturi elektronskog omotača i njegovom značaju za formiranje osobina materijala.

Drugi deo knjige obuhvata ponašanje materijala pod visokim pritiskom.

Knjiga se završava razmatranjem problema nastanka nebeskih tela.

U ovoj knjizi dati su podaci o Mesecu, Zemlji i Suncu.

Zabeležio: **P. Vuca**

ZANIMLJIVE BELEŠKE

Životopisi mnogih slavnih fizičara nedvosmisleno ukazuju na činjenicu da se duhovno bogatstvo velikih ljudi ne svodi na poznavanje samo određene nauke, već mnogo češće na poznavanje filozofije, umetnosti i ljudi. Zato je fizičar Lihtenberg bio u pravu kada je govorio: „Onaj ko razume samo fiziku, ne razume ni nju".

* * *

„Moderna nauka je kći divljenja i radoznalosti, koji su za nauku uvek predstavljali glavnu motornu snagu ... Za naučni progres može da se u velikoj meri zahvali osećanjima. Kada ga ima, to je pouzdan znak da su ljudi voleli i da vole nauku".

Luj de Brolj

* * *

Atomski fizičar D. Frank je pisao: „Da bi se postigli vrhunski naučni rezultati potrebno je ne samo mnogo obdarenosti, već takođe i mnogo čvrstine karaktera, strpljenja, pravdoljubivosti i sposobnosti da se shvati stvarna suština problema i da se na nju koncentriše sva pažnja".

* * *

Veliki naučnici bili su istovremeno i skromni ljudi. Kada su Pjeru Kiriju saopštili da je odlikovan, on je odgovorio: „Molim vas, budite ljubazni i prenesite gospodinu ministru moju zahvalnost i obavestite ga da mi orden nije potreban, ali da mi je veoma potrebna laboratorija".

REŠENJE ZADATKA 9 E

Pošto potreban pribor za rešavanje ovog eksperimentalnog zadatka čine nonijus, hronometar i čaša, to se rešenje mora zasnivati na merenju količine vode u napunjenom sudu i vremena potrebnog za punjenje. Između brzine isticanja vode iz slavine, količine vode u sudu i vremena za koje se sud napuni mora postojati određena zavisnost. Očigledno, brzina je veća kada je kraće vreme punjenja. Poznavanje fizike omogućiće nam da odredimo brzinu v kojom voda ističe iz slavine.

Iz dinamike fluida, tačnije iz hidrodinamike, poznato nam je da se zapreminski protok, tj. količina tečnosti koja prođe kroz dati presek u jedinici vremena, naziva i jačinom ili intenzitetom strujanja i definiše izrazom

$$i = V/t, \qquad (1)$$

gde je V zapremina tečnosti koja prođe kroz dati presek u jedinici vremena, a t je vreme za koje ističe tečnost zapremine V.

Poznato je, takođe, da je tečnost gotovo nestišljiva i da svi njeni delići pri prolazu kroz isti presek S imaju istu brzinu v. Za vreme t svaki od njih prelazi put $l = vt$. Količina vode koja prođe kroz presek ima zapreminu $V = Sl = Svt$. Ako se ovaj izraz za V smeni u (1), dobija se

$$i = Sv. \qquad (2)$$

Iz (1) i (2) sledi izraz za brzinu isticanja tečnosti

$$v = V/St. \qquad (3)$$

Merenjem dijametra čaše D kao i visine čaše H datim nonijusom može se izračunati zapremina V. Dijametar mlaza vode, odnosno unutrašnji prečnik slavine d takođe se određuje nonijusom, a zatim izračunava poprečni presek S.

Zamenom $V = D^2\pi H/4$ i $S = d^2\pi/4$ u izrazu (3), dobija se

$$v = (D/d)^2 \cdot H/t.$$

Rezultat pokazuje da brzina isticanja zavisi samo od kvadrata dijametra slavine. Dijametar čaše, naravno, nema nikakvog uticaja na brzinu isticanja vode iz vodovodne slavine.

Do potpunijeg saznajnog prodora u strukturu materije, fizika je operisala sa mnogim »**nemerljivim**« **veličinama**: uzimalo se da je neko telo sagorljivo zato što sadrži **flogiston**; verovalo se da pore tela ispunjava **kalorik** koji čini da tela budu hladna ili topla; bilo je pokušaja da se pomoću tzv. **korpuskula** objasni svetlost, a pomoću **električnog fluida** da se objasne električna sadejstva; najzad, dugo se u fizici koristio **etar** za koji se verovalo da ispunjava ceo prostor, prenosi svetlost i služi u bezbrojne druge svrhe.

*

Govoreći o Plankovoj teoriji zračenja, **Lorenc** je izjavio: »U toj teoriji, nesumnjivo, ima dosta istine. Međutim, ona ni u kom slučaju ne može poslužiti u razotkrivanju pojave toplotnog zračenja; mora se, takođe, priznati da je veoma teško naći opravdanje za tvrđenje o diskretnoj prirodi energije. . .«

ČITAOCIMA I SARADNICIMA UREĐIVAČKI ODBOR ČASOPISA „MLADI FIZIČAR“ ŽELI SREĆNU NOVU GODINU

(Nastavak sa str. Z224)

$$\nu_2 = \frac{u}{u + v_i}\,\nu.$$

Iz prethodna dva izraza sledi

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{u + v_i}{u - v_i},$$

odakle nalazimo brzinu kretanja izvora (aviona)

$$v_i = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 + \nu_2}\,u = 270 \text{ m/s}.$$

303. Kontura sastavljena od zavojnice induktiviteta L i kondenzatora kapaciteta C rezonira pri frekvenciji $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, odnosno talasnoj dužini $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$, gde je $c = 3\cdot 10^8$ m/s brzina prostiranja elektromagnetnih talasa. Znači rezonanca se ostvaruje (pri zadanoj vrednosti L i λ) za vrednost kapaciteta

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}.$$

Kako je kapacitet ravnog kondenzatora sa pločama površine S, razmakom između ploča d i dielektričnom propustljivošću sredine između ploča ε jednak

$$C = \varepsilon\frac{S}{d} = \varepsilon_0\varepsilon_r\frac{S}{d}$$

($\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ F/m je apsolutna dielektrična propustljivost vakuuma, a ε_r je relativna dielektrična propustljivost sredine), sledi

$$\varepsilon_r = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} = \frac{\lambda^2 d}{4\pi^2 c^2 L\,\varepsilon_0 S} \cong 6.$$

304. Na osnovu Gausove teoreme lako se dolazi do izraza za jačinu električnog polja tanke metalne ploče:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

gde je σ površinska gustina naelektrisanja. Površinska gustina naelektrisanja je jednaka količini naelektrisanja po jedinici površine, $\sigma = q/S$, pa je jačina električnog polja

$$E = \frac{q}{\varepsilon_0 S} = 2{,}5\cdot 10^7\,\frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Smer električnog polja je normalan na površinu ploče. Kao što se vidi, jačina

električnog polja koje potiče od naelektrisane tanke metalne ploče ne zavisi od udaljenosti tačke u kojoj se traži polje. Naravno, ovo važi pod uslovom da je ta udaljenost mala u poređenju sa dimenzijama metalne ploče i da je tačka u kojoj se polje traži u blizini normale koja prolazi kroz težište ploče.

305. Polarizabilnost atoma se izražava preko formule

$$\alpha = \frac{p}{\varepsilon_0 E},$$

gde je p indukovani električni moment atoma, a E je jačina električnog polja u kome se atom joda nalazi. Jačina električnog polja E koje je izazvano α-česticom data je relacijom

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}.$$

Zamenom ovog izraza u relaciju za polarizabilnost dobija se

$$\alpha = 4\pi r^2 \cdot \frac{p}{q} = 5{,}9 \cdot 10^{-30}\ \mathrm{m}^3.$$

306. Električni kapacitet pločastog kondenzatora dat je izrazom

$$C_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{d},$$

gde je S površina kondenzatorskih ploča, a d je razmak između ploča. Količina naelektrisanja na kondenzatorskim pločama jednaka je

$$q_0 = C_0 \cdot V = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \cdot V = 2{,}39 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{C}.$$

Unošenje dielektrika, koji zauzima celu zapreminu kondenzatora, menja njegov kapacitet:

$$C = \varepsilon_r C_0,$$

gde je ε_r relativna dielektrična propustljivost dielektrika ($\varepsilon_r = 4{,}8$). Promena kapaciteta izaziva promenu u količini naelektrisanja na kondenzatorskim pločama:

$$q = CV = \varepsilon_r C_0 V = \varepsilon_r q_0 = 11{,}47 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{C}.$$

Promena u količini elektriciteta na kondenzatorskim pločama znači i promenu u površinskoj gustini naelektrisanja na tim pločama. Ova promena jednaka je

$$\sigma - \sigma_0 = \frac{1}{S}(q - q_0).$$

S druge strane, ova razlika u gustini naelektrisanja jednaka je gustini polarizacionih naelektrisanja na površini dielektrika σ_p. Ova gustina naelektrisanja jednaka je polarizaciji dielektrika P, odnosno $\sigma - \sigma_0 = \sigma_p = P$, tj.

$$P = \frac{q - q_0}{S} = 3{,}03 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{C/m}^2.$$

307. Kružna struja stvara magnetno polje koje se karakteriše magnetnim momentom čiji je intenzitet jednak proizvodu jačine struje i površine orbite $p_m = I \cdot S$, odnosno

$$p_m = e \cdot \nu \cdot \pi \cdot r^2,$$

gde je ν učestanost obrtanja elektrona, a r je poluprečnik orbite. Znači

$$p_m = 2 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{Am}^2.$$

308. Magnetna susceptibilnost χ paramagnetnih supstanci izražava se, prema Lanžvenovoj teoriji, formulom

$$\chi = \mu_0 n \frac{p_m^2}{3kT},$$

gde je μ_0 magnetna konstanta, n je koncentracija molekula, p_m je magnetni moment molekula, T je temperatura (K) i k je Bolcmanova konstanta.

Znajući da je $n = \rho \frac{N_A}{M}$, iz prve formule se dobija

$$\chi = \mu_0 \rho \frac{N_A}{M} \frac{p_m^2}{3kT},$$

gde je N_A Avogadrov broj, M je molekulska masa u kg, a ρ je gustina supstance.

Kako je veza između kilomolske magnetne susceptibilnosti χ_{km} i magnetne susceptibilnosti $\chi_{km} = \frac{M}{\rho}\chi$, to je χ_{km} jednako

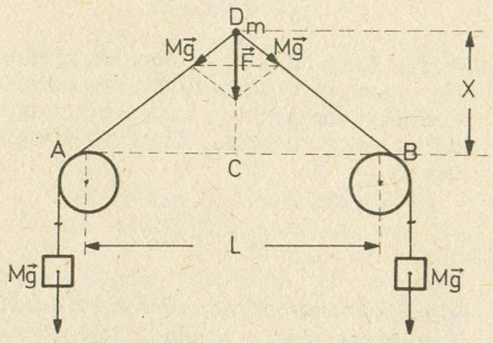
$$\chi_{km} = \mu_0 N_A \frac{p_m^2}{3kT}.$$

Odavde je magnetni moment molekula Cr_2O_3 jednak

$$p_m = \frac{3kT\chi_{km}}{\mu_0 N_A} = 3{,}09 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{Am}^2,$$

ili u Borovim magnetonima ($\mu_B = 0{,}927 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{Am}^2$):

$$p_m = 3{,}34\,\mu_B.$$



Slika 2.

309. Sa Sl. 2 vidi se da je rezultujuća sila $\vec{F}$ koja deluje na telo (kuglicu) mase m jednaka rezultanti jednakih sila $\vec{Mg}$, koje sa obe strane deluju na kuglicu u pravcu žice. Iz sličnosti odgovarajućih trouglova vidi se da je

$$\frac{F/2}{Mg} = \frac{x}{AD} \cong \frac{x}{L/2}$$

($AD \cong L/2$ jer je x malo). Odavde sledi da je

$$F = \frac{4\,Mg}{L} x.$$

Znači koeficijent srazmernosti k iznosi $4\,Mg/L$. S druge strane, znamo da je $k = m\,\omega^2 = m\,4\pi^2\nu^2$, odakle sledi izraz za frekvenciju harmonijskih oscilacija

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Smenom prethodno dobijenog izraza za koeficijent k u poslednji izraz, dobijamo

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{4\,Mg}{Lm}} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{Mg}{mL}} = 6{,}3\ s^{-1}.$$

310. Jednačinu harmonijskih oscilacija možemo predstaviti u obliku

$$x = a\cos(\omega t + \varphi),$$

gde je x elongacija u trenutku t, a je amplituda, ω je ugaona učestanost i φ je početna faza. Ugaonu frekvenciju možemo odrediti na osnovu perioda T: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\,s} = \pi\,s^{-1}$. Početna faza je data $\left(\varphi = \frac{\pi}{3}\right)$. Zadatak se svodi na nalaženje amplitude. Kako je ukupna energija tela koje vrši harmonijsko oscilovanje $E = ka^2/2$ i maksimalna sila $F_{max} = ka$, sledi $E = F_{max}\,a/2$, odakle dobijamo da je amplituda $a = 2\,E/F_{max} = 4 \cdot 10^{-2}$ m. Konačno, jednačina oscilovanja datog tela je

$$x = 0{,}04\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right).$$

311. Maksimalna brzina i ubrzanje tela koje harmonijski osciluje povezane su s amplitudom i periodom relacijama:

$$v_{max} = A\,\omega = 2\pi A/T$$

i

$$a_{max} = A\,\omega^2 = 4\pi^2 A/T^2.$$

U našem slučaju $A = 5\ cm = 5 \cdot 10^{-2}$ m i $T = 4$ s, tako da je $v_{max} = 7{,}85 \cdot 10^{-2}$ m/s i $a_{max} = 1{,}23 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{m/s}^2$.

312. Elongacija y neke tačke koja se nalazi na rastojanju x od izvora oscilovanja u posmatranom trenutku t može se predstaviti relacijom:

$$y = a\sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right),$$

gde je a amplituda oscilovanja, ω je ugaona frekvencija, a u brzina prostiranja talasa. Kako je $\omega = 2\pi\nu$, sledi:

$$y = a\sin 2\pi\left(\nu t - \frac{\nu x}{u}\right),$$

ili, s obzirom da je $\nu = 1/T$, a $\lambda = \frac{u}{\nu}$, prethodni izraz možemo napisati i u ovom obliku

$$y = a\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right).$$

U konkretnom slučaju $x = \lambda/12$, $t = T/6$, $a = 0{,}05$ m, tako da je elongacija posmatrane tačke $y = 0{,}025$ m.

313. Harmonijske oscilacije vrše se pcd dejstvom sile F koja je proporcionalna elongaciji x:

$$F = kx = m\omega^2 x = m\frac{4\pi^2 x}{T}.$$

U našem slučaju $F = Mg$ (M je masa tereta), tako da je $Mg = 4\pi^2 mx/T^2$. Period sopstvenih oscilacija vagona mase m bez tereta iznosi

$$T_s = 2\pi\sqrt{\frac{Mg}{mx}}.$$

Točkovi vagona koji se kreće brzinom v svakih $T_p = l/v$ sekundi trpe udare o sastave šina, što izaziva prinudno oscilovanje vagona. Ukoliko je frekvencija prinudnih oscilacija jednaka frekvenciji sopstvenih oscilacija, nastupa rezonanca. Rezonanca nastupa pri brzini

$$v = \frac{l}{2\pi}\sqrt{\frac{Mg}{mx}} = 99{,}7 \text{ m/s}.$$

(Nastavak iz prošlog broja)

Znači, maksimalne brzine elektrona odnose se kao kvadratni koreni napona između elektroda rendgenske cevi. U našem slučaju je $v_{m1} : v_{m2} : v_{m3} = \sqrt{U_1} : \sqrt{U_2} : \sqrt{U_3}$.

274. Elektromotorna sila samoindukcije iznosi $E_{in}y = -\Delta F/\Delta t$, odnosno

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t},$$

gde je L koeficijent samoindukcije, a $\Delta I = I_2 = I_1$ promena jačine struje za vreme Δt. Znak minus pokazuje da se *ems* samindukcije suprotstavlja uzroku koji izaziva povećavanje jačine truje, te se pri izračunavanju može izostaviti. Iz poslednje relacije sledi

$$L = \varepsilon_{ind}\frac{\Delta t}{\Delta I} = \varepsilon_{ind}\frac{\Delta t}{I_2 - I_1} =$$

$$= 20 \text{ V}\,\frac{0{,}1\ s}{(10-5)\ A} = 0{,}4\ H.$$

Energija magnetnog polja zavojnice pri jačini struje od $I = 5$ A je jednaka

$$E = L\cdot\frac{I^2}{2} = 0{,}4\ H\cdot\frac{25\ A^2}{2} = 5\ J.$$

275. Celokupna kinetička energija, koju telo ima neposredno pre udara o pesak, troši se za vršenje rada na savlađivanju srednje sile otpora peska na putu h:

$$E_k = A = F_{sa}\ .\ h.$$

Prema tome, da bi se odredila srednja sila otpora peska na putu h, treba odrediti kinetičku energiju tela neprosredno pred udar i po8ršinu peska. Kinetička energija tela je

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

gde je v brzina tela neposredno pred udar. Telo se pre udara u zemlju kretalo jednako ubrzano sa udrzanjem g i početnom brzinom v_0, pa je brzina tela data poznatom relacijom

$$v = v_0 + gt.$$

U ovoj jednačini nepoznate su brzina v i vreme padanja tela t. Znači, potrebna je još jedna relacija, koja bi nam omogućila određivanje brizne v. Ta relacija se dobija iz izraza za pređeni put kod jednako ubrzanog kretanja:

$$H = v_0\cdot t + g\frac{t^2}{2}.$$

Ovde je H visina sa koje je telo počelo da pada. Iz relacije za brzinu tela sledi

$$t = \frac{v - v_0}{g}.$$

Ovaj izraz za vreme se zameni u relaciju za visinu padanja, pa se dobije

$$H = v_0\cdot\frac{v = v_0}{g} + \frac{g}{2}\left(\frac{v - v_0}{g}\right)^2.$$

Posle sređivanja je

$$2gH = v^2 - u_0^2,$$

odnosno

$$v = v_0^2 + 2gH.$$

Zamenom izraza za v^2 u izraz za kinetičku energiju, dobija se

$$E_k = \frac{m\cdot(v_0^2 + 2gH)}{2},$$

a srednja sila otpora je

$$F_{sr} = \frac{E_k}{h} = \frac{m\cdot(u_0^2 + 2gH)}{2h} =$$

$$= \frac{2\text{ kg}\cdot(196\ m^2/s^2 + 2\cdot 9{,}81\ m/s^2\cdot 24\ om)}{2\cdot 0{,}4\ m} =$$

$$12{,}262\ kN.$$

276. Potencijal naelektrisanja q_1 je veći od potencijala naelektrisanja q_2. Dakle, $V_1 > V_2$. Nakon spajanja kuglica provodnikom, potencijali se izjednače. Tada je $V'_1 = V'_2$, a iz toga sledi relacija

$$\frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2}.$$

Prema zakonu održanja količine elektriciteta mora biti

$$q_1 + q_2 = q_2' + q_1'.$$

Odavde je $q'_1 = q_1 + q_2 - q'_2$ i nakon zamene u prvu relaciju, dobija se

$$\frac{q_1 + q_2 - q_2'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2},$$

odnosno

$$q_2' = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2}\cdot r_2.$$

Dobijena je količina elektriciteta na drugoj žici posle spajanja kuglica. Količina elektriciteta koja prođe žicom jednaka je razlici količina elektriciteta na drugoj kuglici pre i posle spajanja, odnosno

$$q = q'_2 - q_2 = \frac{r_2 q_1 - r_1 q_2}{r_1 + r_2} =$$

$$= \frac{(3\cdot 200 - 2\cdot 50)\ C\,\text{cm}}{(2+3)\ \text{cm}} = 100\ C.$$

277. U ovom zadatku traži se broj raspada u 1 s datog radioaktivnog preparata, što je po definiciji fizička veličina poznata pod imenom aktivnost. Aktivnost A, koja je srazmerna broju N neraspadnutih atoma, opada s vremenom t po zakonu:

$$A = \frac{0{,}69}{T_{1/2}}N = \frac{0{,}69}{T_{1/2}}N_0\,2^{-\frac{t}{T_{1/2}}},$$

gde je N_0 broj neraspadnutih jezgara u početnom trenutku, a $T_1/2$ period poluraspada. Znajući da se u jednom molu M supstance nalazi Avogadrov broj N_a čestica, sledi da se u datoj masi m supstance nalazi $N_0 = mN_a/M$ jezgara. Broj neraspadnutih jezgara iridijuma atomske mase 192, čija je početna masa 5 g, a period poluraspada 75 dana, iznosi posle 30 dana

$$N = m\frac{N_a}{M}\,2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 1{,}19\cdot 10^{22},$$

a aktivnost $A = 1{,}27\ .\ 10^{10}$ raspada/s. Početna aktivnost iznosi

$$A_0 = \frac{0{,}69}{T_{1/2}}N_0 = \frac{0{,}69}{T_{1/2}}\frac{m^N a}{M} =$$

$$= 1{,}68\cdot 10^{15} \text{ raspada/}s.$$

278. U ciklotronu, na naelektrisanu česticu (u našem slučaju proton mase $m_p = 1{,}672\cdot 10^{-27}$ kg i naelektrisanja $q_p = q_e = 1{,}602\cdot 10^{-11}$ C) koja se kreće brzinom v magnetno polje indukcije B deluje Lorencovom silom $F = q_p(v \times B) = q_p vB$, dajući joj centralno ubrzanje v^2/R, gde je R- poluprečnik krivine putanje. Na osnovu osnovnog zakona dinamike sledi $mv^2/R = q_p vB$, odakle je

$$v = \frac{q_p'}{m}BR. \qquad (1)$$

S druge strane, u statičkom električnom polju proton stiče kinetičku energiju $mv^2/2$ jednaku radu električnog polja $q_p\ U$, gde je U potencijalna razlika:

$$mv^2/2 = q_p U. \qquad (2)$$

Konačno, traženu razliku potencijala U nalazimo smenom (1) u (2):

$$U = \frac{mv^2}{2\,q_p} = \frac{m}{2\,q_p}\left(\frac{q}{m_p}BR\right)^2 = \frac{q_p}{2\,m}B^2R^2 =$$

$$= 11{,}98\cdot 10^6 \text{ V} \cong 12 \text{ MV}.$$

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF BR 23 I 24 DOSTAVILI SU

1. OŠ »8 oktobar«, Vlasotince, (nastavnik fizike Đokić Mihajlo): Cvetanović Marina 248, 249; 250; Lepojević Dragi 248, 249, 250; Stojković Boban 248, 249, 250.
2. OŠ »Olga Milošević«, Smederevska Palanka, (Vukomanović Borivoje): Milinković Nataša 250; Đurđević Nebojša 251, Slavković Milovan 255.
3. OŠ »Milan Ilić-Čiča«, Aranđelovac, (Milivojević Mila): Račić Jasna 248, 249, 250; Marjanović Milica 248, 250; Tolić Anđela 252.
4. OŠ »Nada Purić«, Valjevo, (Milić Ljiljana): Đurić Biljana 251, 252; Petrović Đorđe 250.
5. OŠ »Joca Milosavljević«, Bagrdan, (Milanović Miodrag): Nikolić Snežana 250; Milić Natalija 250; Stojanović Dtagan 250.
6. OŠ »22 decembar«, Gornji Krupac, (Mitić Slobodan): Branković Gordana 216, 217, 218; Stojanović Žiža 250; Stanojević Ljiljana 248, 250.
7. OŠ »Miroslav Jovanović Cerovac«, Vrčin, (Baričević Milan): Andrić Goran 248, 249, 250, 251, 252, 254, 255; Kepić Srećko 248, 250, 251, 252; Andrić Goran 264, 265, 266, 269, 270, 271; Kostić Dušan 248, 250.
8. OŠ »Ćele—Kula«, Niš, (Prvulović Jasmina): Vacić Nataša 248, 250, 251, 252, 253, 255; Janković Vladimir 249.
9. OŠ »Nikola Mačkić«, (Kovačević Ilija): Petrović Draženka 235, 236, 251, 254.
10. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak, (Aćimović Rada): Karaulić Ruža 248, 250, 265.
11. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška, (Đorđević Zorica): Miladinović Milan 250, 264, 265.
12. OŠ »Hasan Kikić«, (Jeličić Dmitar): Miljević Ranka 251, 252.
13. OŠ »Bratstvo jedinstvo«, Kotor—Varoš, (Alić Ismet): Stipić Antonela 251.
14. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac, Milenković Boško 248, 249, 250, 251, 255, 256.
15. OŠ »Josip Broz Tito«, 18415 Malošište, (Stamenković Predrag): Stamenković Nevena 250, 251.
16. OŠ »Heroj Ivan Muker«, Smederevska Palanka, (Milanović Dafina): Begović Nenad 264, 265.
17. OŠ »Heroj Sv. Mladenović«, Saraorci, (Stefanović Miroslava): Jovanović Radiša 250.
18. OŠ »Stanimir Veljković-Zele«, Bojnik, (Maksimović Blagoje): Krstić Dejan 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254.
19. OŠ »Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci, (Milisavljević Stanojka): Adamović Gordana 223, 224.
20. OŠ »IV kraljevački bataljon«, Kraljevo, (Stanimirović Radomir): Anđelić Milosav 216, 217, 218, 219, 220, 221, 224.
21. OŠ »Milun Ivanović«, 36343 Studenica, (Džiglić Ljubica): Živković Božidar 219, 220.
22. OŠ »Šmarje pri Jelšah«, 63240 Šmarje pri Jelšah, (Šmigoc Karel): Novak Zvonka 219.

*

1. OC »Prvi maj«, Novi Beograd, (profesori fizike Rašić Živorad, Lazić Kata i Dankulov Jelena): Iričanin Bratislav 248, 249, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 258, 259, 261, 263, 264, 265, 266, 268, 270, 271, 273, 274, 276; Pavlović Vlado 261, 262, 263; Milutinović Dragoljub 261, 263.
2. OC »Milentije Popović«, Vlasotince, (Ćukalović Sava): Stojanović Goran 258, 259, 260; Stanković Milena 258; Dimitrijević Boban 258.

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 22

D. Koledin: Fizička matematika Vernera Hajzenberga
Lj. Ristovski: Hajzenbergova relacija neodređenosti
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama II
V. Adamović: Otkriće prirodne radioaktivnosti
D. Filipović: Koronalno pražnjenje I Razbijanje atoma
Proveravanje Omovog zakona
V. Živanović: Provera zakona o održanju energije
S. Planić: Određivanje ubrzanja Zemljine teže
T. Senćanski: Pokretni fizički kabinet
L. *Rak*: Fotografija (I deo)
Biblioteka »Mladog fizičara«
Konkursni zadaci
E — zadatak
Nagradni zadatak
Zadaci — pitanja
Takmičarski zadaci
Rešenje zadataka

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 24

M. Krunić: Njutnov zakon gravitacije
Lj. Ristovski: LEP — sistem
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama
D Koledin: Hronologija
B. Marinković i D. Filipović: Korona
Učenička laboratorija
G. Bilajbegović: Poankareova teorema
M. Milošević: Grafoskop bez folija
G. Vuković i J. Bogovac: Rad gasova
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
Zadaci pitanja
Olimpijski prilog
Rešenja zadataka
Spisak rešavača

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 23

L. Landau i *O. Rumer*: Vreme i dužina u Specijalnoj teoriji relativnosti
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama (III)
D. Popović: Primena Doplerovog efekta
L. Rak: Fotografija (II)
D. Grujić: Osvrt na XII međunarodnu olimpijadu iz fizike
V. Adamović: Otkriće X-zraka
Učenička laboratorija
D. Kapor: Dva slična zadatka
Dva lavirinta
A. Tečić i Ž. Brenčić: Pokazivanje interferencijskih i difrakcijskih efekata na televizijskom ekranu
Fizika u stripu
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
Zadaci-pitanja
E-zadatak
Rešenje zadataka

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 25

Lj. i N. Nedeljković: Pojam verovatnoće u kvantnoj mehanici
D. Sekulić: Toplotno zračenje
M. Dimitrijević: Termonuklearna fuzija I
S. Popović: Kompjuter za đačku torbu
M. Dimitrijević: Asteroidi
S. Vojvodić: Bljesak u boci
M. Naumoski: Elektromehanički oscilator
A. Marković: Letnja škola
»Mladi fizičar«
Goran Andrić
D. Koledin: Obrada rezultata merenja I
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
Zadaci pitanja
E-zadatak
Rešenja zadataka

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava
Društvo fizičara Srbije
Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijbta za kulturu SR Srbije, br. 329, od 29. IX 1976. godine.
Štampa: BIGZ—Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17