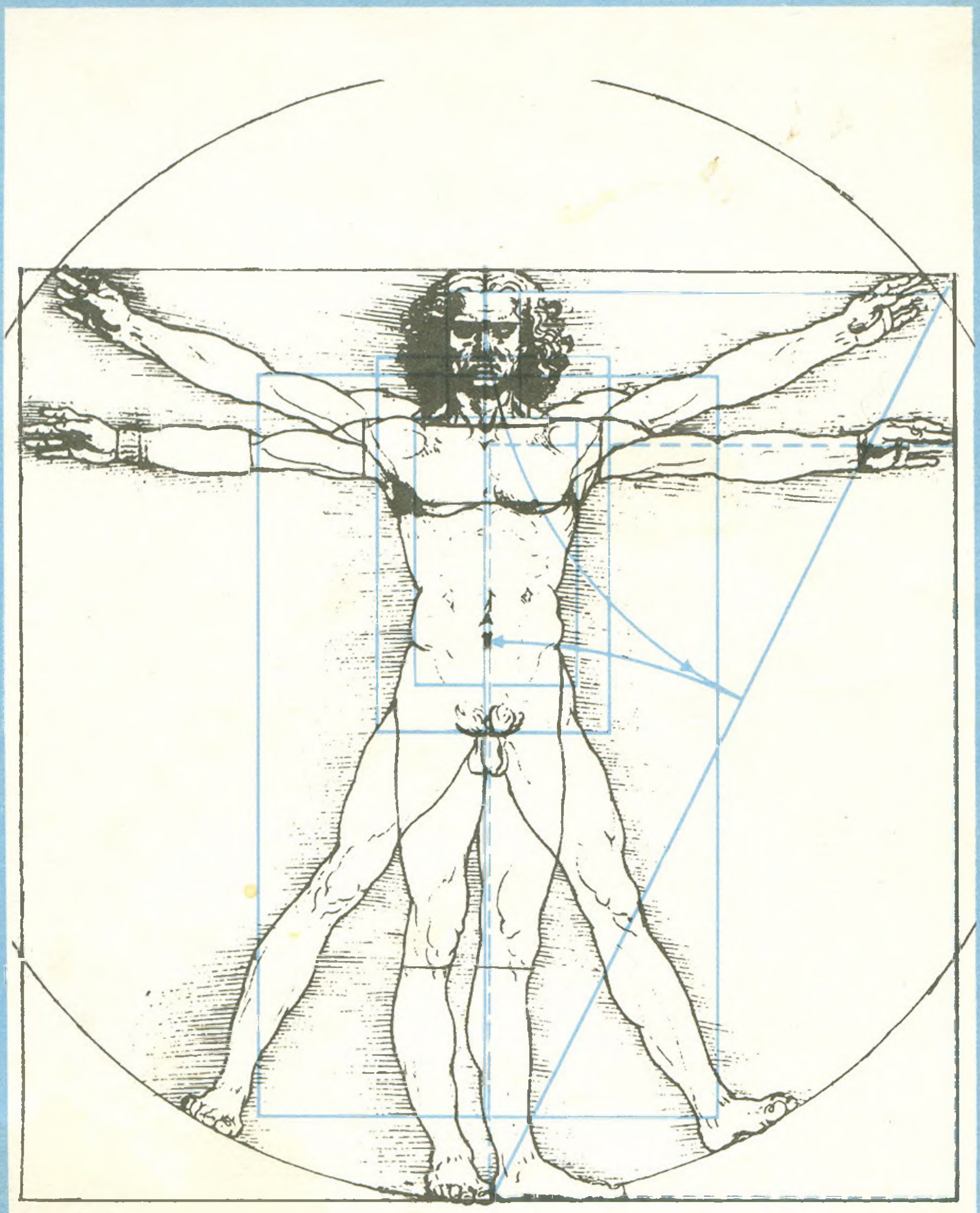


ČASOPIS
ZA UČENIKE
OSNOVNE ŠKOLE

MLADI FIZIČAR

13

BEOGRAD 1979

DRUŠTVO MATEMATIČARA, FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE

MLADI FIZIČAR

časopis
za učenike
osnovne škole
godina IV
broj 13
(1979/80)
IZDAJE
DRUŠTVO MATEMATIČARA, FIZIČARA i ASTRONOMA SR SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/*IV*
p. p. 791

Ljubo RISTOVSKI,
glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN,
urednik

Uređivački odbor
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Draško GRUJIĆ
Dragan HAJDUKOVIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Zoran RADOVIĆ

Sadržaj:

D. Koledin: Galileo 1
Lj. i N. Nedeljković: Kvantovanje mehanike 4
D. Kostoski: Električne osobine čvrstih tela 8
Lj. Ristovski: Fizičko polje .. 10
M. Kulić: Laseri — osnovni principi rada 12
D. Sekulić: Apsolutna nula .. 15
M. Dimitrijević: Šta se dogodilo u fizici tokom poslednje decenije 17
D. Popović: Gravitacija i živi svet 20
Lj. Ristovski: Pojam sile 24
L. Rak: Dobijanje zlata iz žive 26
T. Petrović: Šta bi bilo kad ne bi važio Ajnštajnov princip relativnosti 28
Zadaci Z1
Test Z5
Zadaci pitanja i odgovori .. Z9
Rešenja zadataka Z11

Vinjete: N. Ubović
Ilustracije: Lj. Ristovski
Na naslovnoj strani: Leonardov crtež

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

GALILEO GALILEI

»EPPUR SI MUOVE!«
(Ipak se kreće!)
Galilej

GALILEO

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Ne tako davno se pojavio, a potom je, čestom i neodgovarajućom upotrebom, ubrzo i islužio termin — sloboda stvaralaštva. Jer pod njim se, uglavnom, podrazumevao nekakav srećan splet društvenoistorijskih okolnosti u kojima je svakoj ličnosti omogućeno da stvara. To zvuči lepo, koliko je i prazno, i krije plitak nesporazum: Ko režira te tzv. sreućne okolnosti!? Same ličnosti koje stvaraju ili neko drugi?

Galileo Galilej je rođen istog dana kada je umro Mikelanđelo, a bio je Šekspirov ispisnik. Dakle, februara 1564. godine Piza je dobila novog stanovnika, a Vinčenco Galilej, osiromašeni plemić koji se uglavnom bavio muzikom i matematikom, još jedno dete. Prvo obrazovanje Galileo je stekao u Firenci, u manastiru Valombroza, gde su se učili grčki, latinski i logika, Aristotel i Arhimed. Prema prirodnim naukama tada je ispoljavao averziju i nastavnici su procenili da bi bio podoban za iskušenika manastira. Njegov otac, međutim, bio je praktičniji, pa je sina poslao na Univerzitet u Pizi, na studije medicine koja je tada bila unosna. Priča se da je jedanput nezainteresovani student medicine, Galileo, sasvim slučajno, verovatno se sklonivši sa kiše, posetio na Univerzitetu neko predavanje iz geometrije. Učinilo mu se da je matematika interesantnija od medicine: školske vlasti su ga prevele na studije matematike i prirodnih nauka. Galileov otac, nošen sopstvenim iskustvom teškog života od matematike i muzike, bio je nezadovoljan, ali se nije imalo kud. Ubrzo je, međutim, i sam Galileo osetio težinu očevih praktičnih saveta: godine 1585. morao je, bez novca, da se vrati roditeljima koji su tada živeli u Firenci. Nastavlja sam da studira Euklida i Arhimeda i tada je konstruisao vagu za određivanje specifične težine legura dvaju metala. Dopisuje se sa mnogim naučnicima i postaje profesor matematike na Univerzitetu u Pizi. Težinu očevih praktičnih saveta oseća i dalje: godišnja plata profesora matematike tada je bila 260 skuda, a profesora medicine 2000 skuda! To, međutim, više i nije važno. Galileo uporno radi.

Još je u Pizi (pošto 1591. godine prelazi u Padovu) Galileo počeo da ispituje zakone jednako ubrzanog kretanja. Sa one čuvene Krive kule puštao je topovsku đulad i puščana zrna. Opovrgao je Aristotelovo učenje, a potvrdio eksperimentalni zaključak dvojice Flamanaca, Stevina i Grosija — *topovskom đuletu i puščanom zrnu potrebna su ista vremena da stignu do zemlje.*

Bilo je očigledno i da se brzina tela u slobodnom padu povećava, što je još Leonardo tvrdio. Ali po kome se zakonu odigrava ovo ubrzanje? Meriti bez časovnika relativno kratke intervale vremena, a pogotovo brzine, izgledalo je beznadežno. Galileo je, ipak, usavršio tzv. vodeni časovnik, a oglede je »usporio« tako što je Krivi toranj i puščana zrna zamenio dugom i blago nagnutom daskom po kojoj je puštao uglačane kuglice. Verovao je, i nije se prevario, da u osnovi i »brzog« i »sporog« eksperimenta leži isti zakon »jednakog ubrzanja« — *brzina tela u slobodnojm padu jednako raste s vremenom.* Bio je to jedan od najvećih trenutaka u izučavanju prirode: moglo se sagledati da *dejstvo sile nije u tome da stvara kretanje, već da ga izmeni, da stvori ubrzanje; telo na koje ne bi dejstvovala nikakva sila, kretalo bi se stalnom brzinom.* Aristotelovog »nepokretnog pokretača«, samog boga, teolozi su morali pomaći u još neispitane prostore prirode.

Vojvoda od Toskane, koji je finansirao Galileova balistička izučavanjai imao je, razume se, praktične motive. Nije verovatno bio svestan da se u osnovi priče o kosom hicu krije opštiji *princip o slaganju sila.* Ni očevi i đakoni, katedrale u Pizi nisu bili svesni da se crkvena kandila *izohrono klate: trajanja pojedinačnih klaćenja su za male amplitude jednaka i nezavisna od njih.* Taj

Galileov zaključak će kasnije, 1657. godine, Hajgens iskoristiti za jedan revolucionarni patent — časovnik sa klatnom.

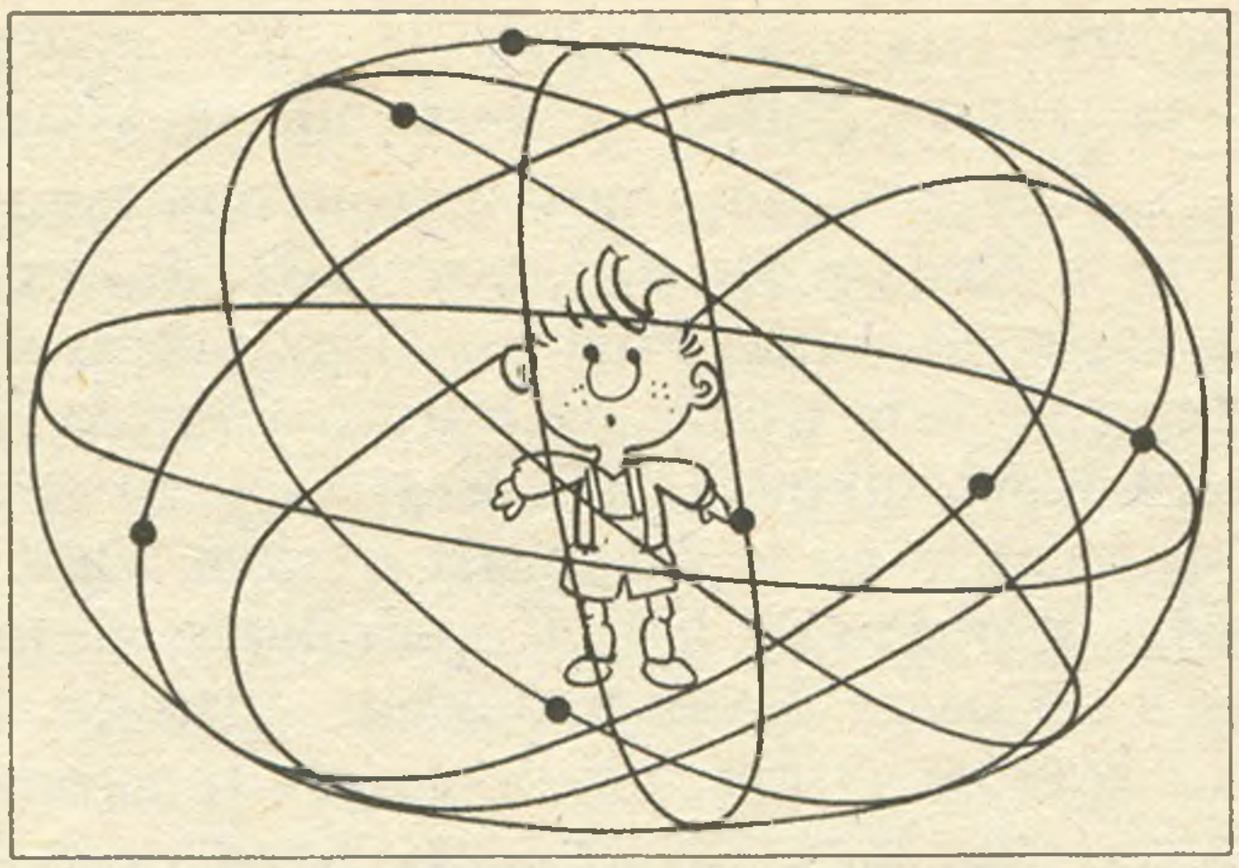
Galileovi doprinosi astronomiji mnogo su tešnje u vezi sa njegovim životom. Kada je čuo da je izvesni Holanđanin, Lipershej, izumeo teleskop, i sam je napravio jedan. Pomoću njega otkrio je bezbroj zvezda u Mlečnom Putu, Venerine faze i pege na Suncu. Otkriće faza Venere ukazivalo je na ispravnost Kopernikovog heliocentričnog sistema. Galileo ga je vatreno prihvatio, baš kako je na to reagovala i crkva. Otac Kasteli ga je 1613. godine pitao u jednom pismu da li se Kopernikovo učenje slaže s Biblijom. Naučnik je odgovorio da se čovek u pogledu spasenja duše beskompromisno mora pokoriti Svetom pismu, ali da se pri tumačenju prirode mora rukovoditi rezultatima naučnog istraživanja. Krajem iduće godine izveden je pred sud inkvizicije u Rimu. Presuda je ovoga puta bila blaga: povukao se u vilu Arčetri, kod Firence. Tu piše knjigu »*Razgovor o oba sistema sveta*«, verujući da će protivnike ubediti naučnim dokazima. Prevario se: osuđen je 1632. godine na tamnicu u trajanju od tri godine. U smislu presude, svake se nedelje, klečeći, morao zaklinjati da se odriče svoje »zablude i jeresi«. Priča se da je svaki put, kada je ustajao posle molitve, govorio — *Eppur si muove!* Milošću papinom, godinu dana kasnije vraćen je u vilu Arčetri. Tu i dalje radi i, ogluveo i oslepeo, umire 1642. godine. Kraj samrtničke postelje bili su Toričeli, Viviani, dva rođaka, mesni sveštenik i predstavnik inkvizicije.

Naizgled tragično po onu, gore pomenutu, slobodu stvaralaštva. Međutim, već krajem iste godine, u Vulzdorpu, Engleska, rodio se Isak Njutn.

Eppur si muove!

Još samo nešto: Galileo? Daleko je od pameti da je autor ovih redova toliko intiman sa naučnikom da bi ga oslovljavao samo imenom. Poetična je i pravedna istorija kulture kada velike stvaraoce identifikuje na taj način — Mikelanđelo, Galileo, Leonardo . . .

ŠTA JE...



KVANTOVANJE MEHANIKE

LJ. I N. NEDELJKOVIĆ (Beograd)

I)

Ljudskoj radoznalosti nema granica, ali razumevanje Prirode počinje nad stvarima sa kojima se srećemo u običnom životu. Slobodno padanje kamena, ravnoteža terazija, obrtanje tela, treperenje zategnutih žica, jednom rečju, ono što nazivamo »ponašanjima« *makro-tela*, prvo se zasniva kao naučno znanje. Njutn je bio onaj koji je uspeo da beskrajni, šaroliki skup eksperimennata i posmatranja razume samo pomoću nekoliko osnovnih zakona.

Ali, nije se stalo na Njutnovim zakonima. Ne samo zato što je u nekim slučajevima njihova primena vodila komplikovanijim izračunanavanjima, nego i zbog potrebe da se uspostavljaju nova i dublja jedinstva prirodnih pojava. Inspiracija je neočekivano potekla iz optike, nauke o svetlosti. Pjer Ferma u 17. veku uočava da se svetlost odbija i prelama tako da svoj put prelazi za najkraće vreme! Iz ovoga se rodila zavodljiva ideja po kojoj se i u mehaničkim kretanjima tela »štedi« neka fizička veličina. To sigurno nije moglo biti vreme, jer bi se onda sva tela kretala najvećim mogućim brzinama. Naporima Mopertuija, Ojlera, Lagranža i Hamiltona ta je veličina nađena i nazvana *dejstvom*. Tako je otkriven *Hamiltonov princip najmanjeg dejstva*. Pokazano je da njegova primena na mehanička kretanja dovodi do Njutnovih jednačina.

Tek sve ovo (ali i mnogo više, čime se ovde nećemo baviti) čini ono što danas nazivamo *klasičnom mehanikom*. Uskoro ćemo videti da se njena moć ne iscrpljuje samo među makro-telima. Produbljujući se, ona je sama sebe pravazišla i uočila zakone koji nisu samo odlike makro-sveta.

II)

Klasična mehanika obuhvata dve osnovne discipline: *mehaniku sistema čestica* (analitičku mehaniku) i *mehaniku kontinuuma* (klasičnu teoriju polja).

Pogledajmo najpre prvu. Ona se bavi česticama koje na neki način deluju jedna na drugu. Neka imamo, na primer, sistem od N takvih čestica u kretanju. Mehaničko stanje tog sistema biće potpuno poznato ako u svakom trenutku znamo položaje i brzine svih čestica. Pošto kretanje uvek definišemo u odnosu na neki koordinatni sistem, položaj svake čestice biće određen sa tri koordinate

(x, y, z). Dakle, za poznavanje položaja svih čestica sistema u nekom trenutku potrebno je znati 3 N podataka. Kaže se da je njegov broj stepeni slobode 3 N.

Zamislimo sada, uz malo mašte, jedan novi »koordinatni sistem« koji nema samo tri koordinate (kao onaj u kome se čestice stvarno kreću), nego 3 N »koordinata«! Ovakav *nerealni*, ali korisni »prostor« naziva se *prostorom stanja sistema*. Nije teško zaključiti da će stanje *celog* sistema u njemu biti prikazano jednom »tačkom«. Pošto se čestice u stvarnom prostoru kreću, to će se i »tačka« u prostoru stanja sistema kretati po nekoj »putanji«!

Postoji bezbroj mogućih »putanja« kojim sistem može stići iz jedne zadate »tačke« ovako zamišljenog »prostora« u drugu. U tim mogućim »putanjama« ima neke daleke sličnosti sa mogućim putanjama čoveka koji je odlučio da iz jednog grada pređe u drugi. I kao što naš putnik može lako shvatiti da svakom od njegovih mogućih puteva odgovara tačno određeni broj naselja, reka, . . . , preko kojih mora preći, tako i svakoj mogućoj »putanji« između dve »tačke« prostora stanja sistema odgovara jedna fizička veličina. Ona je upravo već pomenuto *dejstvo*.

Koji će onda »put« u svome prostoru stanja izabrati naš sistem od N čestica? Neposredan odgovor sledi na osnovu gore rečenog: upravo takav da bude zadovojen Hamiltonov princip! Odnosno takav da dejstvo na tom putu bude najmanje.

Dakle, od svih mogućnosti, svet makro-tela, za koji često s pravom kažemo da je naš, ponudio nam je fiziku zakonima čvrsto povezanih uzroka i posledica. Tek sada shvatamo srećnu okolnost u kojoj se našla ljudska radoznalost.

III)

Druga osnovna oblast klasične mehanike, klasična teorija polja, bavi se mehaničkim pojavama u neprekidnim sredinama. (kontinualne sredine).

Podelimo u mislima neku elastičnu sredinu, pre nego što je dovedena u napregnuto stanje, na N malih ćelija i uočimo u svakoj od njih po jednu tačku (na primer, težište). Ako sada na neki način poremetimo mir ovakve sredine, onda će posle nekog vremena težišta svih zamišljenih ćelija biti u drugim položajima u odnosu na prvobitne i raspolagaće određenim brzinama. Ovakvu sredinu nazivamo *mehaničkim poljem*. Udaljenost težišta od ravnotežnog položaja zavisiće od rastojanja r, na kome se data ćelija nalazi u odnosu na koordinatni početak izabranog koordinatnog sistema, i vremenskog trenutka t. Nju označavamo sa ψ (r, t) i nazivamo *amplitudom polja*. U opisivanju polja ψ (r, t) igra istu ulogu kao i skup svih koordinata gore posmatranog sistema od N čestica. Pošto kontinuum možemo deliti na neograničeno male ćelije i njihov broj može postati neograničen ($N \to \infty$). Otuda se za njega kaže da je *uopšteni mehanički sistem sa neprebrojivo mnogo stepena slobode*.

Obzirom na takvu situaciju, klasično mehaničko polje podleže istom Hamiltonovom principu kao i sistem od N čestica. Već je, dakle, na terenu klasične mehanike prosijala dublja veza između, na prvi pogled, tako različitih pojmova kao što su pojam čestice i pojam polja.

Velika opštost gornjeg principa i odgovarajućih jednačina omogućuju da se i jedno polje koje je fizički sasvim različito od mehaničkog ,tzv. elektro-magnetno polje, izučava pomoću njih. Elektro-magnetno polje je upravo onaj posrednik kojim naelektrisane čestice u kretanju deluju jedna na drugu.

Tako se nad čitavim svetom interagujućih čestica i njihovih polja nadnelo svetlo nebo jedne moćne teorije.

IV)

Mnoštvo novih fizičkih pojava otkrivenih, uglavnom u laboratorijama Evrope, krajem 19. i početkom 20. veka sve je više zahtevalo *da se njihovom objašnjenju priđe sa stanovišta mikro-strukture.* Zato je sa velikim samopouzdanjem čitava jedna generacija fizičara razigrala svoju maštu da dočara nevidljivi mikro-svet. Izgledalo im je da mikro-čestice nisu ništa drugo nego beskrajno sićušna tela čije su zakone kretanja već poznavali i da atomi liče na male planetarne sisteme.

Ispostavilo se, međutim, da se u radu sa ovakvim slikom mikro-sveta nailazi na ogromne teškoće. U početku je izgledalo da su one samo privremene i da nas fizička intuicija kojom smo se već tako dugo uspešno služili ne vara. Ali proračuni su sve više zahtevali (a matematika ima jedno varljivo i jedno prodorno, neljudsko oko!) *da se pored već postojećih zakona uvek koriste i još neki novi i čudni dodatni uslovi.* Izlazilo je, na primer, da oscilator ne može da ima bilo koju energiju, nego samo neke tačno određene vrednosti. Da elektron ne može da kruži na bilo kojoj udaljenosti od jezgra. Da energija u snopu svetlosti ne može da bude svuda podjednako raspoređena. Pritom se stalno pojavljivala jedna nova fundamentalna konstanta, tvz. Plankova konstanta h. Tek su takve pretpostavke vodile poklapanju sa eksperimentalnim rezultatima. Ovakav postupak »prilagođavanja« klasičnih veličina nazvan je *kvantovanjem klasičnih veličina.*

Daljim razvojem matematičkog formalizma, nastalo produbljivanje jaza između klasične i nove, *kvantne mehanike* počelo je na jedan neuobičajen način da se gubi. Ispostavilo se se da oblici »starih« jednačina i za sisteme čestica i za polja ponavljaju i u kvantnoj mehanici, samo sa sasvim drugim matematičkim objektima, tzv. operatorima. Naime, u kvantnoj se mehanici fizičkim veličinama pridružuju operatori, a stanjima fizičkog sistema elementi prostora u kome ovi »operišu«. Ovaj postupak »preslikavanja« celokupne klasične mehanike nazivamo *kvantovanjem klasične mehanike.*

Vizija mikro-sveta koju ono donosi sasvim je drukčija u odnosu na dotadašnju. *Kretanje mikro-čestica više ne podleže klasičnim uzročnim zakonima, nego zakonima verovatnoće. Pojam njihove putanje se gubi, a time i njihov identitet. I pored toga svaka čestica kao da ima uvid u celokupni razvoj događaja u nekom eksperimentu. Ogromne njihove skupine ponašaju se tako kao da je u pitanju neki talasni proces. S druge strane, ono što smo smatrali fizičkim poljem, na kvantnom nivou je postalo roj čestica neobičnih osobina. I najzad, ispostavilo se da sami istraživački uredaji imaju ogroman uticaj na mikro-pojave koje se ispituju! Takvom se svetu nismo nadali.*

Kvantovanje je bilo most kojom smo našu misao preneli u taj svet. Ali šta je ustvari kvantovanje? Da li je to samo matematička igra u kojoj smo se smutili oko onoga što oduvek razumemo? Do pred sam kraj života veliki i obazrivi Nikola Kopernik pristisnut načinom mišljenja svoga vremena, bio je sklon da kaže kako su njegovi koji pretpostavljaju Sunce u središtu našeg planetnog sistema samo računska olakšica, kojom se bolje možemo snaći u zamršenim putanjama planeta po našem nebu.

Ima nečeg sličnog u kvantovanju i Kopernikovim proračunima

Galileo *je prvi video kratere na Mesecu. Do tada se verovalo da je Mesec glatka sfera.*

D. K.

ELEKTRIČNE OSOBINE ČVRSTIH TELA

DUŠAN KOSTOSKI (Beograd)

Poznato je da se svaki atom sastoji od pozitivno naelektrisanog jezgra i elektrona — nosioca negativnog naelektrisanja, koji kruže oko jezgra. Najudaljeniji elektroni od jezgra, tzv. *valentini elektroni*, najslabije su vezani za jezgro i zato su najaktivniji pri sjedinjavanju više atoma u molekule ili čvrsta tela. Atomi u čvrstim telima mogu biti pravilno i nepravilno prostorno raspoređeni. Čvrsta tela čiji su atomi pravilno prostorno raspoređeni nazivamo *kristalima*, a ona sa nepravilnim rasporedom *amorfnim telima*

Električne osobine čvrstih tela su posledica specifičnosti atoma i nji hovih veza u kristalnoj rešetki. Prema električnim osobinama, sva čvrsta tela mogu se svrstati u *provodnike*, *poluprovodnike* i *izolatore*.

U metalima, valentni elektroni prestaju da budu vezani za bilo koji određeni atom ili grupu atoma i, u otsustvu bilo kakvog polja, oni se slobodno i haotično kreću po celoj zapremini kristala, gradeći tzv. *elektronski gas*. Imajući sve ovo u vidu, uprošćeno bi se proticanje električne struje kroz metal, unesen u električno polje, moglo shvatiti kao pomeranje elektronskog gasa u smeru delovanja polja. U idealnom kristalu metala na temperaturi apsolutne nule ovo pomeranje elektronskog gasa u smeru električnog polja odvijalo bi se bez ikakvog otpora. Međutim, u svakom realnom kristalu prisutni su razni oblici nesavršenosti kristala, poznati kao statički i dinamički *defekti*. Sudari provodnih elektrona sa defektima kristalne rešetke odgovorni su za pojavu električnog otpora.

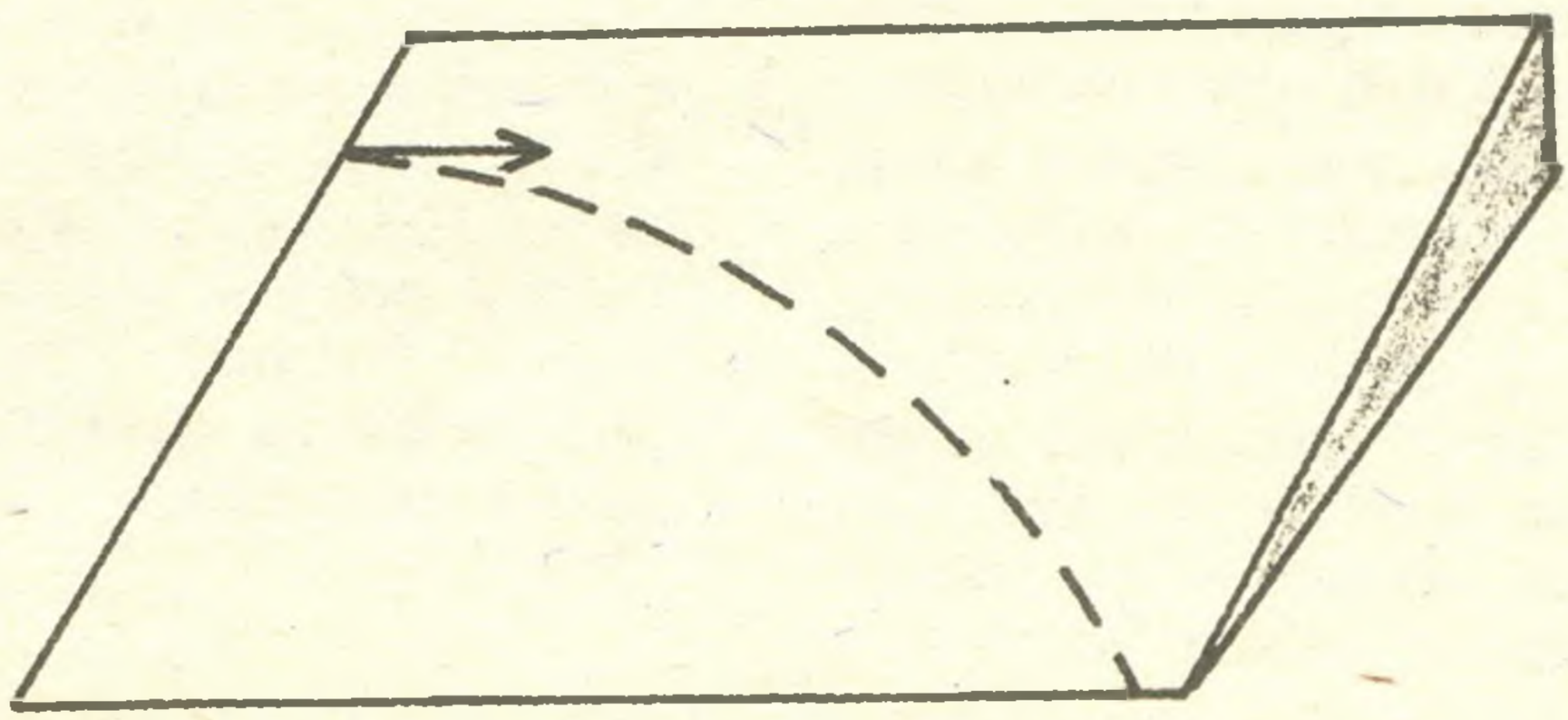
Na sobnoj temperaturi najveći doprinos otporu metalnog provodnika daju dinamički defekti, tj. toplotna oscilovanja jona oko ravnotežnog položaja u čvorovima kristalne rešetke. Snižavanjem temperature, ovaj doprinos se smanjuje, tako da na niskim temperaturama dolazi do izražaja samo doprinos od sudara sa statičkim defektima.

Hlađenjem metala smanjuje se njihov električni otpor. Smanjenje električnog otpora do nule očekivalo se tek na temperaturi od —273. °C. Međutim, za neke metale i legure nađeno je da se otpor smanjuje do nule već na oko — 250 °C i ovo stanje poznati je kao *superprovodno*. Ono je, uopšteno rečeno, rezultat neuobičajenog ponašanja submikroskopskih čestica.

Za razliku od metala, kod izolatora su svi elektroni jako vezani za jezgra, tako da nema slobodnih provodnih elektrona.

U poluprovodnicima, kao što su na primer germanijum i silicijum, spoljašnja elektronska ljuska sadrži četiri elektrona. Svaki od tih elektrona gradi sa četiri susedna atoma tzv. *kovalentnu vezu*. Ova veza obrazuje se sa dva elektrona od kojih po jedan pripada svakom od suseda. Takav par elektrona je jako vezan za odgovaajući par atoma i ne može se pomerati po zapremini poluprovodnika, zbog čega su ovi materijali izolatori. Ovo važi za poluprovodnike koji imaju idealnu strukturu i nalaze se na temperaturi

apsolutne nule. Sa povećanjem temperature dolazi do termičkog oscilovanja atoma i otuda do kidanja elektronskih veza — pojavljuju se slobodni nosioci naelektrisanja. Sa povećanjem temperature povećava se i broj slobodnih elektrona, zbog čega elektroprovodnost poluprovodnika raste, ali je još uvek manji od ukupnog broja atoma u kristalu. Ovo je prva razlika poluprovodnika u odnosu na metale. U metalima su, naime, slobodni nosioci struje uvek pristutni, na bilo kojoj temperaturi. Sledeća osobenost pouprovodnika je jaka osetljivost na prisustvo *primesa*. Na primer, kada se u kristalu germanijuma i silicijuma unesu drugi atomi — primese koji imaju pet elektrona u spoljašnjoj ljusci, četiri elektrona će se vezati sa susednim atomima germanijuma ili silicijuma, a peti će ostati kao višak, nevezan. Ovaj elektron je labavo vezan samo za njegov matični atom i zato je prvi kandidat za nosioca električne struje. Ako se provodljivost ostvaruje na račun tih elektrona, ona se naziva *primesnom provodljivošću*. S druge strane, ako se ostvaruje na račun elektrona koji se oslobađaju prekidanjem valentnih veza. provodljivost se naziva *sopstvenom*. Jasno je da kristali sasvim oslobođeni od primesa ispoljavaju samo sopstvenu provodljivost.



Galileo *je kretanje projektila demonstrirao na veoma jednostavan način, pomoću blago nagnute strme ravni (klina). Kuglica, čija je p na brzina horizontalna, kreće se ka ishodištu strme ravni po paraboličnoj liniji.*

D. K.

FIZIČKO POLJE

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Ne slučajno, često se postavlja pitanje zašto je savremena fizika mnogo manje dostupna i razumljiva »običnim« ljudima od fizike koju danas, uglavnom, nazivamo klasič nom. Tačno je da su savremene teorije komplikovanije-apstraktnije, ali to ne može biti odgovor na postavljeno pitanje, jer ni teorije klasične fizike nisu toliko jednostavne da mogu biti razumljive za one kojima fizika nije osnovni predmet interesovanja. Možda odgovor treba tražiti u činjenici da savremene fizičke teorije razmataju pojave koje nisu neposredno dostupne našim čulima, a u mnogo čemu i proivreče svakodnevnom iskustvu i usvojenoj slici sveta. Da bi ponešto razumeo od onoga o čemu govori kvantna m od onoga o čemu govori kvantna mehanika, kvantna elektrodinamika ili teorija relativnosti čovek, ako nije fizičar, mora imati bujnu maštu. Možda i nešto više od toga.

Pojam fizičkog polja, s obzirom na to da je uveden još u XIX. veku, je pogodan primer za ilustrovanje onoga što je rečeno u uvodu. Prvobitna definicija tog pojma i ono što je ona sadržala, je, bar tako se čini, lako shvatljiva za svakog. Ali krenimo od samog početka.

Posmatramo dve naelektrisane kuglice, koje se nalaze na međusobnom rastojanju r. Sila međusobnog delovanja jednaka je

$$F = \frac{q_1 q_2}{4 \pi \varepsilon_0 r}$$

To je dobro poznati Kulonov zakon. Uzmimo sada da je prva kuglica (q_1) fiksirana a da drugu kuglicu pomeramo iz jedne tačke prostora u drugu. U svakoj tački na nju će delovati sila, koja je data Kulonovim zakonom. Ako prvu kuglicu (q_1) zamenimo nenaelektrisanom kuglicom, a drugu kuglicu nastavimo da pomeramo primetićemo da sada na nju ne daluje nikakva sila. Zaključak: Svojstva dela prostora u kome se nalazi naelektrisana kuglica se razlikuju od svojstava prostora u kome ne postoji naelektrisanje. Naelektrisana kuglica stvara oko sebe električno polje. Električno polje ima to svojstvo da u svakoj tački dela prostora u kome ono postoji na uneta naelektrisanja deluje sila koja je određena Kulonovim zakonom.

Prema tome, umesto da kažemo da dve naelektrisane kuglice međusobno deluju silom koja je data Kulonovim zakonom, možemo reći da jedna od kuglica (bilo koja) stvara električno polje, a ovo deluje na drugu kuglicu koja se u njemu nalazi. Osnovna karakteristika električnog polja je jačina električnog polja E. Definiše se kao odnos sile, koja deluje na naelektrisanje, i samog naelektrisanja

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

U svakoj tački prostora, u kome električno polje postoji, jačina električnog polja ima jednu određenu vrednost. To je upravo definicija fizičkog polja

Polje fizičke veličine A je deo prostora u kome svakoj tački odgovara određena vrednost te veličine.

Ovako definisan i sa ovoliko

detalja objašnjen pojam fizičkog polja je zaista prihvatljiv i za one koje fizika previše i ne interesuje. Sve je u potpunoj saglasnosti sa svakodnevnim iskustvom. Ali, i u onome što smo rekli, iako to svako ne viđi, krije se mnogo više. To, što nije kazano ali se može videti, je osnovan razlog uvođenja pojma fizičkog polja, i razlog zbog koga pojam polja postaje apstraktniji. Pre svega, ako je reč o električnom polju, nije teško zaključiti da je polje prenosnik dejstva. Naelektrisanje stvori električno polje, a zahvaljujući njemu u stanju je da »oseti« prisustvo bilo kog drugog naelektrisanja i da na njega deluje. Postavlja se pitanje kojom se brzinom prenosi delovanje? Odgovor je: brzina prenošenja delovanja ne može biti veća od brzine svetlosti.

Sledeće pitanje, koje se samo nameće, je način prenošenja delovanja. Na koji način se delovanje prenosi? Tu moramo da stanemo, jer nije moguće da se na razumljiv način da odgovor na postavljeno pitanje. Nismo sigurni da ćete biti zadovoljni ako kažemo da je, na primer, električno polje skup od beskonačno mnogo fotona i da naelektrisanja interaguju tako što emituju i apsorbuju fotone. Znači fotoni su prenosioci dejstva, polje u vakuumu nije prazan prostor nego materijalno, jer ga čini beskonačno mnogo fotona itd. Kako vidite, samo dva pitanja su dovoljna da pojam električnog polja u velikoj meri učine apstraktnim i nerazumljivim. Fotoni, njihova apsorpcija i emisija i slične stvari su daleko od svakodnevnog iskustva i teško shvatljive za one koji bar nešto ne znaju od savremene fizike. Nismo spomenuli nikakvu komplikovanu savremenu fizičku teoriju, nego nešto što je mnogo puta eksperimentalno potvrđueno.

Međutim, reč je o pojavama čije je posmatranje dostupno samo onima koji se fizikom bave, ali ne i ostalima. Prema tome, pojam fizičkog polja ne možemo da objasnimo na zadovoljavajući način, ne zato što se on opisuje nekom komplikovanom fizičkom teorijom, iako je i to tačno, nego zato što njegov definicija često sadrži i pojmove koji se odnose na pojave nedostupne svakodnevnom ljudskom iskustvu.

Iskustva o elektricitetu i magnetizmu postoje od davnina. Međutim, prvo naučno delo iz ove oblasti objavljeno je u Londonu, **1600**. *godine. Bila je to knjiga dvorskog lekara* **Vilijama Džilberta,** *»O magnetu, magnetnim telima i o velikom magnetu Zemlji«. Mnogi nisu razumeli značaj Džilbertovih 'eksperimentalnih saznanja, i* **Galilieo** *je oštro ustao u odbranu dragocene knjige: »Najveću pohvalu zaslužuje Džilbert zato što je izveo mnogo novih i tačnih posmatranja. Time su posramljeni šupljoglavi i lažljivi autori koji ne samo da pišu o onome što ni sami ne znaju, nego predaju dalje sve ono što su čuli od neznalica i glupaka.«*

D. K.

LASERI — OSNOVNI PRINCIPI RADA

MIODRAG KULIĆ (Beograd)

Istorijski posmatrano, otkriće lasera je posledica nastojanja fizičara da stvore uređaj koji proizvodi *koherentan* snop elektromagnetnih talasa u optičkom delu spektra. Do otkrića lasera postojali su uređaji — radiopredajnici, koji su proizvodili koherentne snopove radiotalasa sa malim *šumom*. To je omogućilo da se upotrebe kao uređaji za prenošenje informacija. Koherentnost i šum su važne karakteristike elektromagnetnih talasa, a da bismo shvatili njihov smisao razmotrićemo svetlosno značenje koje potiče iz sijalice. Atomi volframove niti (niti koja svetli u sijalici) poseduju diskretne energetske nivoe — najniži nivo je *osnovno* stanje a viši nivoi se nazivaju *pobuđeni*. Prilikom zagrevanja niti izvestan broj atoma se prebacuje u pobuđeno stanje, ali se isto tako pobuđeni atomi »vraćaju« u osnovno stanje, emitujući kvantne elektromagnetnog zračenja — *fotone*. Pri tome se ne vraćaju svi istovremeno u osnovno stanje već ispuštaju fotone haotično u vremenu i u prostoru. Ovakvi izvori svetlosti se nazivaju toplotni *izvori svetlosti* a odlikuju ih dve bitne karakteristike: 1. Atomi ispuštaju fotone na slučajan način (haotično) nezavisno jedan od drugog — svetlosni signal od takvog izvora *nije vremenski koherentan;* 2. Atomi zrače haotično u svim pravcima pa je zračenje izotropno — svetlosni signal *nije prostorno koherentan*. Ova nekoherentnost se može i eksperimentalno utvrditi proučavajući interferenciju talasa iz toplotnog izvora svetlosti Za ovakve izvore se kaže da su generatori *šuma*.

Verovatno zaključujete da je neophodno prinuditi atome da ispuštaju fotone u pravilnim vremenskim razmacima i u određenom pravcu da bi se dobio vremənski i prostorno koherentan snop. U radiotehnici se dobijanje ovakvog snopa ostvaruje uz pomoć cevnog generatora (ili tranzistora) i rezonatora čije dimenzije ne prevazilaze znatno talasnu dužinu zračenja. Ovaj prilaz nije moguće primeniti za dobijanje koherentnog snopa u optičkom delu spektra elektromagnetnih talasa, jer bi dimenzije rezonatora bile reda nekoliko hiljada angstrema ($1Å = 10^{-8}$ cm), što je praktično emoguće konstruisati.

Između 1954 — 1960 konstruisani su uređaji koji daju *koherentan snop velikog intenziteta* u optičkom delu spektra, a dobili su naziv *laser*. Naziv potiče od prvih slova engleskih reči »Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation« što znači »pojačanje svetlosti stimulisanom emisijom«.

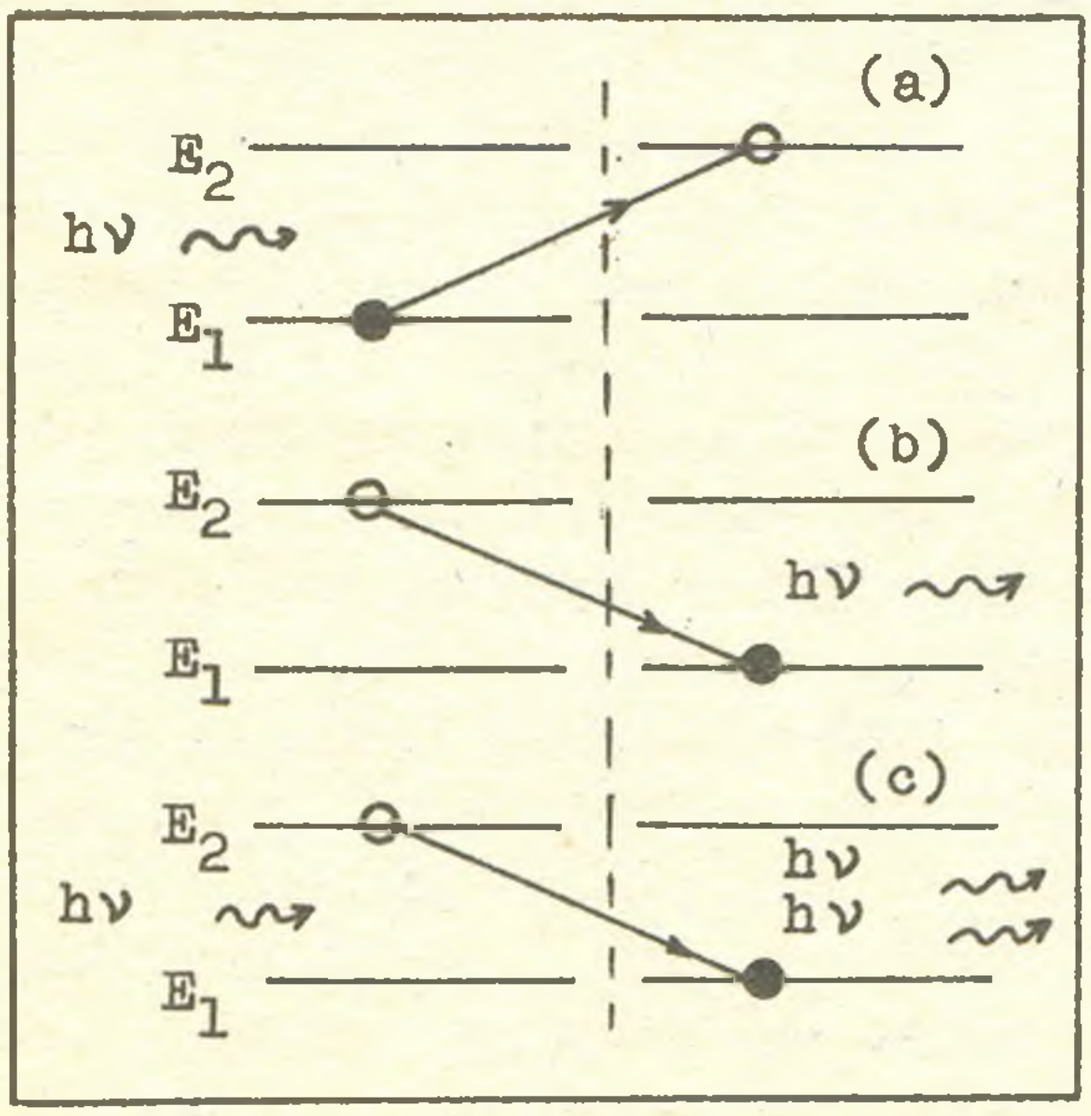
Novi pojmovi koji se pojavljuju — *stimulisana* i *spontana emisija* proizilaze iz teorije koja se naziva kvantna elektrodinamika. Ona se zasniva na kvantnomehaničkom opisivanju čestica (elektronii protoni, atomi . . .) i elektromagnetnog polja. Ipak na jednom prostom modelu može se shvatiti šta su sti-

mulisana i spontana emisija i kakvu ulogu imaju u radu lasera.

Već je spomenuto da se prelaz atoma (molekula) sa višeg energetskog nivoa (E_2) na niži (E_1) ostvaruje uz zračenje fotona, a obrnu prelaz $E_1 \rightarrow E_2$ uz aspsorpsciju. Za rad lasera bitno je samo nekoliko nivoa, a sam laserski efekat se ostvaruje između dva energetska nivoa — dvonivoska šema, te ćemo u okviru te šeme prikazane na slici 1. objasniti spontanu i stimulisanu emisiju kao i sam laserski efekat.

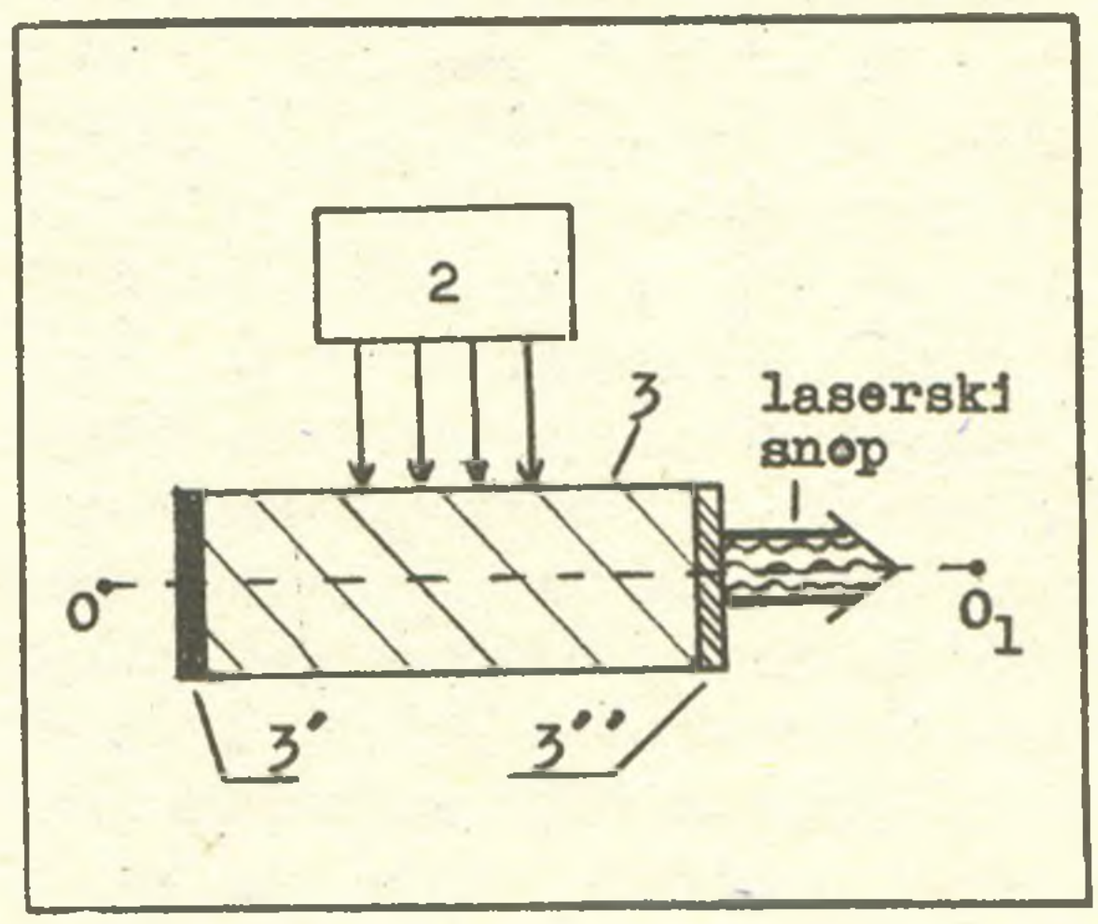
Atom u osnovnom stanju *apsorbuje* foton energije $h\nu = E_2 - E_1$ i prelazi u pobuđeno stanje (sl. 1. a). U toku nekog intervala vremena τ_s, atom spontano izrači foton u proizvoljnom pravcu. Ovaj tip zračenja je jedan od uzroka šuma u optičkom delu spektra (sl. 1.b).

Vreme τ_s, u toku kojeg se spontano izrači foton, je obrnuto proporcionalno kubu učestanosti izračenog fotona tj. $\tau_s \sim \nu^3$ i veoma



Slika 1.

je malo za zračenje u optičkom delu spektra. Ono nameće oštre uslo



Slika 2.

ve za realizaciju lasera.

Međutim, postoji još jedan način emisije fotona (sl. 1.c) Naime ako se foton učestanosti $\nu = \frac{E_2 + E_1}{h}$ sudari sa pobuđenim atomom, tada atom ispušta foton (»talas«) koji ima *istu* učestanost, fazu, pravac kretanja i polarizaciju kao i prvobitni foton. Ovo prinudno zračenje se naziva *stimulisana emisoija.*

Shvativši pojam stimulisane emisije možemo konačno proučiti rad lasera čija je funkcionalna šema prikazana na slici 2. Sa slike 2. uočavamo da je za rad lasera potrebna *aktivna sredina* (atomi, molekuli) — (1), čiji veliki broj atoma može biti preveden u pobuđeno stanje spoljašnjim izvorom pobude — (2), tj. takozvanim *optičkim panjem*. Aktivna sredina se postavlja u rezonatorsku šupljinu—(3) koja ima za cilj da pojača zračenje na jednoj učestanosti — učestanosti talasa koja izlazi iz lasera. Na krajevima rezonantora su nepropus-

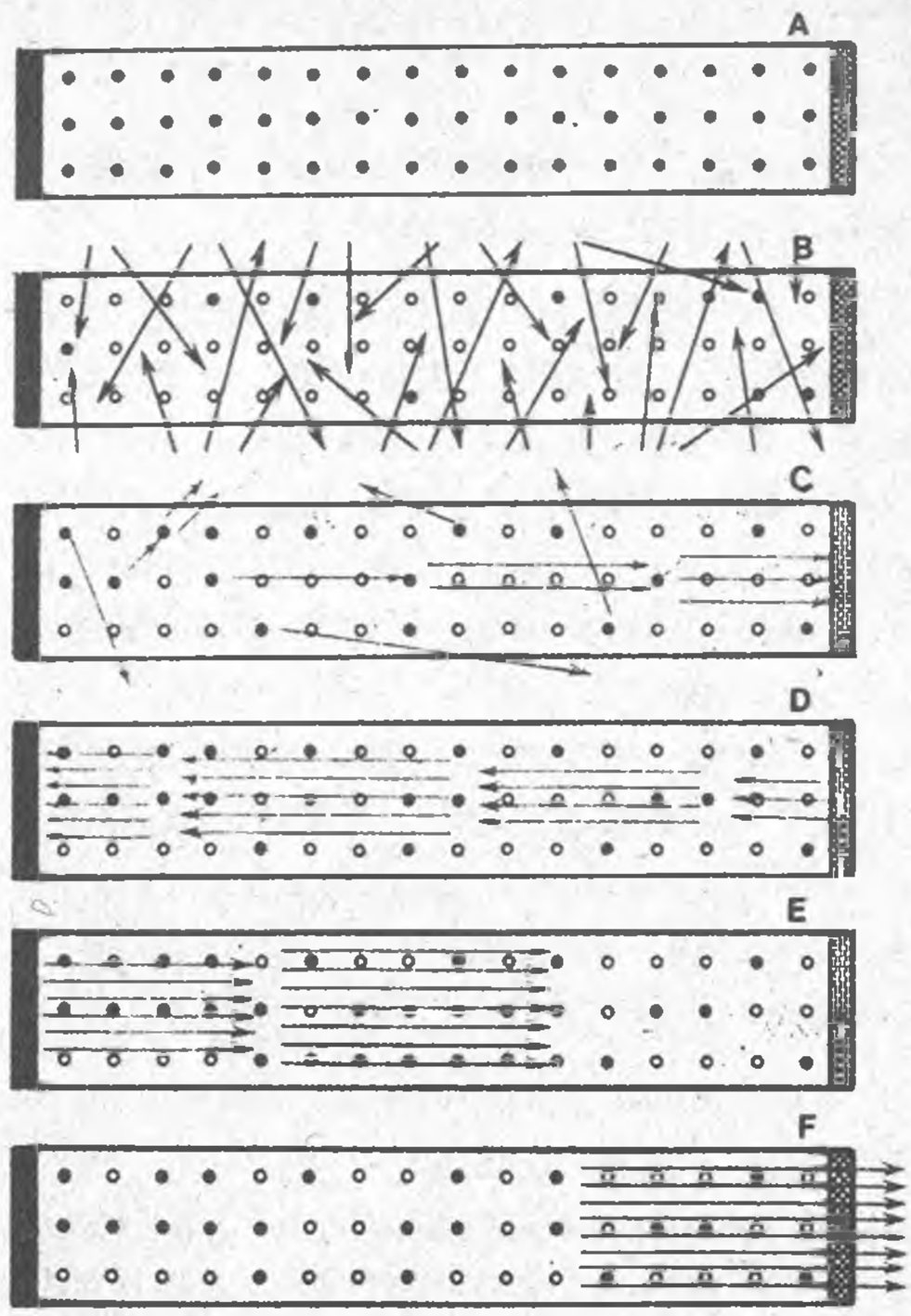
tljivo ogledalo—(3′) i poluprovopustljavo ogledalo — (3″) kroz koje izlazi laserski snop.

Proces *generacije* laserskog zračenja se odvija u sledećim fazama (slika 3.). Atomi (većina) se nalaze u osnovnom stanju (sl. 3. a). Optičkim pu panej se *veći deo* atoma prevodi u pobuđeno stanje (sl. 3.b). Vraćanje atoma u osnovno stanje počinje da se odvija spontanom emisijom a većina spontano pobuđenih atoma izlazi kroz bočne stane rezonatora. Fotoni koji se kreću duž ose 00_1 rezonatora stimulišu pobuđene atome na svom putu da zrače fotone iste *učestanosti*, faze, pravca i polarizacije (sl. 3. c). Ovaj proces se odvija dalje tj. stvoreni fotoni stimulišu pojavu novih a to se odvija i posle refleksije na ogledalu (3″) (sl. 3.d). Ako su gubici broja fotona u snopu duž 00_1 (usled rasejanja, apsorpcije na ogledalima itd.) manji od povećanja njihovog broja usled stimulisane emisije, u rezonatoru se realizuje talas čiji intenzitet raste posle višestrukog odbijanja od ogledala i prostiranja kroz aktivnu sredinu (sl. 3.e).

Konačno u rezonatoru se uspostavlja stojeći talas koji je velikog intenziteta i koherentan. Ovaj snop izlazi kroz polupropustljivo ogledalo (3″) u vidu laserskog zračenja koje ima određenu učestanost i malu divergenciju (razilaženje) snopa (sl. 3.f).

Naravno ovaj opis je prilično grub i mnogi procesi koji se odvijaju u laseru nisu ovde spomenuti, jer bi vam to zamaskiralo osnovne principe i efekte.

Bitno je napomenuti da se laserski efekat ostvaruje samo tada ako je »pumpanje« aktivne sredine



Slika 3.

takvo da je broj pobuđenih atoma N_2 veći od broja atoma u osnovnom stanju N_1 tj. $N_2 > N_1$. Za ovakvu naseljenost energestkih nivoa kaže se da je *inverzna*.

Verovatno ste uočili da spontana emisija započinje laserski efekat. S druge strane ona nameće ograničenje na proces i brzinu optičkog pumpanja, jer teži da uspostavi normalnu naseljenost nivoa u sistemu tj. da bude $N_1 > N_2$. Ukoliko je učestanost koju želimo da generišemo laserom veća to je vreme života atoma na nivou E_2 kraće $\tau_s \sim \nu^3$) što uslovljava da se atomi moraju »podizati« na energetski nivo E_2 veoma brzo tj. zahteva se velika brzina pumpanja. To je jedan od glavnih problema koji stoje na putu ostvarenja lasera u ultravioletnom opsegu (UV) i rengenskskom opsegu (X) spektra. Takođe i problem pravljenja ogledala sa dobrim refleksionim osobinama na velikim učetsnoatima za sada nije rešen.

APSOLUTNA NULA

D. SEKULIĆ (Novi Sad)

Za početak naših razmišljanja o pojmu apsolutne nule podsetimo se šta je to temperatura. Suvoparnim jezikom termodinamike može se grubo reći da je temperatura *fizička veličina* koja nam govori o tome koliki je »nivo« *unutrašnje energije* posmatranog sistema.

Ukoliko bismo želeli da budemo još strožiji u definiciji morali bi reći da se temperatura u okviru klasične termodinamike posredno definiše. Kažemo da dva tela imaju *istu* temperaturu kada su u tzv. *toplotnoj ravnoteži* odnosno kada su toliko dugo u toplotnom dodiru da se ne menja ni jedna od veličina koje karakterišu toplotno stanje sistema (pored temperature to može biti i zapremina i pritisak recimo kod gasova a pre svega unutrašnja energija). Ovako definisana temperatura ima za nas jednu »nezgodnu« osobinu: nju je, naime, *nemoguće* direktno meriti. U stvarnosti mi možemo da merimo samo promene pojedinih fizičkih veličina u toplotnim procesima Vrednost ima tih veličina se pripisuje odgovarajuća temperatura (u termometru se stvarno registruje toplotno širenje žive, alkohola ili neke druge materije).

Stvar je našeg međusobnog dogovora kakvu skalu ćemo izabrati za merenje temperature ili njenih promena. Na to ukazuje i postojanje više *temperaturskih skala* (Celzijusova, Farenhajtova, Reomirova te Kelvinova) Ukoliko usvojimo dogovorom da smeša vode i leda na normalnom pritsku (10132500 Pa) ima temperaturu od 0°, a voda koja ključa na tom istom pritisku da ima temperaturu 100°, te tu razliku podelimo na sto jednakih delova i dobijenu skalu proširimo ispod 0° i iznad 100° istim podeocima, dobili smo Celzijusovu skalu temperature. U fizici se najviše koristi tzv. Kelvinova skala u kojoj je 0° C na 273,16 K (stepeni Kelvina), odnosno 0 K je na — 273,16 °C. Razmak između podeoka isti je kao i kod Celzijusove skale

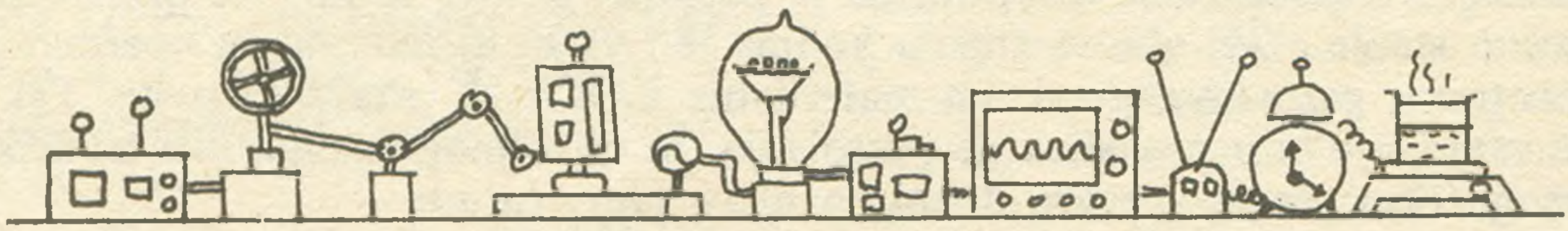
Kako se razvijala fizika tako se proširivao i opseg temperatura u kome su posmatrane pojedine fizičke pojave. Fizičari su ustanovili da je na veoma niskim temperaturama moguće pretvarati sve gasove u tečno stanje. Ovo saznanje je bilo od ogromnog značaja za razvoj niskotemperaturnih istraživanja. U početku se smatralo da je pojedine gasove nemoguće pretvoriti u tečno stanje. Ovi gasovi (među kojima je i vazduh) nazvani su »permanennentnim« gasovima tj. takvim materijama koje uvek ostaju gasovite. Takvo shvatanje je bilo posledica ne postojanja, ni dovoljnog znanja, niti tehničkih mogućnosti da se ostvare dovoljno niske temperature.

Fizičari su zapazili da što se više približavamo 0 K sve je teže ostvarivati niže temperature. Da bi ovaj zaključak slikovito opisali poslužimo se sledećim poređenjem. Zamislimo da temperaturna skala sa svojim podeocima predstavlja nekakvo stepenište kojim se fizičari penju ili spuštaju pri osvajajnju nižih ili viših temperatura. Ukoliko krenemo u osvajanje veoma niskih temperatura, u početku ćemo savladavati stepenike uobičajene visine i naš silazak neće biti naporan. No sa približavanjem veoma niskim temperaturama stepenici će postajati sve višlji te bez solidnih alpinističkih spsosobniosti

nećemo daleko stići. Istraživači su sve više dolazili do ubeđenja da je nastojanje da se dostigne nula stepeni Kelvina ravno uzaludnom Sizifovom trudu, koji ne donosi nikakve rezultate. Bez obzira na stalna eksperimentalna nastojanja i usavršavanja tehnike dobijanja izuzetno niskih temperatura, očito je bilo potrebno teorijskim putem ustanoviti da li je moguće tu *apsolutnu nulu* ostvariti.

Eksperimenti su do danas omogućili da se materija »ohladi« (misli se na telo u celini) do temperature od 0,0001 K (a pojedini njeni »delovi« čak do 0,000001 K. No, te temperature su još daleko od 0 K! Setimo se poređenja sa stepenicama kod kojih visina svakog stepenika fantastičnom brzinom raste kako se približavamo temperaturi od 0 K. Ako razmak između dva stepena Kelvinove sklae u domenu visokih temperatura označaimo visinom »stepenika« od nekoliko cm tada razmaku od 0,001 do 0,00001 K odgovara kilometarska visina »stepenika«.

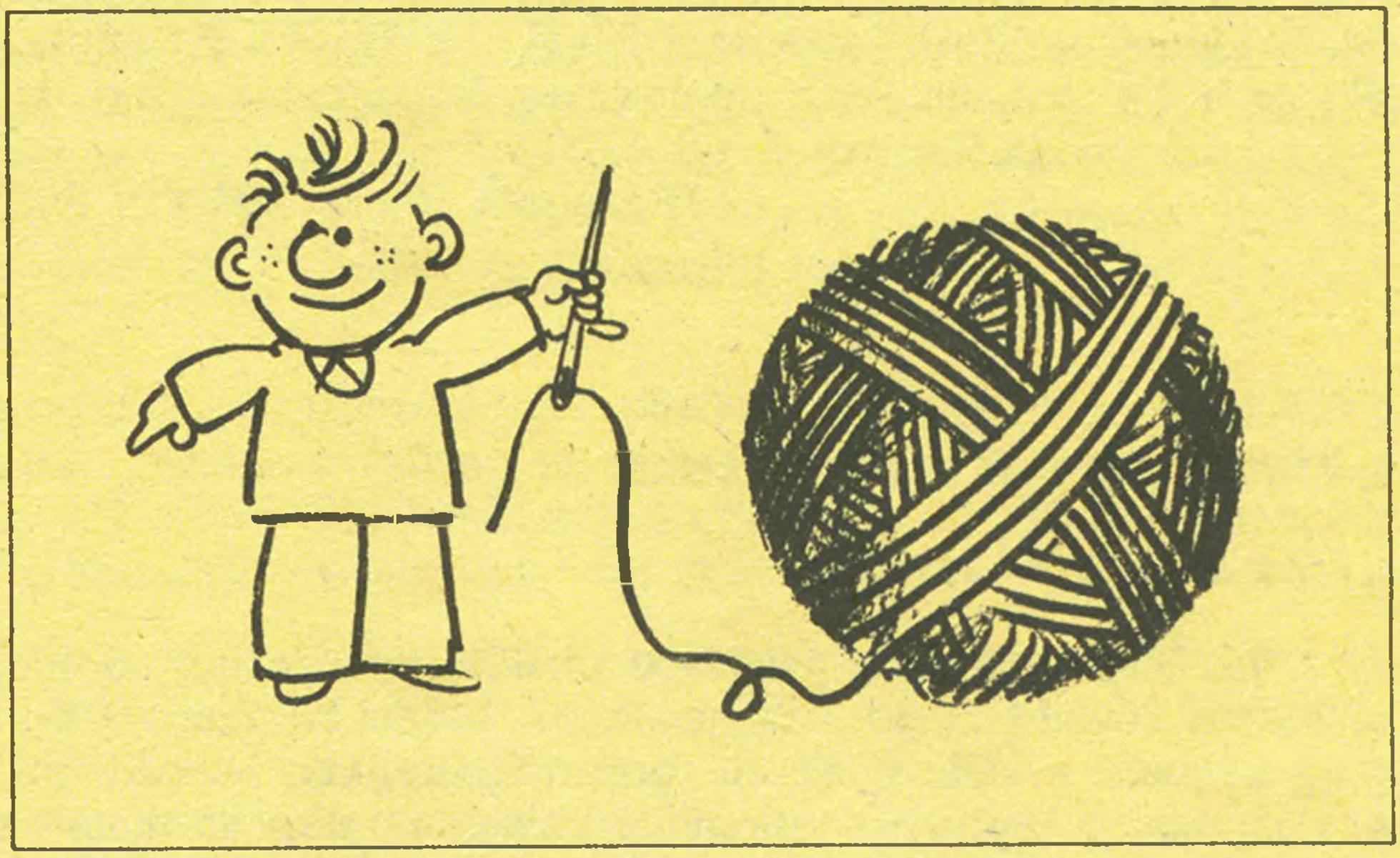
Herman Nernst (W.H.Nernst), poznati nemački fizičar i fiziko-hemičar, dobitnik Nobelove nagrrade 1920. godine, postavio je početkom ovog veka temelje teorijskom dokazu da je apsolutnu nulu (0 K) nemoguće dostići. Nernst je 1906. godine objavio u Gotingenu svoju čuvenu »toplotnu teoremu«, koju je kasnije Simon (Simon, F.E.) 1927. drugačije formulisao kao »treći princip termodinamike«. Objašnjenje ovog principa nije moguće na ovom mestu jednostavno dati. Prema ovom principu svi mogući putevi koji su nam na raspolaganju za dobijanje apsolutne núle postaju suprotni važećim fizičkim zakonima. Telu, kada bi ga i mogli »ohladiti« na apsolutnu nulu, dovoljno je dovesti beskonačno malu količinu toplote nije moguće ohladiti materiju do apsolutne nule.



Ako su kasni XVIII i XIX vek doba parne mašine, onda su kasni XVI i XVII vek 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 XVII veku bitno usavršeni.*

D. K.

ZADACI



ODABRANI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

89. Čovek težine 686,7 N iskače iz čamca brzinom od 5 m/s. Pri tome čamac dobija brzinu od 2 m/s. Odredite masu čamca.

(Rezultat: 175 kg)

90. Sa zakašnjenjem od 9 s posle bljeska munje čuje se udar groma. Odredite rastojanje od mesta udara groma do posmatrača.

(Rezultat: 3060 m)

B/ Za učenike VII razreda

91. Zlato se može spljoštiti do debljine 0,1 m. Koliku površinu možemo pokriti ukoliko imamo 2 g zlata? Za gustinu zlata uzeti vrednost od 19300 kg/m^3.

(Rezultat: 1,04 m^2)

92. Manometar pokazuje da je pritisak pare u parnom kotlu $1,1 \cdot 10\ N/m^2$. Površina otvora koga zatvara sigurnostni ventil iznosi 400 mm^2. Odrediti silu kojom para deluje na ventil.

(Rezultat: 480 N)

C/ Za učenike VIII razreda

93. Dva tačkasta naelektrisanja od $-6 \cdot 10^{-6}$ C i $+8 \cdot 10^{-6}$ C nalaze se na izvesnom rastojanju. Tačkasta neaelktrisanja dovedemo u neposredan kontakt i potom razdvojimo na isto rstojanje. Odrediti odnos vrednosti intenziteta sila pre i posenjihovog spajanja.

(Rezultat: 48)

94. Tri kondenazatora kapaciteta 2 μ F, 3 μ F i 4 μ F vezana su redno. Koliki će biti napon na krajevima svakog kondenzatora ako je na krajevima redne veze priključen napon od 1300 V?

(Rezultat: 600 V, 400 V i 300 V)

KONKURSNI ZADACI

A/ Za učenike VI razreda

95. Komad livenog gvožđa u vazduhu ima težinu od 191,30 N, a kada se potopi u vodu njegova težina iznosi 165,54 N. Znajući da se pri livenju ovog komada gvožđa u njemu formirala šupljina, odrediti procentualni odnos zapremine šupljine i zapremine koja je popunjena metalom. Uzeti da je gustina gvožđa 7800 kg/z^3.

96. Tokom prve polovine vremena svoga kretanja automobil se kretao brzinom od 80 km/h, a tokom druge polovine vremena 40 km/h. Odrediti srednju brzinu kretanja automobila.

97. Kolikom silom treba delovati na dršku čekića, da bi smo izvadili ekser iz drveta, ako je sila otpora eksera 160 N? Dužina drške zajedno sa metalnim delom čekića je 32 cm a dužina metalnog dela čekića 8 cm. (Uz rešenje zadatka priložiti i sliku koja odgovara tekstu zadatka).

B/ Za učenike VII razreda

98. Aluminijumska i bakarne kugla, od kojih je jedna puna a druga delimično šuplja, okačene su na krajeve raznokrake poluge, tako da je u vazduhu poluga uravnotežena. Odrediti koja je od ovih dveju kugli puna, ako se pri potapanju kugli u vodu nije narušiala ravnoteža poluge. Koliko iznosi zapremina šupljine, ako se zna da je masa bakarne kugle 0,4 kg?

99. Valjak mase 100 kg, čiji je poluprečnik osnove 0,5 m treba prevući preko ivičnjaka visine 0,30 m. Odrediti najmanju vrednost sile kojom treba vući valjak u horizontalnom pravcu, tako da napadna tačka bude na osovini valjka, da bi valjak prevukli preko ivičnjaka. (Uz rešenje zadatka priložiti i sliku saglasno tekstu zadatka).

100. U uspravnoj staklenoj cevi, čiji je donji kraj zatvoren, nalazi se stub vazduha visine 20 ,0 cm, a iznad njega stub žive visine 1,8 cm. Ako preo-

krenemo cev, tako da njen otvoren kraj bude dole, stub vazduha se poveća na 21 cm. Uzimajući u obzir da je temperatura vazduha stalna, odrediti vrednost atmosferskog pritiska. Pretpostavlja se da živa neće izaći kada se cev obrne.

C/ Za učenike VIII razreda

101. Horizontalne postavljene ploče ravnog kondenzatora nalaze se u vakuumu na rastojanju od 5 mm. Pri naponu od 154 V, mikroskopom se uoči da u prostoru između ploča lebdi naelektrisana čestica mase $1 \cdot 10^{-11}$ g. Ako se čestica ozrači nekim jonizujućim zračenjem naelektrisanje joj se promeni za q. Da bi čestica i dalje lebdela, potrebno je da se napon između ploča poveća na 162 V. Odrediti za koliko se promenilo naelektrisanje čestice pri jonizovanju.

102. Kondenzator kapaciteta 6 μ F naelektrisan je do napona od 400 V Ovaj kondenzator se veže paralelno sa nenaelektisanim kondenzatorom kapaciteta 10 μ F. Odrediti koliki će biti napon i količina elektriciteta na svakom kondenzatoru pojedinačno posle njihovog vezivanja.

103. Dve jednake kuglice mase 0,5 g okačenae su lakim neistegljivim koncima jednakih dužina o istu tačku. Kada se jedna kuglica naelektriše određenom količinom elektriciteta, kuglice se posle međusobnog dodira odbiju na rastojanje, koje je 6 puta manje od dužine konca o koju je okačena kuglica. Odrediti količinu elektriciteta kojom je pre dodira sa drugom kuglicom bila naelektrisana prva kuglica.

Zadatke pripremio A. SREĆKOVIĆ

UPUTSTVA ZA REŠENJE KONKURSNIH ZADATAKA

Rešite konkursne zadatke iz ovog broja *Mladog fizičara* i rešenja pošaljite *Društvu matematičara, fižičara i astronoma SR Srbije.* Interesantna rešenja i imena svih učesnika koji su sve zadatke (ili neke od njih) tačno rešili objavićemo u sledećem broju *Mladog.* Najuspešnijim rešavačima za svaki razred dodelićemo prigodne nagrede na kraju školske godine.

Svako rešenje (s rednim brojem zadataka i tekstom) treba obrazložiti na jednoj strani lista hartije. Rešenje treba čitko potpisati punim prezimenom i imenom navodeći razred, školu, mesto i svoju adresu. Navedite i ime i prezime svog nastavinka fizike.

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

Rešenja zadataka iz ovog broja pošaljite običnom poštom najkasnije do 20. XI 1979. godine na sledeću adresu:

Društvo matematičara, fizičara
i astronoma SR Srbije
(Konkursni zadaci iz fizike)
p. p. 791
11001 Beograd

NAGRADNI ZADATAK BROJ 10.

Jedan avanturista, a takvih je danas mnogo, odlučio je da veslajući pređe, na primer, Sredozemno more. Svom dobrom prijatelju, koji je iz razumljivih razloga veoma zabrinut, daje sledeće obećanje: »Da bi znao da je sa mnom sve u redu, svaka dva sata ću slati pismo po golubu pismoniši, što znači da ćeš svaka dva sata imati vesti od mene.« Nakon toga, avanturista je ušao u svoj čamac i pošao na put brzinom od 10. km/h. Kao što je obećao, svaka dva sata je puštao po jednog goluba pismonošu sa porukom za prijatelja, koja je obavezno stizala do njega nošena brzinom od 50 km/h Međutim, nakon izvesnog vremena avanturista je dobio, na sličan način, poruku od prijatelja u kojoj ga je ovaj ukorio jer ne drži datu reč: »Obećao si da ću svaka dva sata dobijati poruku od tebe, a interval između poruka koje šalješ je dužiα«.

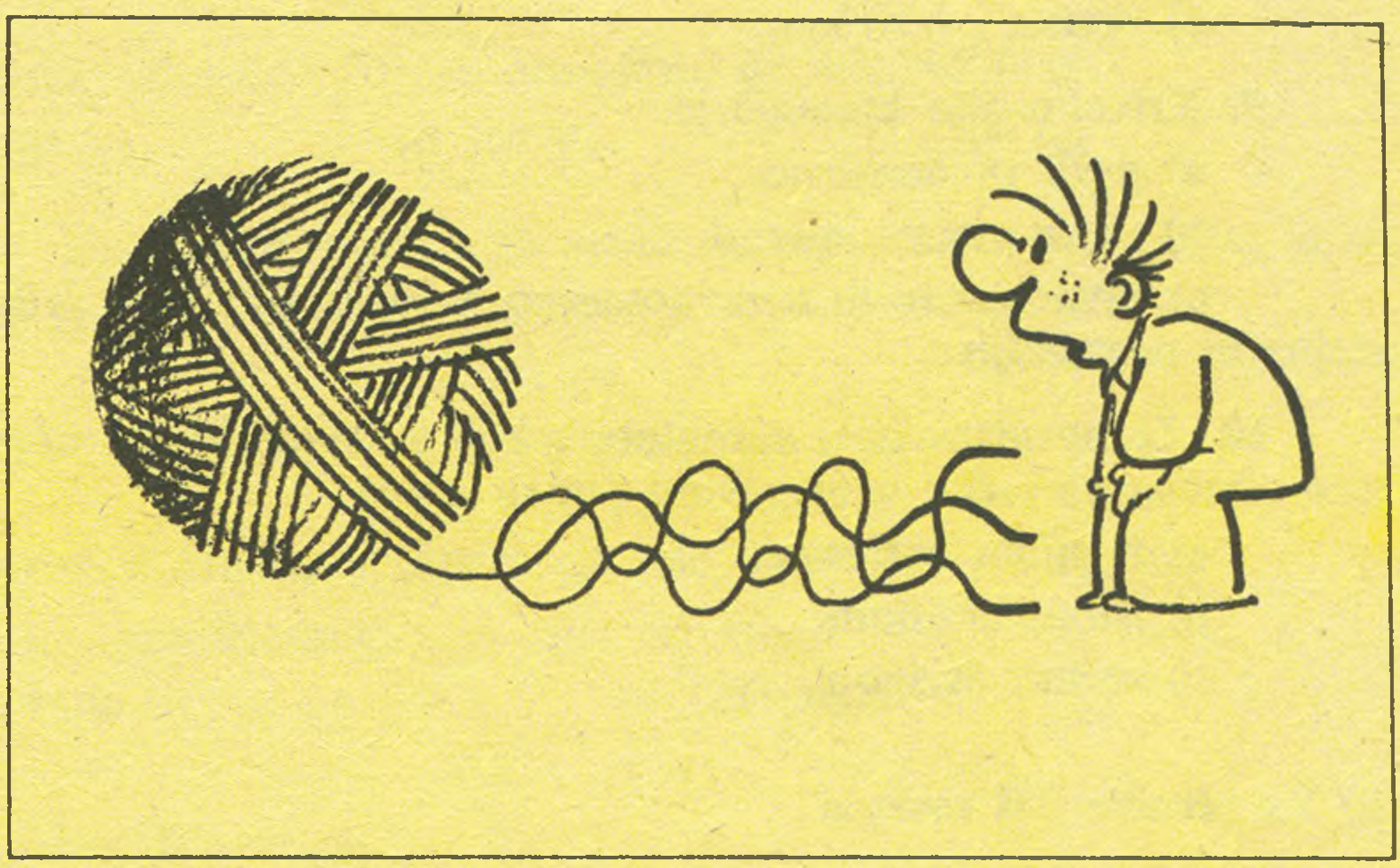
a) Da li prijatelj govori istinu?

b) U kojim vremenskim intervalima prijatelj dobija poruke od avantursite, koje ovaj šalje u intervalima od 2 sata?

Pripremio **Lj. Ristovski**

Napomena: Rešenje pošaljite na adresu Društvo matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije (nagradni zadatak iz fizike), p. p. 791, 11001 Beograd. Na samom radu ispišite svoje ime i prezime, razred, naziv škole, svoju adresu i ime i prezime svog nastavnika fizike. Rezultat, pošaljite najkasnije do 20. XI 1979. godine. Za tačno rešenje ovog zadatka biće nagrađeno 10 učenika. Po potrebi odlučiće žreb.

TEST



A) Za učenike VI razreda

1. Osnovnih jedinica Međunarodnog sistema ima

a) 5. b) 7. c) 9

2. Mikrometarskim zavrtanjem izmerena je dužina

a) 0.0032 cm. b) 0.032 cm. c) 0.032 cm.

3. Vreme od 3 s može se izraziti na sledeći način

a) 0.03 min. b) 0.05 min. c) 0.3 min.

4. Dimenzije atoma su reda veličine

a) $\frac{1}{10^5}$ m. b) $\frac{1}{10^{10}}$ m. c) $\frac{1}{10^{15}}$ m.

5. Nakon malog povećanja kritičnog rastojanja među molekulima dolazi do

a) njihovog privlačenja.
b) njihovog odbijanja.
c) prestanka dejstva među njima.

6. Pri promeni agregatnog stanja hemijski sastav supstancije se

a) menja. b) ne menja.

7. Prosečna brzina pešaka je 1.1 m/s. U km/h ona približno iznosi
a) 3. b) 4. c) 5.

8. Samo brojnom vrednošću u potpunosti su određeni
a) vreme i zapremina.
b) put i vreme.
c) brzina i površina.

9. Krivolinijsko kretanje je
a) uvek ravnomerno.
b) uvek neravnomerno.
c) ravnomerno ili neravnomerno, u zavisnosti da li je brzina brojno stalna ili promenljiva.

10. Za posmatrača u automobilu koji se kreće, tačka na obodu točka se u odnosu na tačku u njegovom centru kreće
a) manjom brzinom.
b) istom brzinom.
c) većom brzinom.

B) Za učenike VII razreda

1. Skalarne veličine su
a) sila i masa.
b) masa i pritisak.
c) pritisak i temperatura.
d) temperatura i vreme.
e) vreme i pritisak.
f) pritisak i sila.

2. Dijagram brzine za jednako ubrzano kretanje je
a) prava paralelna t — osi.
b) prava paralelna v — osi.
c) prava koja sa t — osom zaklapa oštar ugao.
d) kriva linija.

3. Ako je ugao između dve sile iste jačine (F) koje napadaju istu tačku 60°, jačina njihove razlike je
a) 0. b) F. c) 2 F.

4. Sa porastom nadmorske visine tela, njegova težina
a) raste. b) ostaje ista. c) opada.

5. Ako se telo pomera od ekvatora ka polu, njegova masa
a) raste. b) ostaje ista. c) opada.

6. Jedinica Međunarcdnog sistea za potisak je
a) kp/cm^2.
b) N.
c) N/m^2.
d) fizička atmosfera.

7. Hidrostatički pritisak ne zavisi od
   a) vrste tečnosti u sudu.
   b) količine tečnosti u sudu
   c) geografske širine.
   d) visine tečnosti u sudu.

8. Pritisak od jedne fizičke atmosfere je reda veličine
   a) 10^4 Pa. b) 10^5 Pa. c) 10^6 Pa.

9. Ako telo slobodno pada sa visine *h*, neposredno pred udar o tlo imaće brzinu

   a) $\frac{1}{2}$ gh. b) 2 gh. c) $\sqrt{\frac{1}{2}\text{gh}}$. d) $\sqrt{2\text{gh}}$.

10. Proizvod pritiska i zapremine ima dimenzije
   a) količine kretanja. c) sile.
   b) rada. d) mase.

C) Za učenike VIII razreda

1. Ako se elektroskopu, čiji su listići razmaknuti, prinese pozitivno naelektrisana kuglica i razmak među listićima se smanji, zaključuje se da je elektroskop bio
   a) pozitivno naelektrisan.
   b) elektroneutralan.
   c) negativno nealektrisan.

2. Elementarno naelektrisanje imaju
   a) neutron i elektron.
   b) elektron i jezgro helijuma.
   c) proton i jezgro vodonika.
   d) neutron i jezgro vodonika.

3. Ako je u Kulonovom zakonu, $F=kq_1 q_2/r^2$, koeficijent proporcionalnosti, k, jednak jedinici, sila se izražava u
   a) njutnima. b) dinima. c) kilopondima.

4. Linije sile elektrostatičkog polja zaklapaju sa provodnikom ugao koji je
   a) oštar. b) prav. c) tup.

5. Proizvod naelektrisanja i razlike potencijala ima dimenzije
   a) rada. b) količine kretanja. c) sile.

6. Kapacitet kondenzatora između čijih je obloga izolator je u odnosu na kapacitet istog kondenzatora između čijih je obloga vazduh

a) veći. b) isti. c) manji.

d) veći ili manji, zavisno od vrste izolatora.

7. Hemijska energija transormiše se u električnu

a) generatorima. c) induktorima.

b) galvanskim elementima. d) elektroskopima.

8. Otpor metalnih provodnika sa porastom temperature

a) raste. b) ostaje isti. c) opada.

d) raste ili opada, zavisno od vrste metala.

9. Ukupni otpor paralelne veze više otpora je

a) veći od najmanjeg otpora u vezi.

b) jednak najvećem otporu u vezi.

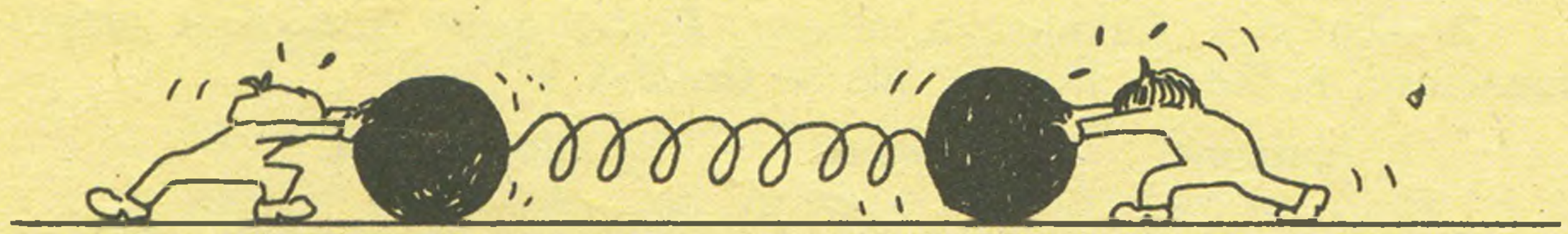
c) jednak najmanjem otporu u vezi.

d) manji od najmanjeg otpora u vezi.

10. Ako je u Lenc-Džulovom zakonu, $Q=kUIt$, koeficijent proporcionalnosti, k, jednak jedinici, količina toplote izražava se u

a) kalorijama. b) vatima. c) džulima.

(Testove pripremio **Đušan Koledin**)



ZADACI—PITANJA

37. Sa visine od nekoliko stotina metara iz balona-aerostata ispušten je živin barometar. Šta će on pokazivati pri padu vertikalno naniže?

38. Poznato je da težina tela zavisi od geografske širine, tako što se od polova prema ekvatoru smanjuje. Zašto? Na primer, brod u Belom moru ima težinu 200 000 kN, a u Crnom 800 kN manje .Ako uzmemo da je gustina vode u oba mora približno jednaka, da li će uronuće — gaz broda biti različit ili isti? (Gaz broda se meri visinom broda koja se nalavzi u vodi)

39. Kada automobil na putu naiđe na uzbrdicu, vozač menja brzinu vozila, prelazeći iz višeg stepena u niži, na primer, iz četvrte u drugu brzinu. Obično se kaže da se to čini zato što tada vozilo ima veću snagu i lakše savlađuje uspon. Da li je to tačno?

40. Jedan dečak ima male sijalice u boji predviđene za napon od 6 V, a drugi sijalice predviđene za napon od 110 V. Kako će ukrasiti novogodišnju jelku prvi, a kako drugi dečak, napajajući ih naponom iz gradske mreže?

41. Kako treba vezati dva jednaka grejača-spirale kod električne grejalice (kalorifera) da bi brže porasla temperatura vazduha u sobi? Obrazložite odgovor!

42. Koju najmanju visinu treba da ima ravno ogledalo da bi čovek u njemu mogao videti sebe celoga?

Pripremio T. PETROVIĆ

ODGOVORI NA ZADATKE—PITANJA IZ BROJA 10

31. Sadržaj nekuvanog jajeta je tečan, a kuvanog čvrst. Pri udaru projektila u nekuvano jaje spoljašnji pritisak se podjednako prenosi u svim pravcima (Paskalov zakon), zbog čega se ljuska razara na sitne komadiće. Kod tvrdo kuvanog jajeta pritisak se prenosi samo u pravcu dejstvujuće sile, stvarajući prolazni otvor.

32. Najlakše, ali ne i dovoljno potpuno, pojavu možemo objasniti pomoću trećeg Njutnovog zakona — zakona akcije i reakcije. Pri delovanju sile mišića na podizanje ruku javlja se sila suprotnog smera na naše telo, koja se pridodaje težini, te vaga pokazuje više nego kad telo miruje. Pri naglom spuštanju ruku i čučnju, reaktivna sila ima smer suprotan smeru težine tela. To dovodi do toga da sila pritiska na podlogu (vagu) nešto oslabi.

Potpunije objašnjenje dobija se ako se imaju u vidu sledeće činjenice u vezi sa težinom tela. Pre svega treba razlikovati silu teže ($P=mg$) i težinu tela Q, koja je takođe sila, jednaku proizvodu mase tela i ubrzanja zemljine teže **samo onda kada telo miruje.**

Sila teže P tela mase m zavisi samo od geografskog položaja i od nadmorske visine, odnosno od udaljenosti tela od centra Zemlje. Težina tela, koju definišemo kao silu kojom telo deluje na podlogu ili na tačku vešanja kada ne leži već visi, zavisi od stanja tela (kreće se ili miruje). Kada se telo **ubrzano** kreće, na primer pri polasku ili zaustavljanju lifta, na telo deluju dve sile: sila teže P i sila reakcije podloge Fr. Po trećem Njutnovom zakonu sila Fr jednaka je po intenzitetu sili kojom telo deluje na podlogu, tj. težini tela i ima suprotan smer. (Fr=Q). Prema drugom Njutnovom zakonu, zbir sila koje deluju na telo jednak je proizvodu mase i ubrzanja

$$P+Fr=ma, \text{ odnosno } P-Q=ma$$

Iz poslednje jednačine težina tela se može izraziti formulom $Q=P-ma$, odnosno $Q=m(g-a)$.

Analizirajmo sledeće slučajeve:

a) Ako telo miruje, ubrzanje $a=0$. Formula nam pokazuje da je težina tela $Q=mg$. ($Q=P$).

b) Ako se telo kreće ubrzano prema Zemlji ubrzanjem a, onda je $Q=mg-ma$, tj te-žina tela je manja od težine mirovanja. ($Q<P$).

c) Ako se telo kreće nasuprot delovanju sile Zemljine teže ubrtanjem a, tada je $Q=mg+ma$, jer je $g-(-a)\ g+a$. Težina tela je veća od težine tela kada ono miruje. ($Q>P$).

d) Ako telo pada ubrzanjem $a=g$, onda je $Q=0$, tj. telo se nalazi bestežinskom stanju.

33. Ravnoteža se neće promeniti. Ovu tvrdnju ćemo obrazložiti na sledeći način. Ako jedno telo ima težinu Q_1, a drugo $Q_2=2Q_1$, onda za ravnotežu poluge mora biti zadovoljan uslov jedakosti momenata, tj. $O_1d=2Q_1.d/2$.

Pri potapanju ovih tela u vodu javljaju se sile potiska, suprotnog smera od smera težine tela. Pošto su tela napravljena od istog materijala (ista specifična težina), telo veće težine imaće i veću zapreminu. Od dva ovakva tela veću silu potiska trpi ono koje ima veću zapreminu. Stoga je $P_2=2P_1$. Za ove sile takođe važi pravilo momenata, tj. $P_1d=2P\cdot d/2$, pa se ravnoteža neće poremetiti. Uzimajući u obzir obe sile (težinu tela i silu potiska) i njihov smer, može se pokazati da je zadovoljeno pravilo jednakosti momenata i da se održva uslov ravno teže $(Q_1-P_1)d=(2Q_1-2P_1)d/2$.

Pomoću lenjira kao poluge, dva odgovarajuća tela i dve čaše sa vodom može se ogledom proveriti navedena tvrdnja.

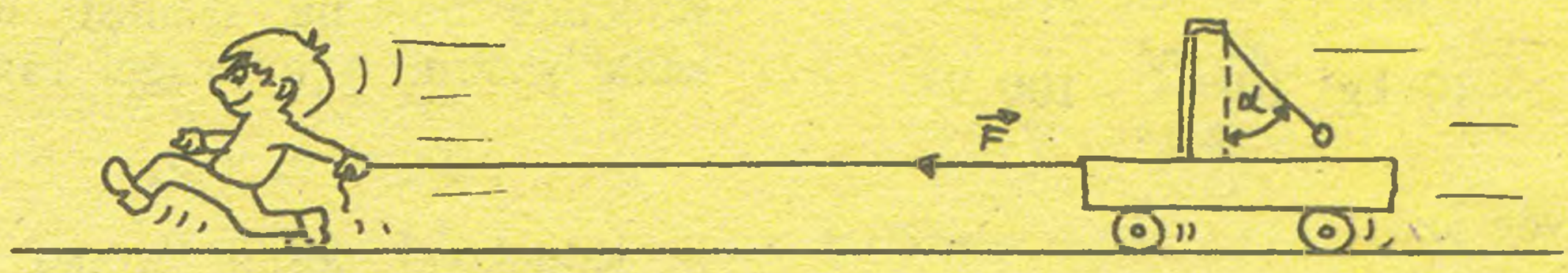
34. Pri udaru vetra u neku prepreku menja se njegova kinetička energija. Mi znamo da je to rad, a rad u jedinici vremena definišemo kao snagu. Prema tome, snaga vetra određena je njegovom brzinom i masom vazduha ($E=mv^2/2$). Pošto je zimi veća gustina vazduha, veća je i masa pa pri jednakoj brzini zimski vetar ima veću snagu od letnjeg.

35. Mi kažemo da je drvo toplo a gvožđe hladno iako znamo da se oba tela nalaze na istoj sobnoj temperaturi. »Hladno« odnosno »toplo« samo je subjektivni osećaj, do koga dolazi stoga što je drvo loš toplotni provodnik

a gvožđe dobar. Naime, zato što je temperatura čoveka 37 °C, a komada gvožđa, na primer, 25 °C, pri dodiru gvožđa odvodi se toplota i mi ga osećamo hladnim. Drvo je loš toplotni provodnik i mi ne osećamo da nam oduzima toplote.

Ako bi temperatura sobe bila tačno 37 °C, ne bi se vršila razmena toplote i oba tela bi nam izlgedala jednako zagrejana, što zaista i jesu.

36. Da bi se u hladnjaku održavala snižena temperatura, potrebno je iz hladnjaka stalno odvoditi toplotu koju on prima od okoline. Kako većina namirnica sadrži vodu koja, i ako je u frižideru hladno, stalno isparava, a sem toga pri svakom otvaranju njegovih vrata ulazi topao vazduh, na spoljnoj strani zamrzivača se stvara ledeno snežni pokrivač. Taj sloj leda kao dobar toplotni izolator sprečava odvođenje toplote i nema dobrog hlađenja. S vreme na vreme nahvatani led se mora otapanjem ukloniti.



REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA

80. Pri stalnoj temperaturi zapremina gasa obrnuto je srazmerna njegovom pritisku

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{p_1}{p_2}$$

Kako je pritisak gasa direktno srazmeran visini stuba u živinom manometru, to se zapreminae gasa odnose kao recipročne vrednosti visina stuba manometarske tečnosti Znači,

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

Kako je visina $h_1 = 760$ mm (visina živinog stuba, čiji je hidrostatički pritisak jednak atmosferskom pritisku) a visina h_2 je za 30 mm manja, tj. $h_2 = 760 - 30$ mm $= 730$ mm, dobijamo da je zapremina koja odgovara ovom pritisku

$$v_2 = \frac{h_1}{h_2} \cdot v_1 = \frac{760}{730} \cdot 100\ \text{m}^3 = 104{,}11\ \text{m}^3$$

Znači, zapremina se promenila za

$$V_2 - V_1 = (104{,}11 - 100)\text{m}^3 = 4{,}11\ \text{m}^3$$

81. Podignutu dasku na jednom kraju možemo prikazati pomoću strme ravni dužine $l = 10$ m i visine $h = 1$ m. Da bi se telo kretalo uz strmu ravan stalnom brzinom, potrebno je da na njega deluje sila (paralelno dužini strme ravni), koja je jednaka zbiru aktivne komponente

težine tela F_a i sili trenja F_t. Aktivna koomponenta težine tela iznosi

$$F_a = mg\frac{h}{l} = 10\,kg\ \ 10\,m/s^2$$

$$\frac{1\,m}{10\,m} = 10\,N$$

Komponenta težine tela koja deluje normalno na dužinu strme ravni F_n može se odrediti iz pravouglog trougla, čija je hipotenuza F_a a jedna od kateta F_n. Na osnovu pitagorine teoreme dobijamo

$$F_n^2 = mg^2 - F_a^2 =$$

$$= 10^2\,kg^2\ \ 10^2\frac{m^2}{s} - 100\,N^2$$

odavde je

$$F_n = \sqrt{9900}\,N = 99{,}50\,N$$

Iz teksta zadatka sledi da je, kada je daska horizontalna, sila koja deluje na telo tri puta veća od njene težine. Da bi se telo kretalo stalnom brzinom, potrebno je da je ova sla jednaka sili trenja. Kako je sila trenja srazmerna normalnoj komponenti težine tela, ukoliko sa k označimo faktor srazmernosti (tzv. koeficijent trenja) možemo pisati

$$3\,mg = k\,mg$$

odakle je koeficijent trenja $k=3$. U slučaju strme ravni imamo da je sila trenja jednaka $F_t = k\ F_n = 3.\ 99{,}50\,N = 298{,}50\,N$. Konačno dobijamo da je sila koja treba da deluje na telo jednaka zbiru sila $F_a + F_t = 10\ N + 298{,}50\,N = 308{,}50\,N$ (Napomena: U tekstu zadatka dati su podaci na osnovu kojih se do bija suviše veliki koeficijent trenja. Koeficijent trenja klizanja veći je od trenja kotrljanja i zavisno od materijala kreće se od 0,01 do 0,6).

82. Sa jedne strane slobodne površine vode u čaši deluje atmosferski pritisak p_a. Ovaj pritisak se uravnotežava pritiskom zaostalog gasa iznad tečnosti u cevi p_x i hidrostatičkim pritiskom vode u cevi visine h_v. Odavde je hidrostatički pritisak vodenog stuba jednak razlici atmosferskog pritiska i pritiska zaostalog gasa:

$$\rho_v\,gh_x = p_a - p_x$$

Sličnu jednačinu možemo napisati i za ravnotežu pritisaka u nivou slobodne površine tečnosti nepoznate gustine ρ u drugoj čaši:

$$\rho\,gh_x = p_a - p_x$$

Iz jednakosti desnih strana ovih dveju jednačina sledi da su im i leve strane jednake

$$\rho_x = \rho_v \cdot \frac{h_v}{h_x} = 1000\,\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1{,}00\,m}{0{,}85\,m} \cong$$

$$\cong 1176\,\frac{kg}{m^3}$$

Odavde sledi da je nepoznata gustina tečnosti ρ_x jednka

83. Snaga koja se dobija pri radu toplotne mašine nije jednaka snazi koja je uložena za njen rad. Od uložene snage P_u jedan njen deo P_g se nepovratno gubi. Korisna snaga P_k jednaka je razlici uložene i izgubljene snage:

$$P_k = P_u - Pg$$

Koeficijent korisnog dejstva η mašine definiše se kao odnos iskorišćene snage P_k prema uloženoj snazi P_u:

$$\eta = \frac{P_k}{P_u}$$

Na osnovu predhodnih izraza lako dobijamo da je izgubljena snaga

$$P_g = P_u - P_k = P_u - \eta P_u =$$

$$= P_u (1 - \eta) = 10\,\text{kW} \cdot (1 - 0{,}80) =$$

$$= 2 \cdot 10^3\,\text{W} = 2\,\text{kW}$$

Ovaj deo snage utrošen je na zagrevanje hladnjaka. U jedinici vremena (za jednu sekundu) hladnjak prima količinu toplote

$$Q = P_g t = 2 \cdot 10^3\,\text{W s} = 2 \cdot 10^3\,J$$

pri čemu se određena masa vode m, specifične toplote c, zagreje od temperature t_1 do temperature t_2. Kako je

$$Q = \text{mc}\,(t_2 - t_1)$$

sledi

$$\text{m} = \frac{Q}{\text{c}\,(t_2 - t_1)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^3\,J}{4{,}18 \cdot 10^3 \dfrac{J}{\text{kg °C}}\,(50 - 20)\,°\text{C}} \cong$$

$$\cong 0{,}016\,\text{kg}$$

Ovoj masi odgovara zapremina:

$$V = \frac{\text{m}}{\rho} = \frac{0{,}016\,\text{kg}}{10^3\,\text{kg/m}^3} = 16 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^3.$$

Da bi temperaturska razlika vode na izlazu i ulazu u hladnjak bila stalna, potrebno je da kroz hladnjak svake sekunde protekne voda zapremine 0,0161.

84. Hladeći se, čelična kugla jedan deo količine toplote Q_1 predaje vodi a drugi Q_2 bakarnom sudu. Pri tome se, obzirom na dobar toplotni kontakt, i voda i bakarni sud zagreju do iste itemperature $t_s = 30$ °C. Lako se može izračunati da je voda primila količinu toplote

$$Q_1 = \text{m}_1\,\text{c}_1\,(t_s - t_1) =$$

$$= 1{,}27\,\text{kg}\,4{,}18 \cdot 10^3 \frac{J}{\text{kg °C}}\,(30 -$$

$$- 15)\,°\text{C} = 79{,}63 \cdot 10^3\,J$$

a bakarni sud, količinu toplote

$$Q_2 = \text{m}_2\,\text{c}_2\,(t_s - t_1) =$$

$$= 0{,}20\,\text{kg}\,380 \frac{J}{\text{kg °C}}\,(30 -$$

$$- 15)\,°\text{C} = 1{,}14 \cdot 10^3\,J$$

Količinu toplote

$$Q = Q_1 + Q_2 = 79{,}63 \cdot 10^3\,J +$$

$$+ 1{,}14 \cdot 10^3\,J = 80{,}77 \cdot 10^3\,J$$

je oslobodila čelična kugla pri hlađenju od temperature t do temperature t_s

$$Q = \text{mc}\,(t - t_s)$$

Odavde se dobija da se kugla ohladila za

$$t - t_s = \frac{Q}{\text{mc}} = \frac{80{,}77 \cdot 10^3}{0{,}30\,\text{kg}\,460\,J/\text{kg °C}} =$$

$$= 585{,}3\,°\text{C}$$

Temperatura čelične kugle, koja je u isto vreme jednaka temperaturi peći, jednaka je

$$t = t_s + 585{,}3\,°\text{C} = 30\,°\text{C} +$$

$$+ 585{,}3\,°\text{C} = 615{,}3\,°\text{C}.$$

85. Pri udaru o učvršćenu (nepokretnu) gvozdenu ploču kinetička energija E_k, koju je metak poposedovao pre udara, predaje se ploči. Obzirom da je ploča učvršćena ova energija prelazi u toplotu, pri čemu se i metak i ploča zagreju do iste temperature t. Ako sa m_1 označimo masu metka, m_2 -masu ploče, c_1 speficičnu toplotu materijala od koga je napravljen metak, c_2 — specifičnu toplotu gvožđa i t_0 početnu temperaturu metka i ploče, na osnovu zakona o održanju energije, možemo napi sati

$$E_k = m_1 c_1 (t - t_0) + m_2 c_2 (t - t_0) =$$

$$= (m_1 c_1 + m_2 c_2)(t - t_0)$$

Kako je kinetička energija metka mase m_1 i brzine v

$$E_k = \frac{m_1 v^2}{2}$$

dobijamo da se temperatura ploče (s metkom) povisila za

$$t - t_0 = \frac{\frac{m_1 v^2}{2}}{m_1 c_1 + m_2 c_2} =$$

$$= \frac{\frac{0{,}020\,\text{kg}\left(500\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2}}{0{,}020\,\text{kg}\,120\,\frac{J}{\text{kg}\,°\text{C}} + 1\,\text{kg}\,460\,\frac{J}{\text{kg}\,°\text{C}}} =$$

$$= 5{,}4\,\text{C}°$$

Konačna temperatura ploče s metkom iznosi

$$t = t_0 + 5{,}4\,°\text{C} = 20\,°\text{C} + 5{,}4\,°\text{C} =$$

$$= 25{,}4\,°\text{C}$$

86. Kako je proizvod učestanosti i talasne dužine radiotalasa (elektromagnetnog talasa) jednak brzini njegovog prostiranja, lako se može odrediti talasna dužina .Brzina prostiranja radio talasa jednaka je brzini prostiranja svetlosti $c = 3.10\,\lambda$ m/s, tako da je talasna dužina koja odgovara radio talasu frekvence $f = 10$ M Hz $= 10^7$ Hz jednaka:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8\,\text{m/s}}{10^7\,1/\text{s}} = 30\,\text{m}.$$

Detektorski prijemnik koji prima radio talase u intervalu od 200 do 1000 m očigledno ne može primiti program radio stanice koja emituje talase sa talasnom dužinom od 30 m.

87. Za vreme, koje je jednako periodu oscilovanja T, talas pređe rastojanje jednako talasnoj dužini λ. U ovom slučaju period oscilovanja iznosi $T = 4$ s a talasna dužina jednaka je rastojanju među najbližim uzvišenjima (ili ulegnućima) talasa, odnosno $\lambda = 6$ m. Na osnovu prethodnog, dobijamo da je brzina prostiranja talasa na površini vode jednaka količniku talasne dužine i perioda oscilovanja, odnosno

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{6\,\text{m}}{4\,\text{s}} = 1{,}5\,\text{m/s}$$

88. Brzina prostiranja svetlosti u vazduhu približno je jednaka brzini svetlosti u vakuumu $v_2 = c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Relativni indeks prelamanja svetlosti pri prelasku iz sredine 1 u sredinu 2 definiše se kao odnos apsolutnih indeksa prelamanja (u odnosu na vakuum)

$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Obzirom da se apsolutni indeks prelamanja definiše kao odnos brzine prostiranja svetlosti u vakuumu i brzine prostiranja svetlosti u datoj sredini, dobijamo

$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{c/v_1}{c/v_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Drugim rečima, relativni indeks prelamanja obrnuto je srazmeran brzinama prostiranja svetlosti u datim sredinama. Na osnovu prethodnog dobijamo da je brzina prostiranja svetlosti u vodi jednaka količniku brzine prostiranja svetlosti u vazduhu i relativnog indeksa prelamanja za sredine vazduh-voda.

$$v_1 = \frac{v_2}{n_{1,2}} = \frac{c}{n_{1,2}}$$

Dok u vazouhu svetlost pređe rastojanje l za vreme t_2

$$t_2 = \frac{l}{c}$$

isto rastojanje u vodi svetlost pređe za duže vreme

$$t_1 = \frac{l}{v_2} = \frac{l}{c/n_{1,2}} = n_{1,2} \cdot \frac{l}{c}$$

Vremenski razmak $t_1 - t_2$ u prijemu signala biće jednak

$$t_1 - t_2 = n_{1,2} \frac{l}{c} - \frac{l}{c} = \frac{l}{c} (n_{1,2} - 1) = \frac{3 \cdot 10^3\, m}{3 \cdot 10^8\, m/s} (1{,}33 - 1) = 3{,}3 \cdot 10^{-6}\, s = 3{,}3\, \mu s.$$

Kada bi se dva čoveka nalazila na podlozi po kojoj mogu da klize bez trenja, onda bi se, pod dejstvom sile graviiaclonog privlačenja pomerali jedan ka drugom. Ako se oni nalaze na međusobnom rastojanju od 2 m, onda bi se to rastojanje prvog sata smanjilo za 3 cm, drugog za 9 cm, trećeg za 15 cm itd.

Lj. R.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 9

Zadatak se može rešiti korišćenjem zakona o održanju impulsa i zakona o održanju energije. Iz zakona o održanju impulsa sledi da je zbir impulsa fotona i elektrona pre interakcije jednak impulsu elektrona posle interakcije, jer je foton apsorbovan. Pošto je impuls fotona $P_0 = \frac{h}{\lambda}$, impuls elektrona pre interakcije $P_e = 0$ (elektron miruje) i impuls elektrona posle interakcije $P_e' = \frac{m_0 c v}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ sledi da je

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{m_0 c}{\sqrt{c^2 - v^2}} \cdot v \qquad (1)$$

Energija fotona jednaka je $E_F = \frac{hc}{\lambda}$, enregija elektrona pre sudara $E_{e'} = m_0 c^2$ i energija elektrona posle sudara $E_e' = \frac{m_0 c^3}{\sqrt{c^2 - v^2}}$. Uzevši to u obzir, a u skladu sa zakonom o održanju energije, dobijamo da je

$$\frac{hc}{\lambda} + m_0 c^2 = \frac{m_0 c^3}{\sqrt{c^2 - v^2}} \qquad (2)$$

Iz jednačine (1) sledi da je

$$\frac{h}{m_0 c \lambda} = \frac{v}{\sqrt{c^2 - v^2}} \qquad (3)$$

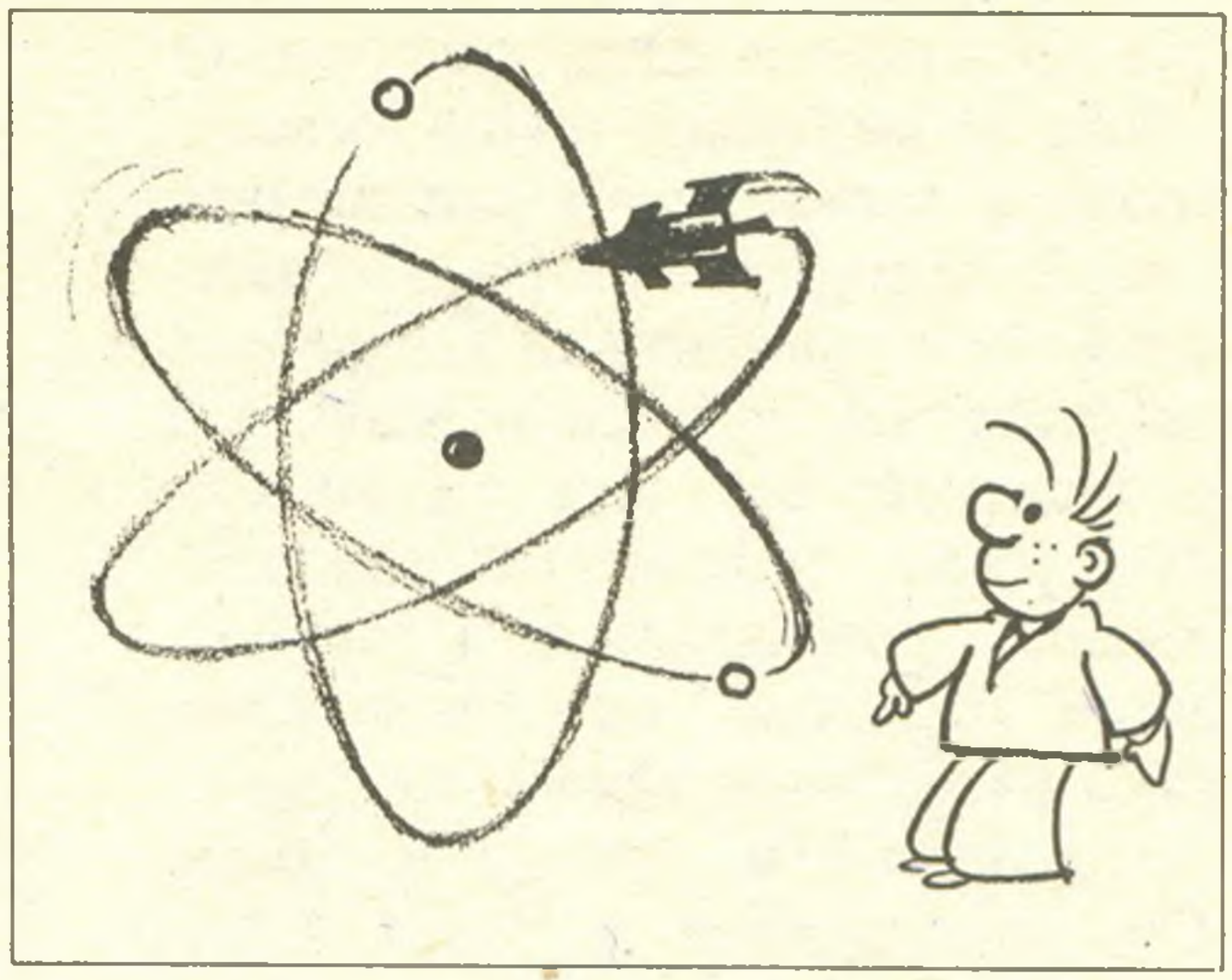
a iz jednačine (2) da je

$$\frac{h}{m_0 c \lambda} = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} - 1 \qquad (4)$$

Iz jednačina (3) i (4) se dobija (nakon kvadriranja i sređivanja) da je brzina elektrona jenaka brzini svetlosti, tj. da je $v = c$. Pošto brzina v ne može biti jednaka brzini svetlosti c, elektron ne može u potpunosti da apsorbuje foton. Potsetimo se, pošli smo od pretpostavke da je to moguće, pa smo dobili fizički nemoguć rezultat.

Napomena: Izvinjavamo se čitaocima zbog štamparskih grešaka koje su se potkrale u tekstu nagradnog zadatka broj 9. Trebalo bi da stoji $\frac{hc}{\lambda}$ umesto $\frac{h}{\lambda}$, $\frac{h}{\lambda}$ umesto $\frac{hc}{\lambda}$, $E_F = \frac{hc}{\lambda}$ umesto $E_F = h \cdot \frac{hc}{\lambda}$, $E_0 = m_0 c^2$ umesto $E_0 = m_0 o^2$ i $m = \frac{m_0 c}{\sqrt{c^2 - v^2}}$ umesto $m = \frac{m_0 c}{\sqrt{v^2 - c^2}}$

Tačno rešenje nagradnog zadatka broj 9 poslao je samo Nikola Miljković iz O.Š. »Braća Ribar« iz Beograda. Nastavnik je Branka Nahtigal.



ŠTA SE DOGODILO U FIZICI TOKOM POSLEDNJE DECENIJE

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Prošlo je dosta godina od kako je Dirak izjavio — Ostala je hemija. Međutim, svaka decenija donosi toliko novih otkrića u svim oblastima fizike da je teško izdvojiti ona koja bi bila najznačajnija za dalji razvoj. U poslednjih deset godina žetva je bila izuzetno bogata i pružila je iznenadujuće veliki broj novih pronalazaka i teorijskih prodora koja svedoče o tome da je fizika živa i produktivna i da su njene granice širom otvorene.

Pre **11** *godina,* **26**. *septembra* **1968**. *godine, osnovano je* **Evropsko fizičko društvo** *koje danas okuplja* **28** *nacionalnih društava i grupa i više od* **3000** *redovnih individualnih članova. U čast njegove desetogodišnjice, najeminentniji fizičari su napisali niz članaka o tome šta se u protekloj deceniji značajno dogodilo u oblastima kojima se bave. Koristeći ove prikaze, želeo bih da čitaocima* **Mladog fizičara** *dočaram najveće domete fizike u poslednjoj deceniji, ograđujući se unapred od namere da pregled bude kompletan. Žetva je tako bogata da ću u četiri broja ovog časopisa uspeti da izložim samo izvestan broj subjektivno izabranih dostignuća iz različitih oblasti fizike. Jer, kako je rekao čuveni fizičar Vajskopf — Što je ostrvo znanja veće, veće su i njegove obale prema okeanu neznanja.*

I) NOVO U FIZICI ELEMENTARNIH ČESTICA I POLJA

Zadržaćemo se prvo na jednom od područja fizike čiji je razvoj u protekloj deceniji bio izuzetno snažan. Pre deset godina, pojam *kvarka* kao čestice koja ulazi u izgradnju »elementarnih« čestica i čije je naelektrisanje manje od elektronskog, izgledao je kao smela hipoteza koja rešava neke teškoće, ali teško da ima veze s realnošću. Danas, međutim, nema mesta sumnji u njihovo postojanje. Zaokret je doneo eksperiment *Fridmana, Kendala* i *Tejlora* čiji su rezultati opisivali rasejanje elektrona na naelektrisanoj čestici koja je mnogo ma-

nja od protona. Ovaj eksperiment otkrio je postojanje malog koncentrtsanog naelektrisanja unutar protoua!? Mnogi ga nazivaju *Raderfordovim eksperimentom subnuklearne fizike*. Jer, kao što je Raderford n njegovom čuvenom ogledu »video« jezgro, ovde je »viđen« kvark. Kasnije, posmatrano je i rasejanje snopa neutrona na kvarkovima, tako da je danas hipoteza o postojanju kvarkova opšte prihvaćena. Ona je razrađena u model u okviru koga postoje kvarkovi *u*, *d* i *s*, pri čemu se recimo proton sastoji od tri kvarka, $p=uud$, neutron takođe od tri, $n=udd$ itd.

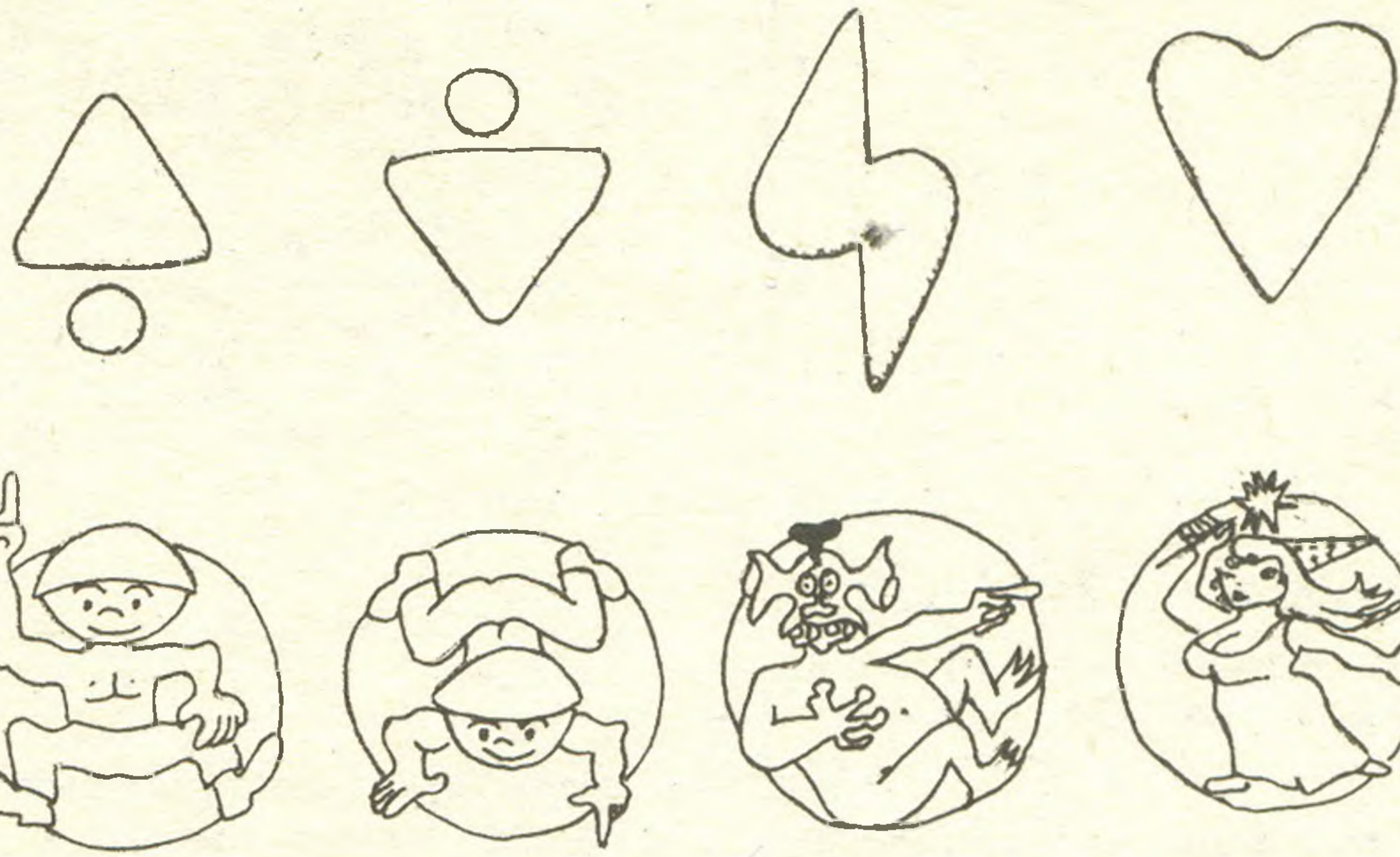
Ostali su bez rezultata pokušaji da se kvark izdvoji, na primer iz protona, i da se posmatra kao slobodna čestica. Nepostojanje slobodnog kvarka je do danas neobjašnjeno.

U poslednjoj deceniji razvijena je tzv. *kvantna hromodinamika*. Ona uključuje kvarkove čiji je »naboj« dat pomoću tri vrednsoti »boje« U jesen 1974. godine *Rihter* i *Ting* su sa saradnicima nezavisno jedan od drugog otkrili novu elementarnu česticu, J/ψ *mezon*, što im je donelo Nobelovu nagradu. U okviru kvantne hromodinamike J/ψ čestica se sastoji od dva kvarka, naime $J/\psi=c\bar{c}$, gde je c novi tip kvarka koji poseduje novi kvantni broj — »šarm«, a $\bar{c}$ je *antikvark*. Krajem 1976. godine *Goldhaber* je sa saradnicima otkrio dve nove čestice, mezone sa šarmom — $D^+/=uc$ i $D^\circ=dc$, što je kompletiralo eksperimentalne dokaze o postojanju »šarma«.

Nedavno se pojavio i peti tip kvarka, *b* kvark, pošto je *Lebetman* sa saradnicima otkrio novu elementarnu česticu, Y mezon, koja ga sadrži. Kvantna hromodinamika predvidela je i postojanje šestog kvarka, *t* varka. Dakle, do sada je otkriveno pet vrsta kvarkova, ɐ predviđena je i šesta. Niko ne znɐ gde će se ovaj broj završiti. Toliko mnogo elementarnih čestica u jednoj deceniji je već dovoljno. Međutim, to nije kraj. *Perl* i saradnici su 1975. godine otkrili novu elementarnu česticu, tzv. *teški elektron* koji je dobio ime τ čestica.

Elementarne čestice deluju jedna na drugu na razne načine. Vrste međusobnog delovanja dele se na tri dobro razgraničene klase: *jake*, *elektromagnetne* i *slabe interakcije*. Od njih su samo elektromagnetne interakcije poznate i klasičnoj fizici. One se izazivaju naelektrisanjima i magnetnim momentima čestica. Jake interakcije upravljaju nekim procesima rasejanja teških elementarnih čestica i mezona, a njihova posledica su i sile koje povezuju protone i neutrone u jezgru atoma. Na kraju, slabe interakcije upravljaju raspadom nekih elementarnih čestica. Samo za elektromagnetne interakcije postojala je potpuna razrađena teorija. *Ajnštajn* je proveo dobar deo života u bezuspešnom pokušaju da stvori jedinstvenu teoriju polja koja bi obuhvatila gravitaciju i polja usled jakih, elektromagnetnih i slabih interakcija u jedinstvenu geometrijsku strukturu izvedenu iz opšte teorije relativiteta.

U teoriji slabih interakcija u poslednjoj se deceniji odvijao buran razvoj. *Vajnberg*, *Hurt* i *Salam* su uspeli da stvore jedinstvenu teoriju koja obuhvata elektromagnetne i slabe interakcije i njihova se predskazanja uspešno potvrđuju. Ova ujedinjujuća teorija elektro

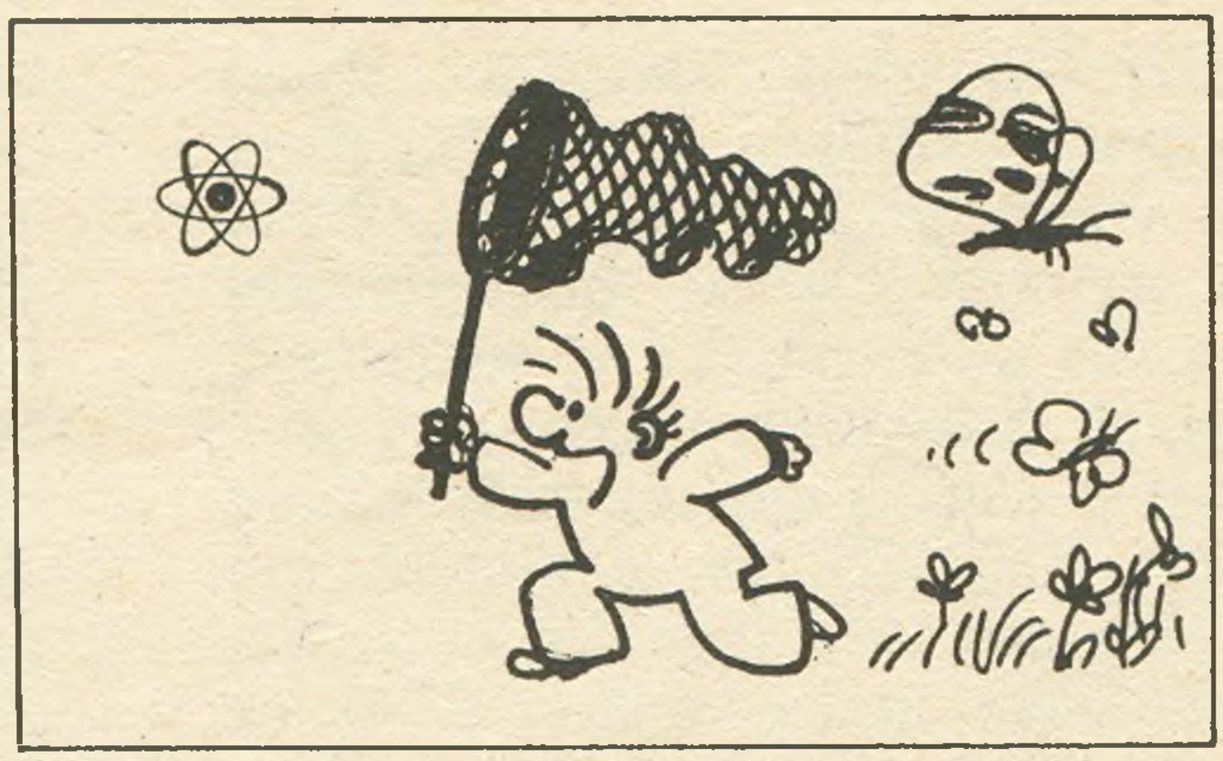


Slika 1. Godine 1963. predložena je hipoteza o kvarkovima kao česticama od kojih se sastoje »elementarne« čestice. Oni poseduju takva neobična svojstva kao što su električni naboj manji od jedinice, »neobičnost« i »šarm«. Prva četiri kvarka dobila su imena *u*, *d*, *s* i *c* što su početna slova od engleskih reči *upper* (gore), *down* (dole), *strange* (neobičan) i *charmed* (koji poseduje šarm). Za ova četiri kvarka predložene su brojne grafičke reprezentacije od kojih su na gornjim slikama date dve. Gornji predlog dao je A. Nisbett za jednu dokumentarnu emisiju BBC nazvanu »Ključ Univerzuma«. Donje oznake predložio je fizičar A. de Rujula na 18 međunarodnoj konferenciji o fizici visokih energija u Tbilisiju 1976. Slika je objavljena u časopisu La Recherce No 100, maj 1979, str. 481.

magnetnih i slabih sadejstava zahteva postojanje neutralnih struja, tj. postojanje procesa slabe interakcije bez prenosa naelektrisanja. Nekoliko godina posle teorijskog predskazanja, ovaj proces je zaista posmatran u reakciji izazvanoj neutronima.

To su samo neki od zvezdanih trenutaka fizike u poslednjoj deceniji: dokaz postojanja kvarkova, detalji o njima, jedinstvena teorija elektromagnetnih i slabih interakcija, otkriće neutralnih struja, kvantna hromodinamika kao moguća teorija jakih interakcija.

FIZIKA I...



GRAVITACIJA I ŽIVI SVET

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

Najznačajnije obeležje sveta koji nas okružuje je njegova jedinstvenost — opšti zakoni kretanja i održanja materije i energije s kojima smo se upoznali u fizici, važe s podjednakom strogošću i u neorganskom i u organskom svetu, iako se u ovom drugom ispoljavanju pod specifičnim okolnostima koje ponekad kao da prikrivaju njihovo postojanje. Ovom prilikom zadržaćemo se na jednom od najošptijih zakona — *zakonu gravitacije* i posledicama njegovog delovanja u bioloških sistemima.

Ako na svako telo koje se nalazi u gravitacionom polju drugog tela deluje privlačna sila čiji intenzitet zavisi od masa tela i njihovog rastojanja, onda to važi bez obzira da li je telo o kome se radi kamen, čovek ili cvet. Međutim, obzirom na red veličine masa u organskom svetu, u ovom slučaju najznačajnije gravitaciono privlačenje potiče od strane naše planete — Zemlje. Zemljina teža, kako nazivamo gravitacionu silu Zemlje je jedan od retkih nepromenljivih parametaraa spoljašnje sredine i kao takva imala je snažan uticaj na razvoj organskog sveta i uslovila mnoge životne procese u obliku u kome danas postoje. Pre svega, njeno delovanje daje jedan od osnovnih osećaja živog sveta —*osećaj težine.*

Čovek ima stalan osećaj težine samo dok se nalazi u zemljinom polju ili u odgovarajućim veštačkim stvorenim uslovima. U svemiru se taj osećaj gubi: doduše, tamo možemo da primetimo da li »padamo« prema Zemlji ili nekom drugom predmetu u prostoru, ali se pri tome osećamo »laki kao pero«. Međutim, na zemlji, dok se nalazimo na čvrstoj ili tečnoj podlozi, osećamo da neka sila vrši pritisak na naše telo: naša mišićna i skeletna struktura prenosi delovanje te sile »na gore«, na svaki organ u određenom stepenu, proporcionalno njegovoj masi i položaju u telu. Pritisci koje proizvode ta unutrašnja naprezanja deluju na naša unutrašnja čula i telo »oseća težinu«.

Naravno, težina tela je stalna veličina i brojno jednaka gravitacionoj sili Zemlje samo dok se nalazimo u miru ili smo izloženi zanemarljivo malim promenama brzine i visine. Naše telo je podešeno

da funkcioniše na Zemlji: na Zemlji smo naučili da održavamo ravnotežu i da se orijentišemo u prostoru; rad srca, cirkulacija krvi, postojanje mišićnog tonusa[1] i sve ostale funkcije našeg organizma podešene su prema uslovima koje stvara gra vitaciono zemljino polje stalnog intenziteta. Zbog toga, promene u intenzitetu gravitacije dovode do niza poremećaja u radu naših unutrašnjih organa.

Danas smo upoznati sa posledicama dve vrste promena u vezi sa delovanjem gravitacije na organizam to su *delovanje velikih ubrzanja* (linearnih i centrifugalnih) koja se javljaju u avionskim i svemirskim letilicama i tzv. *beštežinsko stanje.*

Linearna ubrzanja javljaju se kada pri nepromenjenom smeru kretanja dode do promene u brzini kretanja. Ova ubrzanja su obično kratkotrajna i javljaju se pri poletanju i sletanju aviona, izbacivanju pilota iz vojnih aviona u slučaju opasnosti i u trenutku otva ranja padobrana. Njihovo delovanje, sem osećaja nelagodnosti i pritiska, nije štetno po organizam.

Centrifugalna ubrzanja javljaju se pri promeni pravca kretanja i njihovo delovanje na organizam ispituje se u specijalno konstruisanim aparatima — *centrifugama.* Jačina im se meri jedinicom gravitacionog ubrzanja g. Ova ubrzanja mogu delovati u smeru glava — noge (pozitivna g-ubrzanja), u smeru noge-glava (negativna g-ubrzanja) i u smeru grudi-leđa (trasnverzalna g-ubrzanja).

Pri delovanju pozitivnih g-ubrzanja, centrifugalna sila potiskuje krv iz gornjih delova tela (glave i vrata) u donje delove (trbušnu šupljinu i noge). Zbog toga opada pritisak krvi u mozgu i smanjuje se protok krvi kroz srce, što izaziva slabljenje vida i smanjeno snabdevanje mozga kiseonikom i najzad, gubitak svesti. Naravno, reakcija organizma zavisi od jačine primenjenih ubrzanja: ubrzanje od 1g se ni ne opaža ,u opsegu od 2—4 g postepeno raste pritisak tela na sedište i javlja se osećaj težine u telu i udovima, od 5—6 g telo se više ne može pokretati i vid je znatno oslabljen, a do 9 g javljaju se i ozbiljnija smanjena sluha i najveći broj ljudi gubi svest. Međutim, pri prestanku delovanja pozitivnih g-ubrzanja, sve pomenute tegobe brzo nestaju.

Delovanje negativnih g-ubrzanja daje obrnutu sliku: dolazi do povećanog pritiska u glavi i većeg protoka krvi kroz srce. Ubrzanja od —2 g izazivaju lak pritisak u glavi i priliv krvi u lice, dok već iznad —3 g dolazi do gubljenja vida, jakog pritiska i nesvestice. Veća negativna g-ubrzanja mogu izazvati izliv krvi u mozak ili oči. Posledice izlaganju negativnim g-ubrzanjima se mnogo duže osećaju; naročito su dugotrajne glavobolje koje se tom prilikom javljaju.

Transverzalna g-ubrzanja organizam najbolje podnosi: do 6 g se ne osećaju nikakve smetnje sem izvesnog »zatezanja« organa i nešto otežanog disanja i sve do 12 g ne javljaju se veći poremećaji u organizmu.

Danas se smatra da su maksimalna ubrzanja koje organizam može podneti bez štetnijih posledica, ubrzanja od —17 g, pri položaju tela »ničice«, odnosno sa skupljenim nogama i telom nagnutim napred.

Kada motori prestanu sa radom i brod uđe u zemljinu orbitu ili

krene u svemirska prostrantsva i centrifugalna sila koja na njega deluje postane brojno jednaka sili zemljine teže, predmeti i posada broda ne osećaju više delovanje nikakve spoljašnje sile, odnosno nalaze se u bestežinskom stanju. I u ovom slučaju dolazi do poremećaja u funkcionisanju unutrašnjih organa, ali je zanimljivo da srčani i krvni sistem, čiji je rad veoma osetljiv na promene gravitacionog ubrzanja, relativno lako podnose bestežinsko stanje. Ustvari, sem nešto smanjenog srčanog pritiska i broja otkucaja srca, ostale fiziološke funkcije odvijaju se slično kao u snu ili u toku dužeg mirovanja.

Pored praktičnih problema, kao što je uzimanje tečnosti i sl., osnovni problem u bestežinskom stanju je održavanje ravnoteže i orijentacija u prostoru. Na Zemlji, ravnoteža se održava uglavnom pomoću vida i slušnog aparata, ali se funkcionisanje ovog zadnjeg može u toku leta, za vreme izlaganja velikom ubrzanjima, znatno ošte titi. Takođe, dok se u normalnim uslovima, pri pokretima tela i udova, rad mišića odvija u cilju savlađivanja zemljine teže, u bestežinskom stanju ovi uobičajeni napori su potpuno nesvrsihsodni. Orijentacija u prostoru, naročito određivanje smera gore-dole, otežano je ne samo zbog delovanja velikih ubrzanja, već i zbog nedostatka fiksnih orijentacionih tačaka u prostoru van broda.

Svi pomenuti problemi se delimično rešavaju tako što posada broda provodi veći deo vremena vezana za sedište, pri kretanju se pridržava za užad učvršćenu za zidove kabine broda, a instrumenti pokazuju precizno položaj broda u prostoru. Međutim i pored svih mera predostrožnosti i prethodne pripreme članova posade, može doći do lakših ili težih poremećaja nervnog sistema (tzv. vasionske bolesti), praćenih vrtoglavicom, bledilom, padom pritiska, mukom i povraćanjem.

I tako čovek, i kada hoće da se otrgne od »majke« Zemlje, ostaje suštinski vezan za nju. Ali ne samo on . . .

I biljni svet naše planete razvio se i živi u skladu sa delovanjm zemljinog gravitacionog privlačenja

Uticaj zemljine teže na biljke uslovio je pojavu *geotropizma*[2] — skupa određenih pokreta biljnih organa kojima se oni orijentišu prema smeru delovanja sile zemljine teže. Po načinu geotropske reakcije razlikujemo pozitivni ,negativni i transverzalni geotropizam. Organi koji reaguju pozitivno ili negativno geotropno nazivaju se ortotropni organi, a oni koji reaguju transverzalno geotropno, nazivaju se plagiotropni organi. Glavni koren biljke je pozitivno geotropan, odnosno raste ,ka centru delovanja sile, vertikalno naniže, glavno stablo je negativno geotropno (raste vertikalno naviše); bočni koreni I reda[3] i bočne grane su transverzalno geotropne jer rastu koso naniže ili naviše, dok su koreni II i višeg reda neosetljivi na delovanje sile teže (ageotropni su). Ako se vrh korena odseče, geotropska reakcija će izostati, sve dok se vrh ne regeneriše. Međutim, ako se glavni koren sasvim odvoji od biljke, jedan od korena I reda preuzima pravac rastenja glavnog korena, odnosno počinje da raste vertikalno naniže.

I listovi i cvetovi zauzimaju određen položaj u prostoru prema

delovanju gravitacione sile i na svaku promenu položaja reaguju uvrtanjem drške, u cilju vraćanja u prvobitno stanje. Ova pojava poznata je pod nazivom geotorzija.

Geotropski pokreti izvode se uglavnom u delovima biljnih organa koji su još u fazi rasta, a u nekim slučajevima, pod uticajem unutrašnjih ili spoljašnjih faktora (u fazi oplođenja, delovanje niskih temperatura, svetlosti itd.) može doći i do promene geotropske reakcije u nekom od organa. Međutim, suština geotropske reakcije ostaje još uvek nepoznata. Pretpostavlja se da sila zemljine teže deluje na skrobna zrna u unutrašnjosti biljne ćelije, koja sa svoje strane vrše pritisak na citoplazmu i postavljaju se u određen položaj; to ima za posledicu savijanje i usmeravanje organa i delova biljke. Kod gljiva i biljaka koje nemaju skroba, tu ulogu verovatno vrše neke druge ćelijske komponente.

Orijentacija biljnih organa u prostoru je u stvari posledica dva po smeru suprotnom delovanja — sile zemljine teže i svetlosti, s tim što je fototropska reakcija[4], obzirom na njen značaj za rast biljke, izražena u mnogo većem stepenu. Tako će stablo, koje se nalazi na obodu šume, rasti pod određenim uglom prema vertikalni, usled jednostranog delovanja svetlosti; ako ga presadimo u središte šume, ono ipak, i pored delovanja sile teže, neće moći da se vrati u vertikalni položaj.

---

[1] *mišićni tonus — stalna unutrašnja napetost mišića koja prestate jek sa smrću*

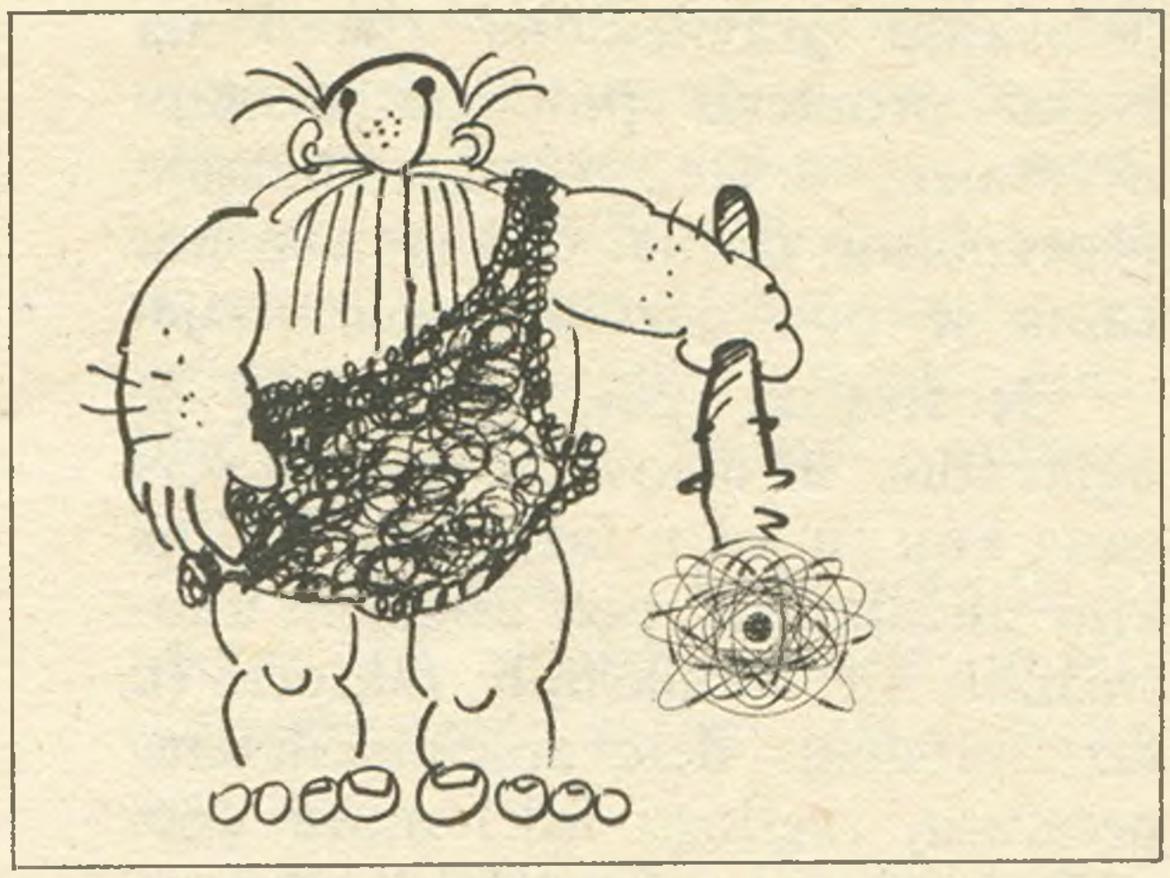
[2] *na grčkom ge — zemlja, trope — okretanje, vraćanje*

[3] *glavni ili primarni koren kod biljke je koren koji prvi izbija pri klijanju; bočni koreni koji na njemu kasnije izbijaju nazivaju se koreni I, II i višeg reda i oni stvaraju razgranat korenov sistem*

[4] *fototropizam — skup određenih pokreta kojima se delovi i organi biljke okreću ka izvoru svetlosti*

Na Zemlji ima oko 1 milijarda kubnih kilometara vode. Kada bi se sva ta voda ohladila za samo jedan hiljaditi deo stepena, a zatim iskoristila tako oslobođena količina toplote, moglo bi sda se dobije milion milijardi kilovat-časova električne energije. To je dovovoljno za 1000 godina, jer na Zemlji se godišnje potroši oko hiljadu milijardi kilovat-časova.

Lj. R.



POJAM SILE

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Velika naučna otkrića, eksperimentalna ili teorijska, mogu da budu rezultat srećnog sticaja okolnosti ali im, najčešće, prethodi dugotrajan proces mukotrpnih naučnih istraživanja velikog broja naučnika. Samo najveći među njima, tj. naučnici koji se bez ograde mogu nazvati genijalnim, su u stanju da iz mnoštva naučnih rezultata dobijenim u tim načunim istraživanjima izvuku one koji ukazuju na mogućnost pomeranja granica ljudskog saznanja. Zahvaljujući svojoj sposobnosti za upštavanje, pronicljivosti i velikoj upornosti veliki naučnici tu mogućnost pretvaraju u izvesnost, premostivši rastojanje koje razdvaja veliko naučno otkriće od naučnih rezultata koji mu prethode. To rastojanje ponekad izgleda veoma malo, ali o njemu može da se sudi samo na osnovu onoga što je prethodilo njegovom premošćenju. Jednostavnost naučnih istina, koje su sadržaj velikih naučnih otkrića, pruža lažnu sliku o procesu njihovog dobijanja.

Proces usvajanja rezultata velikih naučnih otkrića je često znatno duži i od procesa koji je prethodio njihovom dobijanju. To ne treba da čudi, jer velika naučna otkrića često iz korena menjaju temelje na kojima počiva nauka, a ponekad i opšte usvojenu sliku sveta i pojava u njemu. Proces usvajanja velikih naučnih istina najčešće počinje njihovim osiromašenjem, tj. usvajanjem onoga što se ne može nikako pobiti i ničim drugim zameniti. Da je to tako najbolje pokazuje proces usvajanja Njutnovih zakona mehanike, koji je dugo vremena bio praćen negiranjem potrebe uvođenja pojma sile. To je primer znatnog osiromašenja jednog velikog naučnog otkrića, jer je u Njutnovoj mehanici pojam sile jedan od osnovnih.

Pojam sile je dugo vremena imao dvojak fizički smisao. Naime, silom se nazivala i kinetička energija, a ponekad i energija. Tako je Helmholc svoj rad u kome je izložio zakon o očuvanju energije objavio pod naslovom »O očuvanju sile«, podrazumevajući pod silom energiju. Rad je objavljen u XIX. veku, dva veka posle objavljivanja Njutnovih radova u kojima je data definicija sile koju i danas koristimo.

Proces usvajanja pojma sile je bio praćen pokušajima da se tom pojmu da drugi smisao i pokušajima da se on isključi kao suvišan. Za R. Boškovića, koji je bio pristalica atomističkih teorija o strukturi materije, sila je bila osno-

vni fizički pojam, isto toliko koliko i pojam materije. Smatrao je da su atomi ne samo nedeljivi i bez unutrašnje strukture, nego i bezdimenzioni -tačkasti i bez mase. Atomi-tačke, kako je on tvrdio, su centri sila koje zavise samo od rastojanja između njih. Ako su rastojanja između atoma mala sile su odbojne, a ako su rastojanja veća privlačne. Sila, ovako shvaćena, ima svojstva supstancije u čiju materijalnost ne može da se sumnja, jer je ona isto što i materija, a atom-tačka je njen nematerijalni centar. Recimo i to da je R. Bošković delimični savremenik Njutna (R. Bošković je rođen 1711. god. a Njutn je umro 1726. gođ.) i da je njegovo shvaćanje pojma sile imalo uticaja na mnoge naučnike i posle njegove smrti među koje spada i Faradej. Faradeju se pripisuje uvođenje pojma fizičkog polja, a u onome što se pod tim pojmom podrazumeva ima dosta od onoga što se može nazvati Boškovićevom slikom sveta.

Herc, kao i Bošković, spada u grupu onih naučnika koji su pojmu sile davali drugi smisao ili ga zamenjivali drugim pojmovima. On je 1891. godine objavio rad u kome je umesto pojma sile koristio pojam »*veze*« između tela koja međusobno deluju.

Za Dalambera, sila je bila mračan pojam i bio je energično protiv njegovog uvođenja. Smatrao je da je u mehanici jedino opravdano korišćenje pojmova kretanja i materije. Njegov istomišljenik je bio i L. Karno.

I Kirhof pripada grupi naučnika koji su se protivili uvođenju pojma sile. Smatrao je da je uvođenje pojma sile nepotrebno, i da su određena računska uprošćenja jedina korist od toga.

Ima u svemu ovome o čemu govorimo nečeg iznenađujućeg. Određen broj velikih fizičara protivio se uvođenju pojma sile do u sam osvit savremene fizike, gde pod tim podrazujmevamo rađanje kvantne mehanike. Krajem XIX. veka Plank je radio na problemima zračenja crnog tela i 1900 god. prvi put uveo pojam kvanta i time označio rađanje kvantne mehanike. Sa druge strane, praktično u isto vreme, Herc, nesumnjivo genijalni fizičar, protivi se uvođenju pijma sile. Čudno!

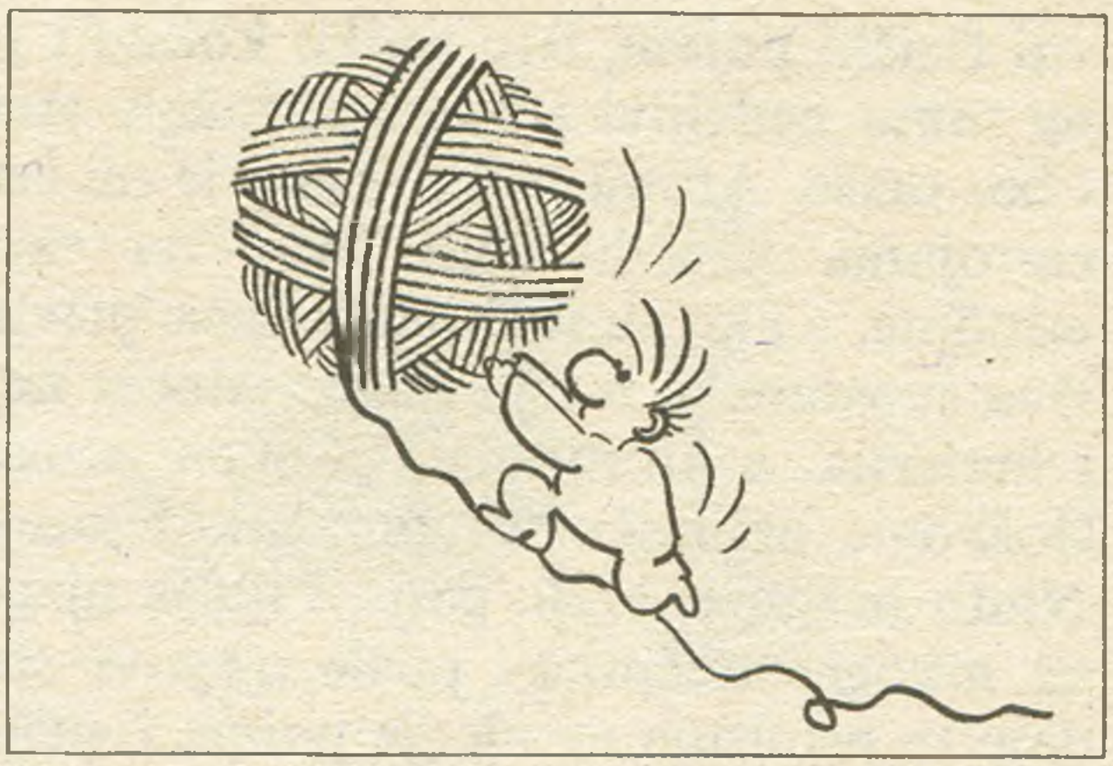
Izložen pritiscima praznoverja, **Galileo** *je pisao* **Kepleru**: »*Moj drag Keplere, kako želim da se zajedno od srca nasmejemo- Ovde, u Padovi, profesor filozofije, kojeg sam nekoliko puta molio da gleda Mesec i planete, odbio je da to učini . . .*«

D. K.

Još u IX. veku pre naše ere, znači mnogo pre Demokrita, u Kini su se javila učenja, koja govore o atomističkoj strukturi materije. Prema jednom od njih »Tai ci«, koji je prapočetak svih supstancija, sastoji se od čestica pramaterije (atoma!) čijim su spajanjem, znači, i nastale sve supstancije. Sa druge strane, u VI. veku pre naše ere, opet pre Demokrita, stvoreni su filozofski sistemi u kojima se takođe izlagalo i učenje o atomističkoj strukturi sveta. Prema tom učenju sve je sastavljeno od večitih i nedeljivih atoma vode, vatre, zemlje i vazduha.

Lj. R.

POKUŠALI SU



KAKO JE PROPAO POKUŠAJ DA SE U DVADESETOM VEKU OSTVARI SAN ALHEMIČARA: DOBIJANJE ZLATA IZ ŽIVE

LAJOŠ RAK (Beograd)

Ugledni profesor tehničkog fakulteta u Šarlotenburgu Mitije (Mithier) je 1924. godine objavio u jednom vrlo ozbiljnom časopisu za fiziku senzacionalni članak, u kome je saopštio da je u kvarcnim živinim lampama[1], koje su duže vreme bile upotrebljavane, pronašao zlato. Objasnio je da se zlato dobila tako što se iz jezgra žive, usled električnog pražnjenja, odvaja jezgro helijuma ili četiri jezgra vodonika. Naime,

$$^{201}Hg \rightarrow 4\,^{1}H + {}^{197}Au$$

ili

$$^{201}Hg \rightarrow {}^{4}He + {}^{197}Au$$

Nobelovac Sodi (Soddy), najveći autoritet za nuklearnu hemiju u to doba, pokazao je da gornje tumačenje Mitijea nikako ne može biti tačno, jer je u suprotnosti sa zakonima fizike. U jednom kraćem članku ukazao je da ako elektroni imaju dovoljno veliku energiju (tj. ako su ubrzani dovoljno velikom razlikom potencijala), mogu da uđu u jezgro i može nastati izotop zlata:

$$^{201}_{80}Hg + e^{-} \rightarrow {}^{201}_{79}Au$$

Počelo se sa ispitivanjem ove pojave. U naučnim časopisima objavljeno je nekoliko radova. Neki su potvrdili Mitijeovo otkriće, a mnogi su izrazili sumnju u tačnost njegovog merenja. Neki su zatražili i dobili patent za pretvaranje žive u zlato. Jedan od njih, Gašler (Gaschler), objašnjavao je nastajanje zlata odvajanjem protona iz jezgra žive:

$$^{201}_{80}Hg \rightarrow {}^{200}_{79}Au + {}^{1}_{1}H$$

Protivnici su ukazivali da su energije koje stiču elektroni ubrzani potencijalskom razlikom od 110 V, kako je bilo u eksperimentima Mitijea, suviše male da bi izazvale pretvaranje elemenata (transmutacije). Oni su smatrali da je živa i pre prvog uključivanja lampe sadržavala malo zlata. Međutim, Mitije je tvrdio da je zlato našao samo ako su lampe pre toga duže vreme bile upotrebljavane.

U to vreme, jedan drugi dobitnik Nobelove nagrade, Haber, pokušavao je da razradi metodu za dobijanje zlata iz morske vode. Na žalost, nije uspeo da to postigne,[2] ali je razvio postupak za određivanje izuzetno male količine zlata. Pošto je znao da najpreciznije na svetu meri količine zlata, Mitije mu

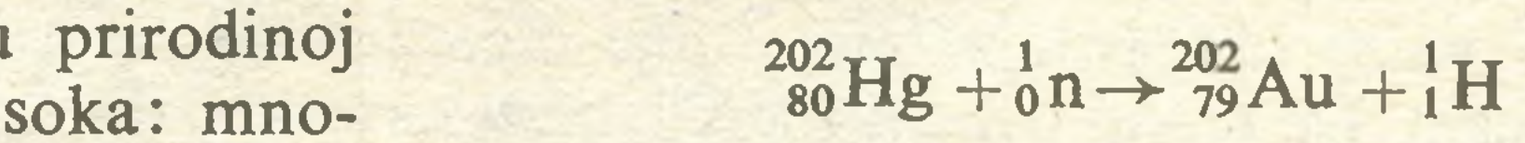
je poslao živu na ispitivanje. Haber je obavio ispitivanja i objavio da živa sadrži i srebro, i to u znatno većim količinama nego zlato. Zlato se, kao što smo videli ,u principu može dobiti ugrađivanjem »samo« jednog elektrona u jezgro žive. Za nastajanje srebra treba pretpostaviti raspadanje jezgra žive na dva približno jednaka dela, dezintegraciju.[3] To je takođe bila vrlo ozbiljna zamerka Mitijeovom otkriću.

Detaljna i vrlo brižljiva ispitivanja (radilo se o veoma malim količinama zlata) definitivno su pokazala da je zlato u živi prisutno kao »nečistoća«. Ispostavilo se da se živa destilacijom ne može potpuno očistiti od zlata. Čak ni laboratorije koje su imale patent za »proizvodnju zlata« nisu potvrdile Mitijeov rezultat. Nepobitno je dokazano: *usled električnog pražnjenja se ne može ostvariti transmutacija elemenata jer su energije suviše male.*

Jedini trajni naučni rezultat ovih eksperimenata, koji su trajali pune tri godine, bilo je proširivanje znanja o prisustvu zlata u prirodinoj živi. Cena je bila previsoka: mnogo laboratorija, odlični fizičari i hemičari su izgubili mnogo energije za ponovno ispitivanje rezultata jeonog aljkavog eksperimenta.

Da izložimo ukratko rezultate savremene nauke o dobijanju zlata iz drugih elemenata. Zlato ima samo jedan stabilni izotop, ^{197}Au, dok se svi ostali vremenom raspadaju. Najduže živi izotop ^{195}Au Količina ovog izotopa se za 180 dana prepolovi. Za daljih 180 dana i ova se preostala količina prepolovi, tako da posle godinu dana ostaje samo četvrtina prvobitne količine. Ostali izotopi imaju još kraće vreme poluraspada.[4] Inače, nestabilne izotope možemo proizvoditi u nuklearnim reaktorima. Međutim, njihova se proizvodnja za svakodnevne potrebe ne isplati. Zbog skupog načina proizvodnje, cena veštačkog zlata je znatno veća od cene prirodnog, stabilnog. Veštačko se zlato danas upotrebljva u medicini za lečenje tumora. Prividno, zlato u kvarc lampi je »nastalo« kao besplatan produkt i razu mljivo je zašto je privuklo pažnju javnosti.

Napomenimo da se zlato može dobiti iz žive. Ako živu izložimo neutronskom zračenju, onda iz izotopa ^{202}Hg nastaje zlato ^{202}Au i oslobađa se jedan proton:



$$^{202}_{80}Hg + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{202}_{79}Au + ^{1}_{1}H$$

Dobijeni izotop zlata je nestabilan i posle emisije elektrona ponovo prelazi u živu. Tako stečeno »bogatstvo« bilo bi kratkog veka: vreme poluraspada izotopa ^{202}Au je 25 sekundi!

---

[1] Živine kvarc lampe se upotrebljavaju u medicini za izvesne terapije jer zrače jaku ultraljubičastu svetlost.

[2] Morska voda ima veoma malo zlata u hemijski rastvorenom stanju. Haber je pokušao da izdvoji ovo zlato. Njegov neuspeh ne znači da uopšte nije bilo moguće da dobije zlato iz morske vode, već je cena ovako dobijenog zlata znatno premašila cenu zlata dobijenog iz rudnika.

[3] Dezintegracija se odigrava, na primer, pri cepanju urana u nuklearnim reaktorima ili pri eksploziji atomske bombe.

[4] Vreme poluraspada je vreme za koje se polovina jezgra nestabilnog izotopa raspadne.

ŠTA BI BILO KAD NE BI VAŽIO AJNŠTAJNOV PRINCIP RELATIVNOSTI

TOMISLAV PETROVIĆ (Beograd)

O Ajnštajnu, čiju 100-godišnjicu rođenja ove godine proslavlja čitav svet, dosta je bilo reči i u našem časopisu. Njegovu teoriju relativnosti dobro razume veoma mali broj ljudi, no svi mi treba da nastojimo da od onoga što je on shvatio i napisao bar koliko-toliko razumemo, jer se tu nalazi odgovor na pitanje — šta je uistinu ovaj svet što nas okružuje, šta je fizička realnost.

Jedan korak ka razumevanju Ajnštajnove teorije relativnosti bio bi upoznavanje principa relativnosti i poznavanje odgovora na pitanje: Šta će se desiti ako Ajnštajnov princip relativnosti ne bi važio?

Pre 300 godina, u vreme kada sem mehanike nije postojala ni jedna druga oblast fizike, Galilej je formiulisao takozvani klasični princip relativnosti: *U svim inercijalnim sistemima mehaničke pojave odvijaju se na isti način*, tj. *u svim inercijaldim sistemima važe isti zakoni mehanike.*

Ajnštajn je dublje zapažao i video je da ne samo zakoni mehanike, već i svi zakoni prirode su isti u svim inercijalnim sistemima. Drugim rečima, sve pojave u prirodi u svim inerscijalnim sistemima odvijaju se na isti način. Ova tvrdnja čini suštinu Ajnštajnovog principa relativnosti.

Mi znamo da je inercijalni sistem onaj sistem koji ili miruje ili se kreće bez ubrzavanja, dakle ravnomerno. U toku dana čovek miruje u svom domu zatim je u atomobilu i konstantnom brzinom juri prema aerodromu sa 70 km na čas, da bi kroz pola sata leteo avionom brzinom od 700 km na čas. Čovek je za kratko vreme promenio tri inercijalna sistema: »kuća«, »automobil« i »avion«. Ako u svim ovim referentnim sistemima ne bi važio isti biološki zakon, čovek bi teško to podneo. Naprotiv, on se dobro oseća i kod kuće i u automobilu i u avionu. Doduše, pri sletanju i uzletanju, kada ima većeg ubrzavanja, avion nije inercijalan sistem i mnogi putnici se loše osećaju. Na sreću, ova »neinercijalnost« kratko traje, pa nema loših posledica.

Pretpostavimo da u referentnim sistemu »automobil« ne važi zakon elektromagnetne indukcije. Bobina u kolima ne bi radila, paljenje smeše ne bi bilo, motor ne bi radio. A šta tek ako bi ovaj zakon elektrodinamike prestao da važi u avionu pri njegovim letu? Nastala bi prava katastrofa. Niz uređaja bi otkazao. Na našu sreću važi princip relativnosti: *Zakoni prirode su jednaki u svim inercijalnim sistemima.*

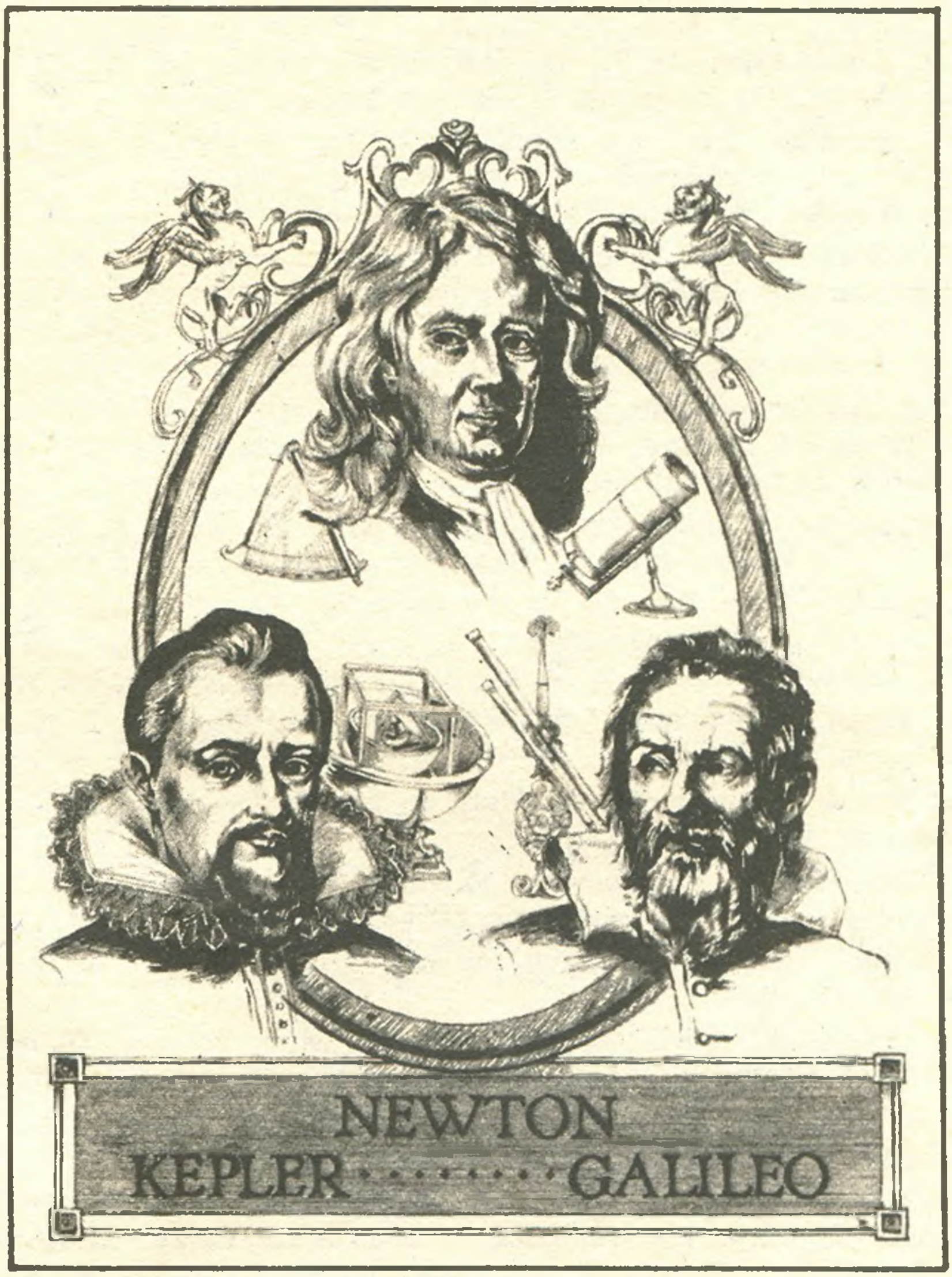
Zapamtimo zasad da na pomenutom principu reltivnosti i na principu konstantnosti brzine svetlosti: *Brzina svetlosti u vakuumu u svim inercijalnim sistemima ne zavisi od brzine izvora i konstantna je* (c=300 000 km/s), zasnovana je teorija relativnosti koju je objavio Ajnštajn 1905. godine.

Za jedan hiljaditi deo sekunde voz može da pređe rastojanje od 1 do 3 cmt zvuk 33 cm, avion oko pola metra, Zemlja-kružeći oko Sunca—30 m, svetlos, 300 km.

Lj. R.

Galileo *je pokušao da odredi i brzinu svetlosti. Registrovao je svetlosne signale fenjera sa udaljenosti od nekoliko kilometara. Razume se, zbog velike brzine svetlosti i premalog puta, eksperiment nije urodio plodom. Tridesetak godina kasnije, brzinu svetlosti izmerio je* **Olaf Remer,** *prateći kretanje Jupiterovih meseca koje je znatno ranije opazio i opisao* **Galileo.**

D. K.



Prosečna linijska brzina kretanja Zemlje oko Sunca iznosi 107 154 kilometara na čas. Poređenja radi, navedimo da je brzina kosmičkih letilica, odnosno brzina raketa lansiranih u orbitu oko Zemlje, oko 30 000 kilometara na čas.

Lj. R.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BR. 11 DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Stevan Sinđelić«, Veliki Popović: Stević Svetlana, 71, 72, 73, 74, 75, 76; Stanojević Svetlana, 71, 72, 73, 74, 75, 76; Korunović Ljiljana, 71, 72, 73, 74, 75, 76; Stojanvić Biljana, 71, 72, 73, 74, 76; Milojković Vesna, 57, 58, 59, 71, 72, 76; Simić Tatjana, 71, 73, 74; Radovanović Dejan, 71, 74.
2. OŠ »Karađorđe«, Topola: Đorđević Goran, 68, 689,70, 77, 78; Gajić Slobodan, 68, 69, 70; Blagojević Gordana, 77, 78; Ristić Nenad, 71, 73; PKostićAniac, 77, 78; Urošević Radisav, 77, 78; Karović Dragana, 63, 64; Jevtić Vesna, 74; Jevđić Nataša, 75; Milanović Ljiljana, 74; Mihailović Tatjana, 74; Reljić Marko, 78; Tanasković Aleksandar, 74. (nastavnik fizike: Mladenović Milomir).
3. OŠ »Gavrilo Princip«, Zemun: Milenković Predrag, 77, 78; Kablar Miloš, 77, 78; Trifunović Petar, 77, 78; Živanović Olivera, 77, 78; Mikić Goran, 77, 78; Đurić Biljana, 77, 78; Grbić Zdravko, 77, 78; Radivojević Milica, 77, 78; Matović Miodrag, 71, 73; Jelić Đorđe, 73. (nastavnik fizike: Abravmoić Bogdan).
4. OŠ »Savo Pejanović«, Titograd: Kovijanić Željka, 71, 73, 74; Radulović Svetlana, 71, 73, 74; Marović Aleksandar, 71, 74; Brajović Katarina, 73, Vujošević Snežana, 73; Mitrović Nataša, 74; (nastavnik fizike: Miljanović Leposava).
5. OŠ »Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci: Korićanin Goran, 71, 73; Jašović Nenad, 740; Ristović Gordana, 78; Majstorović Marina, 78; Milosavljević Zoran, 78; Marković Dragan, 78; Radmilac Slavica, 78; Savić Dušica, 78; Spasović Stanica, 78; Stajković Slobodan, 78. (nastavnik fizike: Milosavljević Stanojka).
6. OŠ »Miodrag Čajetinac-Čajka«, Trstenik: Milosvanović Goran, 77, 78; Panović Sava 73, 77, 78; Stevanović Živorad, 77, 78; Kolaković Svetlana, 77, 78; Grujić Dušan, 78 (nastavnik fizike: Lazarević Vojislav).
7. OŠ »Sava Kovačević«, Beograd: Petrović Vladimir, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78; Simovinović Aleksandra, 71, 73; Kačar Maja, 73. (nastavnik fizike: Smiljanić Dragan).
8. OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac: Stefanović Svetlana, 77, 78; Žarković Sonja, 71, 73; Petrović Svetlana, 73; Jovanović Jovica, 73; Šopić Saša, 73; Milenović Slavoljub, 73 Milovanović Vojkan, 73; Petrović Svetlana, 71. (nastvnik fizike: Stevanović Milorad)
9. OŠ »Stevan Sinđelić«, Beograd: Timić Zoran, 68, 69, 70; Simić Tatjana, 65, 66, 67; Matijašević Vesna, 65, 66; Seničić Đorđe, 78. (nastavnik fizike: Harizanov Spas).
10. OŠ »August Šenoa«, Zagreb: Mohler Dalibor, 74, 75, 76; Pušelj Snježana, 63, 64, 65, 66, 67. (nastavnik fizike: Žugić Milan).
11. OŠ »Heroj Ivan Muker«, Smederevska Palanka: Pavlović Siniša, 68, 689,70, 77, 78; Cvetković Zoran, 68, 69, 70. (nastavnik fizike: Stojanović Dafina).
12. OŠ »Braća Ribar«, Beograd: Miljković Nikola, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78. (nastavnik fizike: Nahtigal Branka).
13. OŠ »25. maj«, Delimeđe: Ademović Rusem, 77, 78; Matić Tatjana, 77, 78; Badić Numa, 73, 74; Hasanović Kemal, 71,. (nastavnik fizike: Saračević Salih).
14. OŠ »Nemanja Vlatković«, Donji Vakuf: Vojna Željko, 69, 70, 77; Kasin Slavojka, 69, 70; Šatra Zoran, 77. (nastavnik fizike: Ramljak Ajša).
15. OŠ »22. decembar«, Gornji Krupac: Tošić Toplica, 71, 73; Mladenović Nebojša, 71 73; Tošić Lela, 77; Miljković Srbijanka, 77. (nastavnik fizike: Mitić Slobodan).
16. OŠ »Braća Nedić«, Osečina: Milutinović Milka, 73, 76; Mitić Slaviša, 73; Stanimirović Gordana, 73; Timotić Snežana, 73; Tišovitić Radmila, 73. (nastavnik fizike: Đuka Ljubica i Stjepanović Milomir).
17. OŠ »Milan Ilić-Čiča«, Aranđelovac: Lazarević Mihailo, 68, 69, 70; ,77, 78. (nastavnik fizike: Milivojević Mila).
18. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac: Stefanović Bojan, 71, 72, 73, 74, 76. (nastavnik fizike: Vlajić Čedomir).
19. OŠ »Miroslav Jovanović-Cerovac«, Vrčin: Knežević Sonja, 68, 69, 70, 78. (nastavnik fizike: Baričević Milan).
20. OŠ »Moša Pijade«, Beograd: Radenović Darko, 71, 73, 75, 76,.

21. OŠ »Dimitrije Tucović«, Kraljevo: Maričić Violeta, 77, 78; Prelić Goran, 77, 78. (nastavnik fizike: Milovanović Dragana).
22. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška: Pešić Vladimir, 77, 78; Pokimica Jovica, 77, 78. (nastavnik fizike: Kostić Milijana).
23. OŠ »Josip Broz Tito«, Novi Beograd: Iričanin Bratislav, 71, 73, 75.
24. OŠ »Nada Purić«, Valjevo: Marinković Katarina, 78; Mišović Vesna, 78. (nastavnik fizike: Milić Ljiljana).
25. OŠ »Popinski borci«, Vrnjačka Banja: Stojković Dragan, 77, 78. (nastavnik fizike: Sretenović Angelina).
26. OŠ »Branislav Nušić«, Beograd: Nešić Milica, 77, 78. (naastavnik fizike: Tadić Milica).
27. OŠ »Ljubiša Maksić«, Bioska: Marković Đorđe; 68, 70. (nas5tavnik fizike: Milić M lijana).
28. OŠ »Sutjeska«, Zemun: Kandić Zlata, 73; Salijevski Dan, 73. (nastavnik fizike: Abramović Bogdan).
29. OŠ »Kopaonički partizanski odred«, Jošanička Banja: Novaković Miroljub, 78; Radulović Vladimir, 78. (nastavnik fizike: Lukić Stanislav).
30. OŠ »Braća Jerković«, Železnik: Vukićević Violeta, 70, 78. (nastavnik fizike: Tomić Jezdimir).
31. OŠ »17. oktobar«, Svetozarevo: Stakić Katarina, 71, 78. (nastavnik fizike: Mikić Milutin).
32. OŠ »14. oktobar«, Batočina: Stojanović Vesna, 61, 62.
33. OŠ »Ljubica Radosavljević-Nada«, Zaječar: Petković Aleksandra, 71, 72. (nastavnik fizike: Mitić Olga).
34. OŠ »Vuk Karadžić«, Beograd: Đorđević Kosta, 77, 78. (nastavnik fizike: Božidarović
34. OŠ »Vuk Karadžić«, Beograd: Đorđević Kosta, 77, 78. (nastavnik fizike: Božović
ljana).
Ljiljana).
35. OŠ »Jovan Popović«, Sremska Mitrovica: Blagojević Dragan, 73; Stefanović Milan, 73. (nastavnik fizike: Obradović Slavica).
36. OŠ »IV kraljevački bataljon«, Kraljevo: Barlov Slobodan, 77, 78. (nastavnik fizike: Savićević Zagorka).
37. OŠ »Milica Pavlović«, Čačak: Mijajlović Snežana, 77, 78.
38. OŠ »Vojvoda Stepa«, Kumodraž: Paunović Ljiljana, 69, 70. (nastavnik fizike: Milošević Kaja).
39. OŠ »Oton Župančič«, Zemun: Jahoda Miša, 77, 78. (nastavnik fizike: Crnjanski Jelica).
40. OŠ »Ćele Kula«, Niš: Jović Dragan, 73. (nastavnik fizike: Prvulović Jasmina).
41. OŠ »Milan Munjas«, Ub: Mendragić Dragan, 70. (nastavnik fizike: Starčević Dtagica).
42. OŠ »25. maj«, Svetozarevo: Milanović Dragan, 78. (nastavnik fizike: Đurđević Dragica).
43. OŠ »Zdravko Čelar«, Derventa: Ružić Dušanka, 77. (nastavnik fizike: Alić Midhat).
44. OŠ »Mika Mitrović«, Brezjak: Stevanović JMilanka, 77. (nastavnik fizike: Filipović Tomislav).
45. OŠ »K. Trifković«. Novi Sad: Pavkov Sanja, 77. (nastavnik fizike: Prišić Katica).
46. OŠ »Aca Aleksić«, Aleksinac: Matejić Svetlana, 78. (nastvnik fizike: Berkić Anka).
47. OŠ »Vuk Karadžić«, Priboj na Limu: Tucarević Dragomir, 78. (nastavnik fizike: Tomanović Vitomir).
48. OŠ »Bratstvo-jedinstvo«, Stubline: Erić Ranko, 70. (nastavnik fizike: Mijatović Aleksa).

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BR. 12 DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Karađorđe«, Topola, (nastavnik fizike: Milomir Mladenović): Marinković Jelena, 80, 82; Đorđević Vesna, 80, 82; Ristić Nenad, 80, 82; Urošević Snežana, 80, 82; Gigić Biljana, 80, 82; Tanasković Aleksandar, 83, 84, 85; Đorđević Goran, 86, 87, 88; Urošević Radisav, 86, 87, 88; Jevđić Nataša, 84, 85; Mihailović Tatjana, 84, 85.
2. OŠ »Sava Kovačević«, Beograd, (nastvnik fizike: Dragan Smiljević): Petrović Vladimir, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88; Stanojević Mladen, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88.
3. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac, (nastavnik fizike: Boško Milenković): Jovanović Tatjana, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88.
4. OŠ »Braća Ribar«, Beograd, (nastvnik fizike: Nahtigal Branka): Miljković Nikola, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88.
5. OŠ »August Šenoa«, Zagreb, (nastavnik fizike: Žugić Milan): Pavlović Gordana, 80 82, 84, 85; Mohler Dalibor, 80, 83, 84, 85.
6. OŠ »17. oktobar«, Svetozarevo, (nastavnik fizike: Mikić Milutin): Stakić Katarina, 80, 86, 87, 88; Jevtić Lljiljana, 80, 86, 88.
7. OŠ »29. novembar«, Čokot, (nastavnik fizike: Mitić Krsta): Jović Zoran, 80, 83, 84, 86, 87, 88.
8. OŠ »M. Milošević-Ćopo«, Mrčajevci, (nastavnik fizike: Stanojko Milisavljević): Korićanac Goran, 80, 82; Jašović Nenad, 80, 82; Dragutinović Svetlana, 80.
9. OŠ »Moša Pijade«, Beograd, (ime predmetnog nastavnika nije dostavljeno): Rađenović Darko, 80, 82, 83, 84, 85.
10. OŠ »Svetolik Ranković«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Sava Kostić): Agatunović Snežana, 86, 87. 88,
11. OŠ »Milan Ilić-Čiča«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Mila Milivojević): Lazarević Mihailo, 86, 87, 88.
12. OŠ »Miladin Popović«, Peć, (nastavnik fizike: Predrag Kovačević): Aršić Mirjana, 86, 87.
13. OŠ »22. decembar«, G. Krupac, (nastavnik fizike: Mitić SlobodanU):Stankvoć Snežana, 85; Stojandinović Jasmina, 85.
14. OŠ »Stevan Sinđelić«, Beograd, (nastavnik fizke: Spas Harizanov): Ilić Ines, 87, 88
15. OŠ »Branislav Nušić«, Beograd, (nastavnik fizike: Milica Tadić): BNešić Milica, 86, 87
16. OŠ »Milan Munjas«, Ub, (nastavnik fizike: Živka Nedić): Lazić Miroslav, 80.
17. OŠ »Jovan Popović«, Sr. Mitrovica, (nastavnik fizike: Slavica Obradović): Manjoš Spomenka, 87.

Obaveštenje: Upućujemo vas ponovo na izmene adrese i broja žiro računa „Mladog fizičara“.

OBAVEŠTENJA UREDNIŠTVA

1. *Mladi fizičar* objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima osnovne škole i unapređenju njihova već stečena znanja i shvatanja, a koji su stručno i didaktički prilagođeni njihovom uzrastu. Namenjen je učenicima VI, VII i VIII razreda i svim ostalim učenicima osnovne škole koje interesuju prirodne nauke.

2. Svaki rukopis (osim rešenja zadataka i drugih priloga koje šalju učenici) treba da bude otkucan pisaćom mašinom s dvostrukim proredom na čistoj, neprozirnoj hartiji formata A 4 (210×296 mm), s praznim prostorom širine oko 4 cm na levoj ivici lista. Obim članka ne treba da pređe 5 kucanih stranica. Crteži treba da budu izrađeni tušem ili crnom hemijskom olovkom na posebnoj čvrstoj hartiji. Na odvojenom listu autor je dužan da ispiše svoje puno ime i prezime, zvanje (odnosno zanimanje), adresu za prepisku i broj svog žiro računa (odnosno izjavu da ne poseduje žiro račun). Rukopisi se ne vraćaju. Uređivački odbor zadržava pravo da prihvaćene rukopise rediguje i objavljuje redosledom koji ne zavisi od reda prispeća.

3. **Godišnja pretplata za sva četiri broja iznosi 40 dinara.** Naručiocima više od 10 jednogodišnjih kompleta odobravamo rabat od 20%, 15% odnosno 10% zavisno od roka do kog će se isplatiti celokupna pretplata (1. XII, 1. II odnosno 1. IV). Narudžbenice slati na adresu koja je niže data, a uplate na žiro-račun Društva matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije broj 60806-678-10766, Beograd, sa obaveznom naznakom *za Mladi fizičar*

4. Narudžbeuice, članke, rešenja zadataka i sve ostale priloge slati na adresu:

Društvo Matematičara ,fizičara i astronoma SR Srbije
za časopis **Mladi fizičar**
Knez Mihailova 35/IV, p.p. 791, 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.