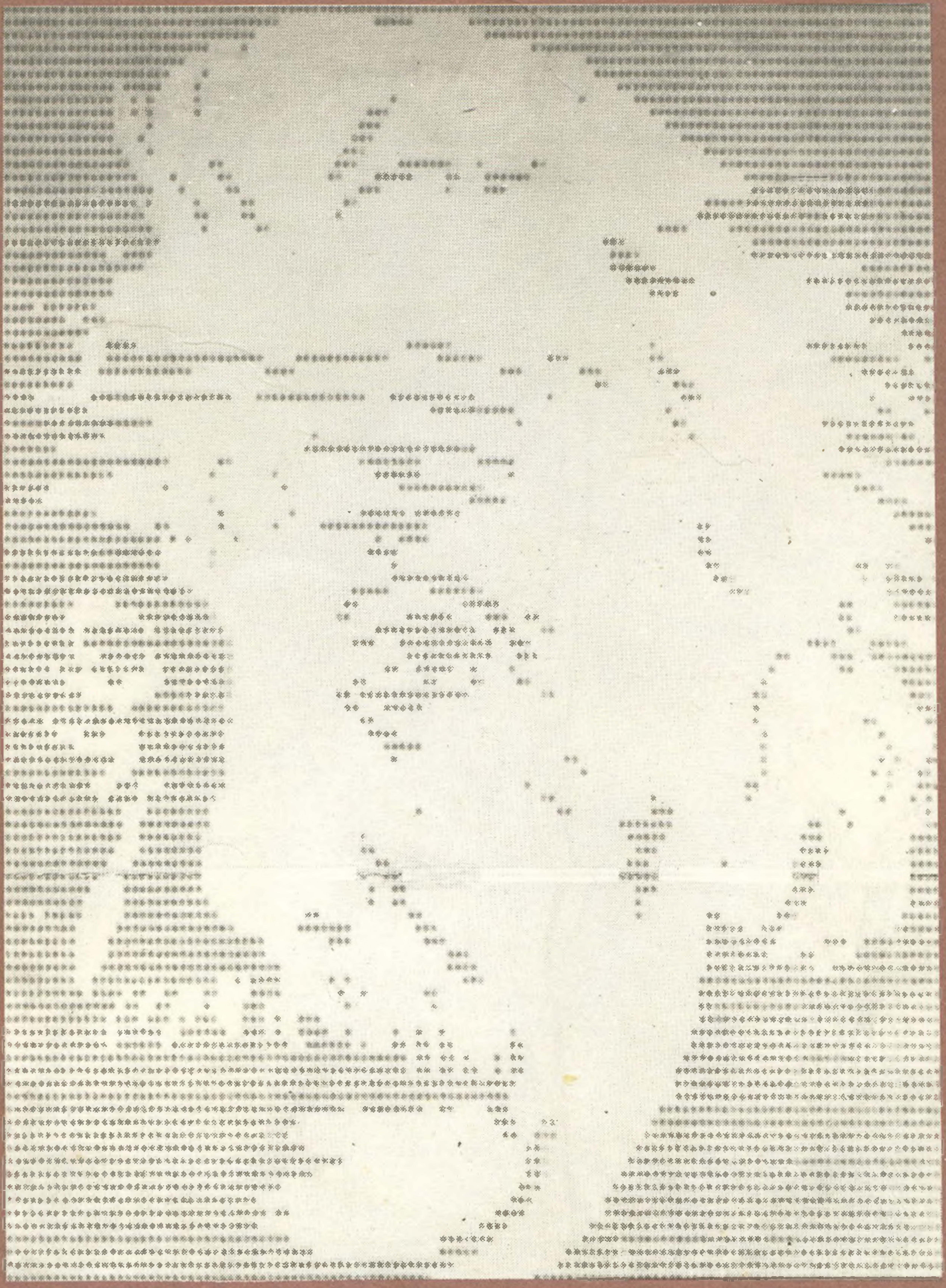


MLADI FIZIČAR

ČASOPIS
ZA UČENIKE
OSNOVNE ŠKOLE

11

BEOGRAD 1979

DRUŠTVO MATEMATIČARA, FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE

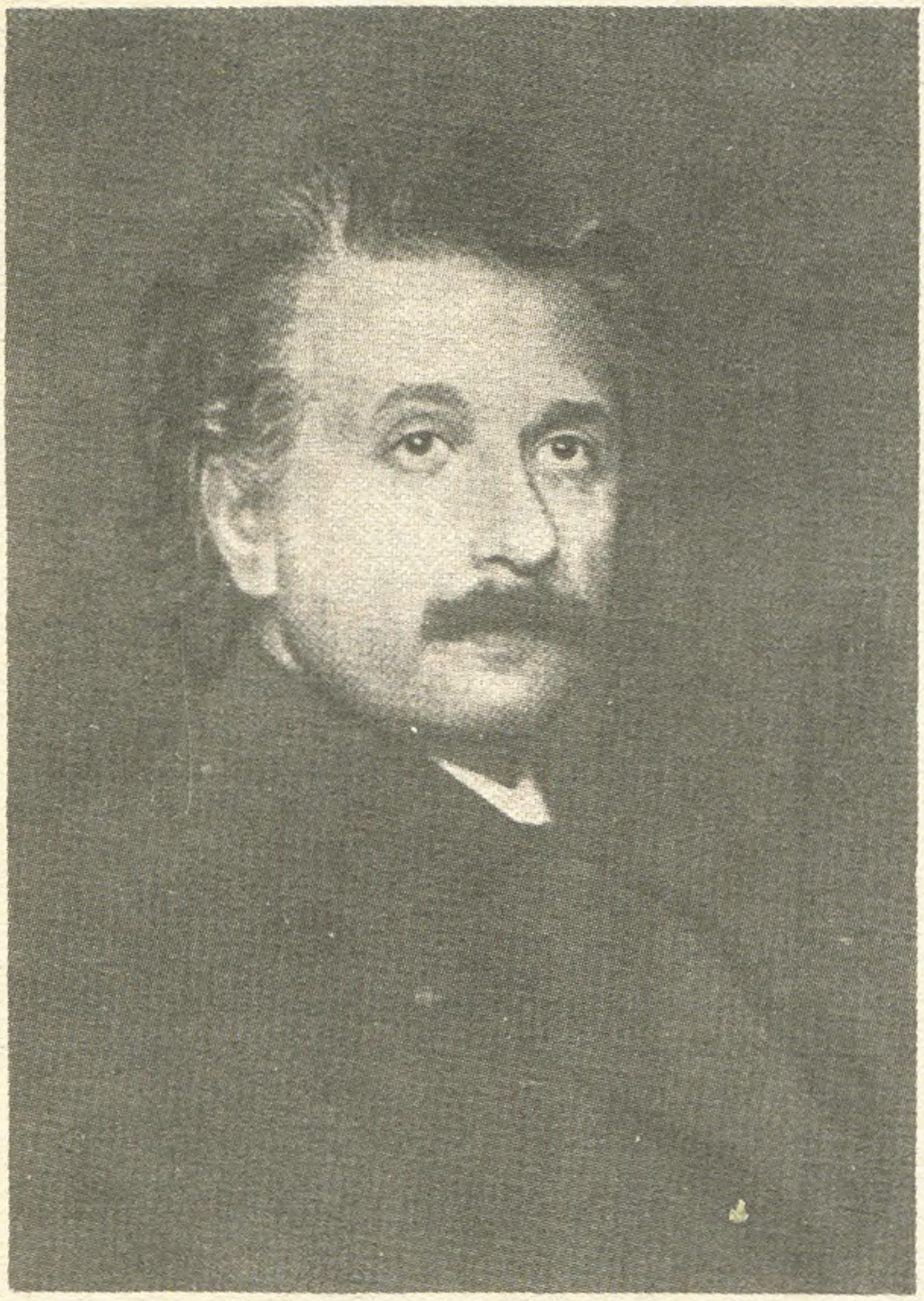
MLADI FIZIČAR
časopis
za učenike
osnovne škole
godina III
broj 11
(1978/79)

IZDAJE
DRUŠTVO MATEMATIČARA,
FIZIČARA I ASTRONOMA
SR SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/IV
p.p. 791

SADRŽAJ:

Ilustracije: V. Likar-Smiljanić
Vinjete: N. Ubović

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



ALBERT EINSTEIN

»Nerazumljivi su putevi Gospoda po kojima ide deleći svoje darove. Meni je podario upornost mazge i ništa drugo; istina, dao mi je i oštar njuh.«

ALBERT AJNŠTAJN (1879—1955)
1879—1979

Petar GRUJIĆ (Beograd)

Šta bi video posmatrač koji bi se kretao ispred zraka svetlosti, istom brzinom kao i sam zrak (elektromagnetni talas)? Ne bi mogao da vidi svetlost, svakako. Ali onda ne bi video ništa.

Paradoksalna situacija u ovakvom mislenom eksperimentu zaokupljala je mladog Ajnštajna od njegove šestnaeste godine. Rešenje ovog paradoksa objavio je posle deset godina upornog razmišljanja, 1905. godine, u trećem od niza članaka koji su mu doneli svetsku slavu. Teorija koja je razrešila ovu i još neke teškoće u shvatanju osnovnih zakonitosti fizičkog sveta nije ništa drugo do *Specijalna teorija relativiteta* (STR), bez sumnje najpopularnije naučno dostignuće našeg veka. Ona je, istovremeno, bila onaj doprinos savremenoj fizici koji je najviše učinio da njen autor postane nesumnjivo najcenjenije naučno ime našeg veka. Najzad, istorija njenog nastanka upravo ilustruje jednu karakteristiku Ajnštajnovog odnosa prema prirodi i njenom izučavanju, crtu o kojoj je reč u motou koji smo izabrali za ovaj prilog. Pojmove kao »Gospod« treba, naravno, shvatiti simbolično — Ajnštajn nije bio vernik u pravom smislu reči.

Ove godine čitav svet proslavlja stogodišnjicu rođenja Alberta Ajnštajna, jednog od najvećih naučnih umova u istoriji i svakako najvećeg fizičara našeg doba. No, pisati o naučniku koji je još za života postao legenda i o kome se inače toliko piše, nije uprkos, ili baš zahvaljujući, tome nimalo lako. Paradoksalnost je, inače, pratila Ajnštajna i njegovu reputaciju, kako kod kolega, fizičara, tako i kod širokog kruga laika. To srećemo već kod pomenute STR, koja je postala sinonim za blistavo razrešenje jedne od najskrivenijih tajni prirode i istovremeno primer za naučno dostignuće koje svojom dubinom prevazilazi moć shvatanja »običnog čoveka« (vidi uokviren tekst o Edingtonu).

Mada se u svesti laika ime Ajnštajna poistovećuje sa STR, njegov doprinos u drugim oblastima fizike bio je toliki, da bi i bez ove (uključujući i *Opštu teoriju relativiteta*) zauzimao jedno od počasnih mesta u »hramu nauke«. Ajnštajn je dao desetak takvih doprinosa teorijskoj fizici, da bi za svaki od njih mogao da dobije Nobelovu nagradu. No pre nego što iznesemo nešto više o njegovom naučnom delu, skiciraćemo ovde Ajnštajnovu biografiju.

Rodio se 14. marta u Ulmu, u Nemačkoj, u jevrejskoj porodici. Zajedno sa roditeljima uskoro prelazi u Minhen, gde pohađa i gimnaziju. Ajnštajnovo iskustvo sa tamošnjom školom nije bilo srećno, i otada pa do kraja školovanja se njegov nezavisni duh nije mogao uklopiti u tadašnje prosvetne šablone. Godine 1894. samonicijativno napušta gimnaziju i pridružuje se roditeljima u Italiji koji su tada živeli u Milanu. Kada je sledeće godine prešao u kontonsku školu u Arau (Švajcarska), našao je tamo manje krutu školsku klimu i 1896. godine, završivši srednju školu, upisuje se na Visoku tehničku školu u Cirihu (fakultet koji i danas ima najvišu akademsku reputaciju), gde sluša matetamtiku i fiziku.

Ajnštajn nije bio revnosan student, iz prostog razloga što je intelektualnom zrelošću prevazilazio program studija. U srednjoškolskom uzrastu je već bio ovladao višom matematikom i već je bio zaokupljen nekim nerešenim fizičkim problemima, od kojih smo već jedan pomenuli. Ovaj dosta slobodan odnos mladog Ajnštajna prema predavanjima doprineo je stvaranju (proizvoljnih, uostalom) priča o tome kako je bio relativno slab đak, da je imao slabe ocene iz matematike i slično. Godine 1900., posle diplomiranja, Ajnštajn radi kao pomoćni nastavnik u Viniberturu i Šafhauzenu (mestu gde se proizvode najprecizniji časovnici, instrumenti koji mere ono što je toliko zaokupljalo maštu našeg naučnika — vreme). Najzad, 1902. godine stupa kao »ekspert III klase« u Patentni biro u Bernu, gde je našao potrebni mir za koncentrisanje na probleme kojima će se baviti celog života.

U svojoj dvadesetišestoj godini Ajnštajn objavljuje »trilogiju« koja će mu otvoriti put ka Olimpu teorijske fizike. To su bili radovi o *kvantu svetlosti* (kasnije, 1926. godine, nazvanom *foton*), o tzv. Braunovom kretanju i najzad o STR. Iste godine Ajnštajn izvodi na osnovu STR čuvenu formulu koja povezuje dve: masu i energiju — $E=mc^2$. Na prvi pogled, deluje iznenađujuće nesrazmera između mladosti naučnikai o ve plime neočekivanih i dubokih fizičkih ideja. No, ako se malo razmisli, nije teško zaključiti da su to bile godine starosti kada jedan veliki um, još uvek neopterećen autoritativnim teorijama, koje neminovno sadrže i mnoge naučne zablude, ima najveće šanse da se, svež i nezavisan, »vine u najveće dubine« prirodnih tajni. Istorija fizike našeg veka upravo govori da je doba 25—30 godina najkreativniji period u životu istraživača.

Sledećih godina Ajnštajn razrađuje svoju hipotezu o kvantu svetlosti koja se pokazala veoma plodonosnom i za koju je 1921. godine dobio Nobelovu nagradu, tačnije, za kvantitativno objašnjenje fotoelektričnog efekta primenom hipoteze o svetlosti kao skupu čestica — fotona. Tih godina takođe radi na daljoj razradi svojih ideja o prirodi prostora i vremena, što rezultira u stvaranju tzv. Opšte teorije relativiteta. Ova poslednja pretstavlja uopštenje STR na slučaj kada je prisutna sila gravitacije, koja prostoru i vremenu daje nove osobine. Publikovana 1916. godine, Opšta teorija relativiteta postala je gotovo jedinstven primer dostignuća apstraktnog ljudskog duha i njegove moći shvatanja najosnovnijih osobina fizičkog sveta.

Izvesno vreme Ajnštajn je bio profesor na Visokoj tehničkoj školi u Cirihu, zatim prelazi na Berlinski univerzitet, 1912. godine. Tih godina Ajnštajn se bavi razradom i primenom novih ideja o kvantnoj (diskretnoj) prirodi fizičkog mikrosveta. Između ostalog dolazi do kvantne formule za specifičnu toplotu čvrste supstance. Razarađuje, zatim, ideju fizičara Bozea o novim statističkim osobinama fotona i stvara posebnu vrstu (kvantne) statistike — tzv. Boze-Ajnštajnova statistika. Aktivno učestvovanje u konceptualnom zasnivanju i razvitku nove fundamentalne fizičke teorije — Kvantne mehanike, čiju indeterminističku interpretaciju, koju su zastupali N. Bor, V. Hajzenberg i dr., nikada nije mogao da prihvati. Iz njegove dugogodišnje diskusije sa Borom ostala je za istoriju opaska: »Bog se ne kocka«!, čime je hteo da kaže da se prirodi ne može pripisati nekontrolisano ponašanje.

Pred kobnim naletom fašizma Ajnštajn se sklanja u SAD, gde provodi ostatak života kao profesor na Prinstonskom univerzitetu. U toku II svetskog rata, svojim autoritetom potstiče američku vladu da proizvede atomsku bombu, čiji je princip rada zasnovan upravo na njegovoj formuli ($E=mc^2$)

Poslednje godine svog naučnog rada Ajnštajn posvećuje problemu tzv. teorije jedinstvenog polja, čime je pokušao da stvori sveobuhvatni fizički teorijski sistem koji bi obuhvatao istovremeno gravitacione i elektromagnetne pojave. Ovaj problem nije ni do danas rešen, uprkos ogromnim naporima najvećih teorijskih fizičara našeg vremena.

Ajnštajn je sa porastom svog naučnog i društvenog autoriteta »zapadao« u sve veću skromnost koja je postala poslovična i gotovo legendarna. Igrom slučaja, njegova nepretencioznost kao da je već bila zapisana u samom imenu: pored mnoštva njegovih sunarodnika sa »dragocenim« imenima — Goldštajn, Rubinštajn, Zilberštan, . . . stoji prosto Ajnštajn; kamen, ali kamen temeljac, na kojem počiva veliki deo zgrade savremene fizike.

Ajnštajn je ostao u sećanju svojih savremenika kao veliki humanist koji se nije ustručavao da svoj ogromni naučni autoritet založi za stvar mira i socijalne pravde. Kao takav, bio je i ostao savest čovečanstva našeg nemirnog i tehnokratskog veka.

Ser A. Edington (Arthur Eddington, 1882—1944), engleski fizičar i astronom, inače poznati popularizator nauke, držao je predavanje o značaju Specijalne teorije relativiteta. To je bilo u vreme kada je Specijalna teorija relativiteta već bila priznata fizička teorija. Pošto je predavanje završeno, jedan slušalac, fizičar, zahvaljujući s u ime auditorijuma na uspešno prikazanoj teškoj materiji, je rekao da je Edington jedan od trojice ljudi koji zaista shvataju Teoriju relativiteta, dodavši na izraz iznenađenja predavača: »O, ser Edingtone, ne budite toliko skromni, Vi to priznanje zaista zaslužujete!«. Edington je odgovorio: »Ne radi se o tome, nego razmišljam ko bi bio taj treći«.

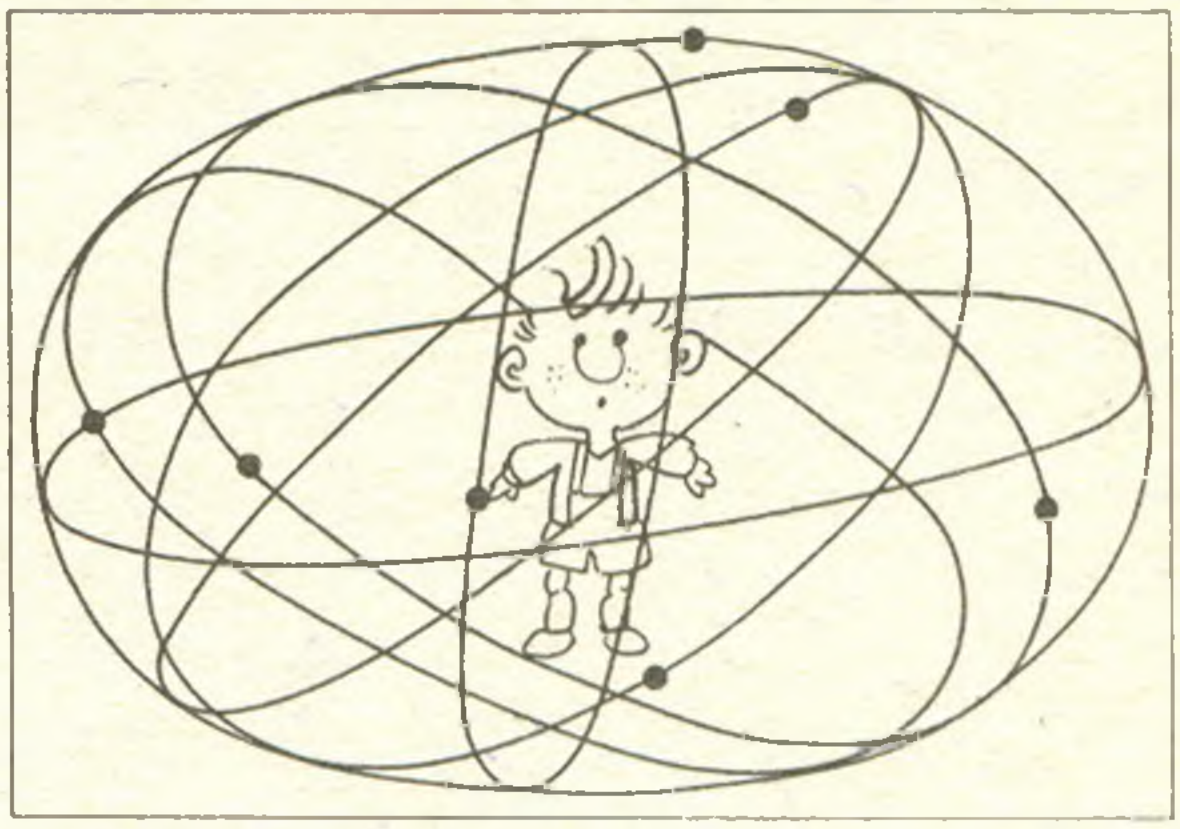
P. G.

Iako teoretičar, *Ajnštajn* se nije libio praktične primene svojeg ogromnog znanja. Malo je poznato da je zajedno sa fizičarom *Leo Silardom* izumeo — frižider.

P. G.

Kada je 1930. godine *Landau* bio u Nemačkoj, sreo se sa *Ajnštajnom*. Sećajući se susreta, Landau je ispričao: »Pokušao sam da ga ubedim u *princip neodređenosti*, ali, samo se po sebi razume, bez ikakvog uspeha . . . Zanimljivo je bilo kako su se u tom čoveku spajali paradoksalno: najveća genijalnost, neobična smelost i izvesni ostaci konzervativizma.«

D. K.



GRAVITACIJA

PETAR VIDAKOVIĆ (Beograd)

Osnovna pitanja na koja bismo hteli ovde da odgovorimo su: kakva je priroda gravitacije i šta su prenosioci gravitacionog međudejstva.

Pođimo od sledećeg primera, koji nas na jednostavan način vodi ka cilju, a navodio ga je Ajnštajn. Zamislimo da se nalazimo u liftu koji slobodno pada u gravitacionom polju Zemlje. Pošto se i lift i mi krećemo jednakim ubrzanjem g, sledi da ne pritiskamo pod lifta, da se nalazimo u bestežinskom stanju. Kao da nema gravitaci onog privlačenja. Čudno, ali šta drugo može putnik u liftu da zaključi! Dok se nalazi u liftu koji slobodno pada ni po čemu ne može da utvrdi postojanje sile Zemljine teže koja deluje na njega i lift. On ne oseća njeno dejstvo; ona za njega ne postoji! To znači da se u referentnom sistemu koji se ubrzano kreće sa ubrzanjeg g, u izvesnom smislu, poništava dejstvo sile privlačenja Zemljine teže. Može i obrnuto. Ako se raketa, koja se nalazi daleko od Zemlje i ne oseća njeno dejstvo, kreće ubrzano sa ubrzanjem g putnici će osetiti dejstvo sile jednake sili privlačenja Zemljine teže. Čini se da je tako »veštački« dobijena gravitaciona sila, koja se ni po čemu, za putnike u raketi, ne razlikuje od »prirodne« sile gravitacije. Ne postoji način da se utvrdi razlika izmedu tih sila. Ajnštajn je ovo iskazao u svom znamenitom principu ekvivalentnosti: »U svakoj dovoljno maloj oblasti prostora nije moguće, nikakvim fizičkim eksperimentom, utvrditi razliku između kretanja tela pod dejstvom gravitacionih sila i kretanja tela u referentnom sistemu koji se ubrzano kreće sa pogodno odabranim ubrzanjem«.

Ovo ima velike posledice i na osobine prostora, odnosno na njegove geometrijske osobine. Prostor u kome postoji gravitaciono polje, u kome se oseća dejstvo gravitacione sile, je »iskrivljen«.

Pojasnimo to jednim slikovitim primerom. Isecite komad dečijeg balona i iscrtajte na njemu mrežu horizontalnih i vertikalnih linija. Zategnite taj komad i lagano pritiskujte prstom na sredinu. Linije će se kriviti i zgušnjavati ka mestu pritiska a razmicati ka ivicama komada balona. Uglovi se menjaju, menjaju se odnosi među ranije paralelnim linijama. Zamislite sada neko biće koje se kreće duž jedne od linija. Za njega je najkraći put između dve tačke neka kriva linija a ne, kao u Euklidovoj geometriji, prava duž koja spaja pomenute tačke. U ovako dobijenim geometrijskim odnosima više nije ni zbir uglova u trouglu 180°. Dobili smo sasvim drugačiju geometriju. Dejstvu prsta na komadić balona je slično dejstvo gravitacije na fizički prostor.

Povežimo, pomenutu »iskrivljenu« geometriju sa merenjem rastojanja. Da bi smo merili dužinu, potreban nam je »lenjir«. Ulogu »lenjira« može da igra bilo koje telo ili recimo svetlost. No, i ovi »lenjiri« su takođe izloženi dejstvu gravitacije, što znači da se i oni »krive«. Ali, u veoma malom delu prostora, i ne primećujemo iskrivljenost prostora. To i jeste razlog što je Euklidova geometrija odgovarala svakodnevnom iskustvu.

Zavisno od izbora referentnog sistema u kojem merimo, vreme protiče sporije ili brže. Po Ajnštajnovoj teoriji relativnosti, postoji jedinstven *četvorodimenzioni fizički prostor*, u kojem je jedna od dimenzija, potpuno ravnopravna drugim, vreme. Takav četvorodimenzionalni prostor je, u prisustvu gravitacionog polja, »iskrivljen«. Znači i vreme različito protiče u različitim delovima prostora.

Ostaje problem brzine prostiranja gravitacionog međudejstva. Po klasičnoj Njutnovoj teoriji, dejstvo se prostire trenutno (beskonačno velikom brzinom), dok je po Ajnštajnovoj teoriji relativnosti, brzina konačna i jednaka brzini svetlosti.

Navedimo jedan primer. Dodirnimo prstom mirnu površinu vode. Prst više nije u vodi, ali mi zapažamo da se po površini vode šire koncentrični krugovi od mesta dodira. Slično je i sa gravitacionim silama. Zamislimo da Zemlja »zaigra« oko svog sadašnjeg položaja. To bi dovelo do čudnog ponašanja okolnih planeta. Šta se desilo? Čudno ponašanje Zemlje izazvalo je promenu njenog gravitacionog polja, a ta promena je dovela i do promene »zakrivljenosti« prostora. Ova promena »zakrivljenosti širi se dalje konačnom brzinom-brzinom svetlosti, pa je osete i okolne planete. Veruje se da se ta promena širi kroz prostor u obliku talasa. Ti talasi, koji su prenosioci gravitacije, zovu se gravitacioni talasi. Njihovo postojanje nije eksperimentalno potvrđeno, ali se očekuje da će do toga doći.

Aristotel se pitao: »Zašto svi ljudi, Grci ili varvari, broje do 10 a ne do nekog drugog broja? To ne može biti slučajno, jer ono što se uvek i svuda vrši ne može biti prouzrokovano slučajem . . . Nije li ovo možda zato što se ljudi rađaju sa deset prstiju, pa zato upotrebljavaju ovaj broj da bi razbrajali i sve drugo«. Međutim, neki su narodi, iako sa deset pristiju, primetili da bi aritmetika bila jednostavnija kada bi osnova bio broj 12. *Vavilonci* kasnijih vremena, ujedinjujući prednosti ova dva sistema, koristili su šesdesetni sistem. Ovaj sistem se pokazao tako pogodnim da i danas čas delimo na 60 minuta, a minut na 60 sekundi. Isti taj sistem se preimenjuje i pri podeli uglova.

D. K.

GALILEJEVE I LORENCOVE TRANSFORMACIJE

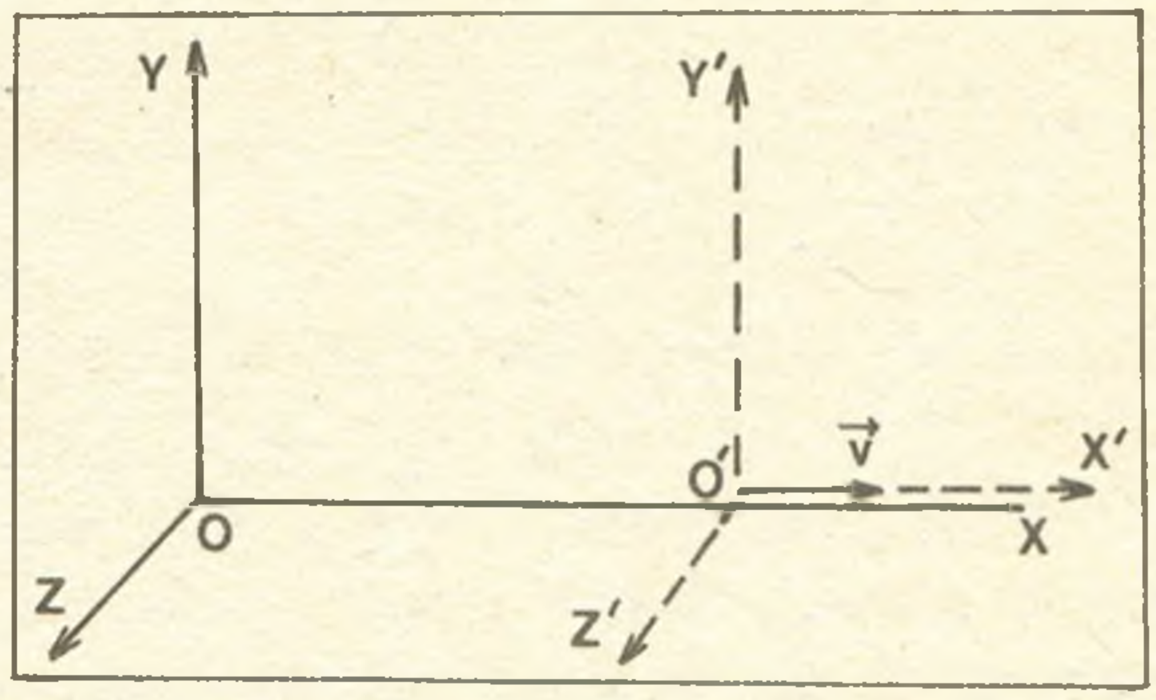
DRAGAN HAJDUKOVIĆ (Beograd)

Da bismo proučili bilo kakvo mehaničko kretanje, prvo što moramo uraditi jeste da izaberemo određeni referentni sistem.

Neka su S i S′ dva različita *inercijalna* referentna sistema (Za referentni sistem kažemo da je inercijalan ako u njemu važi Njutnov princip inercije.) Kako smo obećali u broju 9., govorićemo o pravilima (transformacijama) prelaza sa sistema S na sistem S′ i obratno.

Posmatrajmo, na primer, kretanje jedne kuglice. Neka u trenutku t njen centar ima koordinate x, y i z. Pišimo te i slične podatke u obliku (x, y, z, t). Govorićemo da je to uređen skup od četiri elementa (ili uređena četvorka), jer ćemo uvek pisati istim redosledom — x, y, z, t. Elementi x, y, z određuju položaj centra kuglice u prostoru, a t vremenski trenutak kada je ostvaren taj položaj.

U referentnom sistemu S′ uređenoj četvorci (x, y, z, t) odgovara (pridružena je) uređena četvorka (x′, y′, z′, t′). Kada se svakom elementu jednog skupa pridruži tačno jedan element tog istog ili nekog drugog skupa, matematičar govori o *preslikavanju.* Prema tome, za matematičara su transformacije prelaza sa jednog referentnog sistema na drugi zapravo preslikavanje. Preslikavanja ima beskonačno mnogo. Fizičar iz tog mnoštva matematički mogućih preslikavanja mora da izdvoji jedno. Teorija izgrađena na osnovu tog izdvojenog prelikavanja mora da bude u skladu sa eksperimentalnim činjenicama o svetu koji nas okružuje.



U osnovi klasične (Njutnove) mehanike leže *Galilejeve transformacije* (preslikavanja). One izgledaju veoma očigledne i prihvatljive.

Radi jednostavnosti učinićemo dve pretpostavke koje ne umanjuju opštost razmatranja. Prvo, neka se x i x′ osa poklapaju. Drugo, neka se vreme računa od trenutka kada su se koordinatni počeci 0 i 0′ poklapali. Neka se sistem S′ u odnosu na sistem S kreće brzinom v u pozitivnom smeru x ose, kako je prikazano na slici. Izgleda očigledno da je

$$y' = y, \quad z' = z, \quad x' = x - \overline{00'} = x - vt.$$

Za prva dva preslikavanja matematičari bi rekli da su identična preslikavanja. Takođe lako prihvatamo tvrđenje da u oba sistema vreme jednako teče, tj. da je t′=t. Ove vrlo jednostavne (tzv. Galilejeve) transformacije omogućuju prelaz sa skupa (x, y, z, t) na skup (x′,y′,z′,t′).

Bez obzira na »očiglednost« i slaganje sa našim svakodnevnim opažanjem i iskustvom, pokazalo se da Galilejeve transformacije važe samo približno u slučaju kretanja sa brzinama koje su vrlo male u poređenju sa brzinom svetlosti, c. Savremena relativistička (Ajnštajnova) mehanika zasnovana je na *Lorencovim transformacijama:*

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z,$$

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Kako se došlo do ovih transformacija, to je već druga priča.

Svaki od posmatrača S i S′ sa istim pravom može smatrati da on miruje, a da se onaj drugi kreće. Posmatrač S vidi da se S′ kreće u pozitivnom smeru x ose brzinom v. Sa svoje strane, S′ vidi da se S kreće u negativnom smeru x′ ose brzinom —v. Ovakva ravnopravnost sistema S i S′ nam omogućuje da obrnute (inverzne) transformacije prelaza sa S′ na S dobijemo uzajamnom izmenom x, y, z, t i x′, y′, z′, t′ uz istovremenu zamenu v sa —v. Na primer, iz prve od Lorencovih transformacija se dobija

$$x' = \frac{x' + vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Pokušaćemo da jednim primerom bar delimično ilustrujemo koliko izgled čitave fizike zavisi od oblika prihvaćenih transformacija. Posmatrajmo dve kuglice koje se udaljavaju jedna od druge duž x ose sistema S. Neka su x_1 i x_2 njihove koordinate koje se odnose na isti vremenski trenutak t. Tada je u sistemu S njihovo rastojanje $l = x_2 - x_1$. Dakle, za posmatrača S kuglice su na rastojanju l. Nameće se pitanje vidi li i posmatrač S′ to isto ili neko drugo rastojanje l′. Svakodnevno iskustvo nam govori da oba posmatrača moraju videti isto rastojanje. Pokazaćemo da je to tačno u odnosu na Galilejeve, ali ne i u odnosu na Lorencove transformacije.

Rastojanje koje vidi S′ je $l' = x'_2 - x'_1$. Prema Galilejevim transformacijama biće

$$x'_1 = x_2 - vt, \quad x'_1 = x_1 - vt,$$

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1,$$

što znači da je $l = l'$ i da oba posmatrača vide isto rastojanje. Prema Lorencovim transformacijama će biti

$$x'_2 = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{i} \quad x'_1 = \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

odnosno

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{i} \quad l' \neq l,$$

što znači da posmatrači vide različita rastojanja. Drugim rečima, dužina se kao veličina nije očuvala pri prelazu sa jednog na drugi referentni sistem. Dužina tela nije njegova apsolutna karakteristika, već zavisi od referentnog sistema iz koga posmatramo.

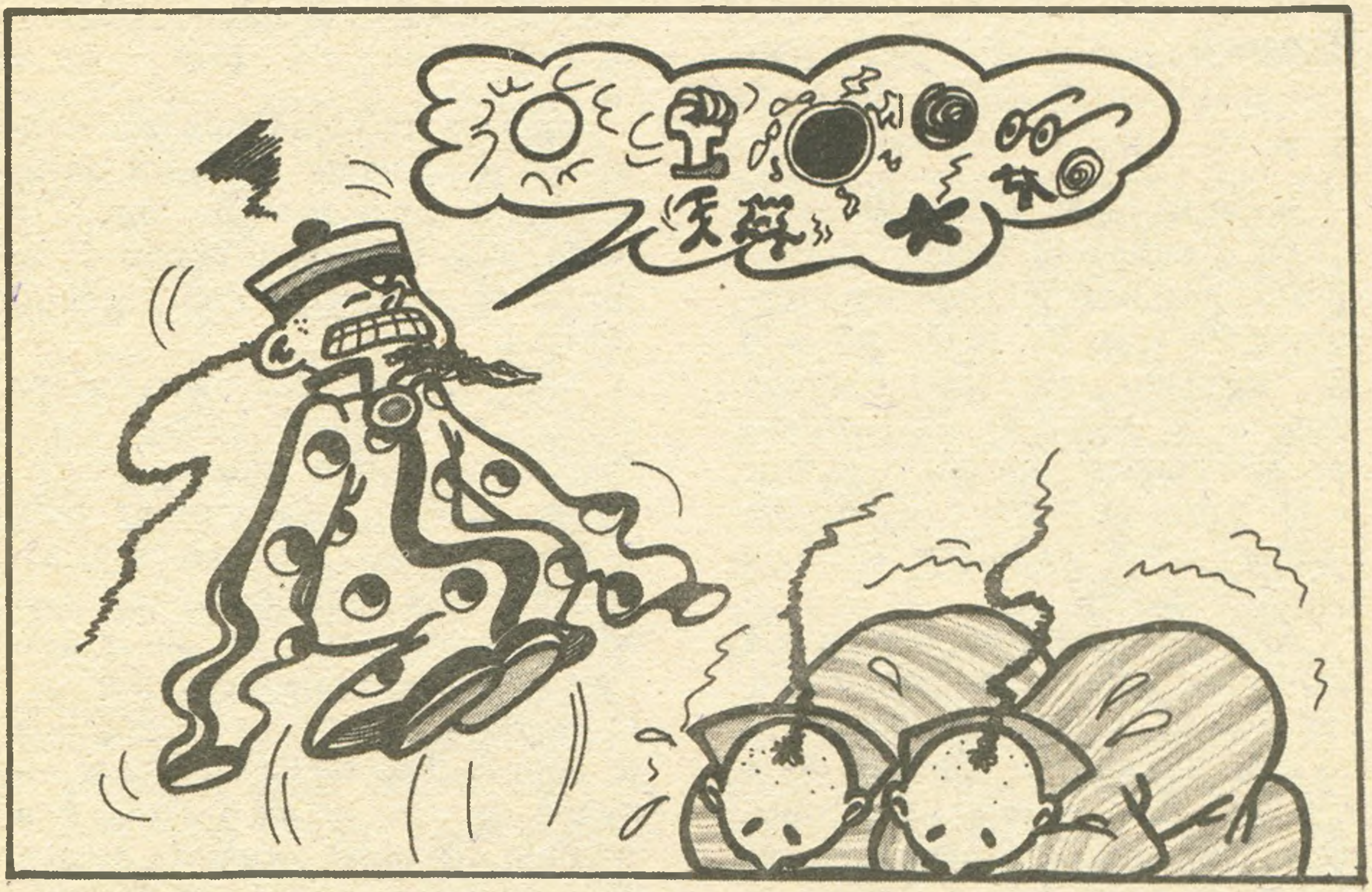
Verujemo da ste zbunjeni, ali ne i obeshrabreni. Ponešto vam sigurno nije jasno. Neka vas nejasnoća nikad ne obeshrabri. Ni najvećim naučnicima nije sve jasno. Još je Njutn rekao: »Ono što znamo je kap. Ono što ne znamo je okean.«

Plank je bio dobar poznavalac muzičke klasike i svirao je klavir. *Ajnštajn* je svirao violinu. Sovjetski fizičar *Avram Fjodorovič Jofe* slušao je obojicu i uživao u njihovoj muzici, ali, kako sam kaže, »na sasvim različite načine«. Govorio je: »Kako su različiti bili. Plankov odmereni potok zvukova i Ajnštajnova misaona violina!«

D. K.

Pretpostavlja se da su u *Kini*, još u periodu između 3000. i 2000. godine pre našeg računanja vremena, znali da pretskažu pomračenja. Posao ondašnjih astrofizičara, inače, bio je veoma odgovoran. Iz spisa *Šu Čang*, zbirke dokumenata iz tog doba, saznaje se da su dvojica astronoma bili pogubljeni zato što su propustili da predvide pomračenje: »Slepi svirač je lupao u doboš, mandarini su pojahali konje, a narod se skupio u gomile. Pa i u tom času *Hi* i *Ho*, kao drvene lutke, nisu videli ništa, nisu čuli ništa i svojim nehatom da osmotre i proračunaju kretanje zvezda navukli su na se kaznu smrti.«

D. K.

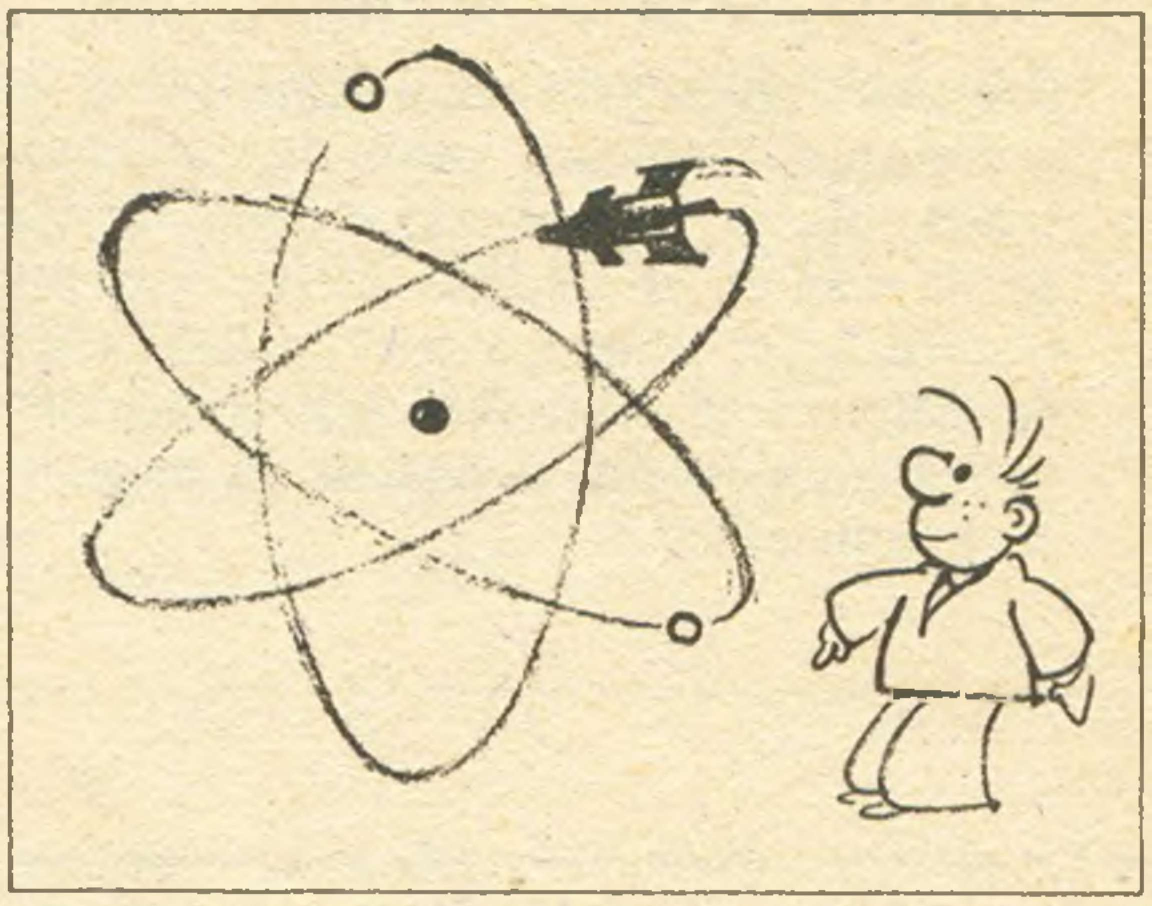


IVO ANDRIĆ O VREMENU I KRETANJU

»Vreme je za mene najveće čudo. Poimanje vremena, upotreba vremena, osećanje vremena, sve su to za mene prave zagonetke, koje se postavljaju preda mnom svakodnevno. U svako doba dana i noći, u snu i na javi, osećam vreme kao elemenat, blag i koristan ili štetan i razoran, kao što čovek oseća vazduh, vatru, vodu . . . I u svakom trenutku znam da je vreme jedna bolna iluzija, da je, u stvari, broj suđenih otkucaja našega bila i da drukčije i ne postoji. Pre svakog otkucaja, kao i iza poslednjeg, proteže se u nedogled večnost našeg nepostojanja, nemerljiva, neosvetljena, neshvatljiva i neizreciva a prisutna u svakoj našoj misli, u dahu reči i zalogaju.«

»Sve u prirodi je u stalnom grčevitom kretanju, bilo da se rađa ili nastaje, bilo da opada ili umire. Mira nema nikad i nigde; i ako ga ima, on je prividan i opet u službi kretanja. U tom kretanju je sve što živi osuđeno, zbog svog opstanka i održanja, na odbranu i na stalnu pažnju . . .«

(Iz knjige Ive Andrića »Znakovi pored puta«



AJNŠTAJNOV DOPRINOS RAZVOJU KVANTNE FIZIKE

LJUBIŠA I NATAŠA NEDELJKOVIĆ

(Beograd)

1.

Kvantna fizika je započela svoju veliku avanturu u vreme pojavljivanja problema pri ispitivanju toplotnog zračenja. Već je bilo poznato da zagrejano telo zrači energiju koja je po svojoj fizičkoj prirodi tzv. elektromagnetno talasanje koje se kroz prostor prostire određenom brzinom noseći sa sobom određenu količinu energije.

Ako u unutrašnjosti čvrstog tela napravimo šupljinu (na primer sfernog oblika), a zatim ga zagrejemo do neke temperature, šupljina će se vrlo brzo ispuniti toplotnim zračenjem. Ono se u fizici obično naziva zračenjem *crnog tela*, i ispituje se na sličan način kao i svetlost Sunca. Potsetimo se ovog poslednjeg: Pomoću prizme možemo dobiti tzv. spektar sunčevog zračenja. Iz njega vidimo, pre svega, da je svetlost Sunca sastavljena iz svih mogućih boja. Zatim, merenjem se može pokazati da zraci različitih boja donose različite količine energije (najintenzivniji su žuti zraci, otud nam Sunce izgleda žuto). I u slučaju spektra zračenja crnog tela pojavljuje se ista situacija: zračenje u šupljini sastoji se od talasa svih mogućih učestanosti koji nose različitu količinu energije.

Spektar zračenja crnog tela, dakle, bio je izmeren; međutim, zašto je on baš takav u suštini nije bilo jasno, iako su ulagani napori da se protumači pomoću dotad poznatih zakona.

1900. godine problem razrešava zreli i već iskusni fizičar Maks Plank za nekoliko nedelja, po njegovim rečima, najnapornijeg rada u svom životu. Izvore zračenja zagrejanog tela je zamislio kao naelektrisanja koja osciluju oko svojih ravnotežnih položaja i pritom emituju energiju. Dakle, izvore zračenja je zamislio kao *oscilatore*. Napominjemo da u to vreme još nije bila poznata niti prava struktura atoma, niti sam proces emitovanja zračenja iz njih. Na sreću, za rešenje problema to nije bilo neophodno.

Posle ovoga je sledio najteži deo problema. Običan mehanički oscilator (na primer, kuglica obešena na oprugu) može da ima bilo koju energiju oscilovanja E. Plank je, međutim, uočio da njegovi *oscilatori moraju imati samo određene vrednosti energije (ili određene kvantume, prema latinskoj reči quantum — količina) date formulom* $E=nh\nu$, gde je $n=0, 1, 2, \ldots$, ν frekvencija oscilovanja, a h jedna konstanta, koja je nazvana *Plankovom konstantom*. To je bila pretpostavka, verovatno najčudnija u dotadašnjem razvoju fizike, ali je omogućavala rešenje problema. U početku je izgledalo da je ona samo »matematički trik« i čak je i sam Plank bio prema njoj veoma obazriv.

2.

Veliku intuiciju, blistav odnos prema novoj hipotezi i veliku intelektualnu smelost pokazao je 1905. godine, tada vrlo mladi, Albert Ajnštajn. Oslanjajući se na Plankovu ideju, dolazi do zaključka da se elektromagnetno zračenje u šupljini može zamisliti kao skup vrlo velikog broja čestica koje se haotično kreću velikom brzinom kao čestice vodene pare u zagrejanom sudu. One su nazvane *fotonima.* I ova hipoteza je oštro protivrečila tadašnjem znanju. Naime, već se smatralo da je stari problem da li je svetlost neka vrsta talasanja ili snop vrlo sićušnih čestica bio razrešen mnogim eksperimentima u korist talasne teorije.

Priznajući važnost ovim eksperimentima, Ajnštajn ukazuje da su već poznate neke pojave koje se ne mogu objasniti ako se svetlost zamišlja kao talas, ali da su uz pretpostavku fotona vrlo jasne. Jedna, ali ne i jedina, od tih pojava je i tzv. *foto-efehpt.* Ona se sastoji u tome da pojedini materijali u trenutku obasjavanja svetlošću emituju elektrone. Po talasnoj teoriji, elektroni bi trebali da budu izbacivani tek posle nekoliko nedelja neprekidnog obasjavanja. Po Ajnštajnovom objašnjenju pojava je sasvim logična, jer se elektroni izbacuju pri direktnim, trenutnim sudarima sa fotonima svetlosti.

Zaoštreni odnos između talasne teorije svetlosti i teorije fotona Ajnštajn je smatrao privremenim i nadao se jednoj obuhvatnijoj teoriji svetlosti. To se zaista i dogodilo. U toku daljeg razvoja fizike pokazalo se da neobičnu dvojnost u različitim eksperimentima, tj., da se u jednim svetlost ponaša kao talas, a u drugim kao snop čestica, pokazuje ne samo foton, nego i sve druge mikro-čestice. Do danas u mikro-svetu nije primećeno ništa drugo osim mikro-čestica. Međutim, njihove osobine su takve da se u određenim eksperimentima stiče utisak kao da je reč o nekim talasima.

1907. godine Ajnštajn potvrđuje ispravnost Plankove formule $E = nh\nu$ ne samo za oscilatore koji zrače elektromagnetnu energiju, nego i u slučaju nenaelektrisanih, čisto mehaničkih oscilatora. To je učinio pri objašnjenju tzv. *specijične toplote čvrptih tela.* Kao što je poznato, specifična toplota je ona količina energije koju treba dovesti telu da bi se njegova temperatura podigla za 1 °C. Ajnštajn je pretpostavio da se čvrsto telo na nekoj temperaturi može zamisliti kao skup atoma koji osciluju oko svojih ravnotežnih položaja, dakle, kao skup mehaničkih oscilatora. Dodavanjem toplote telu dobijamo snažnija oscilovanja. Na osnovu ovakvog shvatanja njegova su izračunavanja pokazala da specifična toplota opada sa smanjenjem temperature tela, tj., da se hladnija tela lakše greju. Eksperimenti na vrlo niskim temperaturama ovu pojavu potvrđuju.

Suštinski značaj ovog Ajnštajnovog objašnjenja je u tome što je Plankove ideje primenio na mehaniku mikro-sistema. Nastavljajući u tom pravcu ubrzo će Nils Bor primeniti sličan postupak na građu atoma koju je neposredno pre toga otkrio Raderford. Po Boru, elektroni mogu da kruže oko atomskog jezgra samo na tačno određenim udaljenostima. Preskakanje elktrona sa orbite na orbitu praćeno je emitovanjem fotona, dok se obrnuti proces odvija uz apsorbovanje fotona. Drugim rečima, elektroni skaču iz stanja jedne u stanje druge energije.

Koristeći se Borovim istraživanjem Ajnštajnu polazi za rukom 1917. godine da dublje objasni zračenje crnog tela. Ovaj poduhvat se obično naziva *Ajnštajnovim izvođenjem zakona zračenja crnog tela.* Preskoci elektrona u atomima zida šupljine praćeni su emitovanjem fotona u šupljinu i apsorbovanjem fotona koji iz šupljine naleću na njene zidove. Pri konstantnoj temperaturi zidova broj emitovanih fotona mora, za neko vreme, postati jednak broju apsorbovanih fotona. Pritom je došao do zaključka da atom može emitovati foton na dva načina. Prvi je pomoću fotona koji proleće kroz atom i pritom iz njega izvlači još jedan, potpuno njemu identičan foton. Tada se kaže da se dogodila *indukovana emisija fotona.* Drugi način je da iz atoma izleti foton bez ikakvog spoljašnjeg uticaja. Ovaj neobični proces se naziva *spontanom emisijom fotona.*

Eksperimenti su potvrdili oba ova Ajnštajnova predviđanja. Prvi je bio osnova za konstrukciju aparata koji proizvode tzv. lasersku svetlost. Drugi je pokrenuo na ozbiljna istraživanja vakuuma.

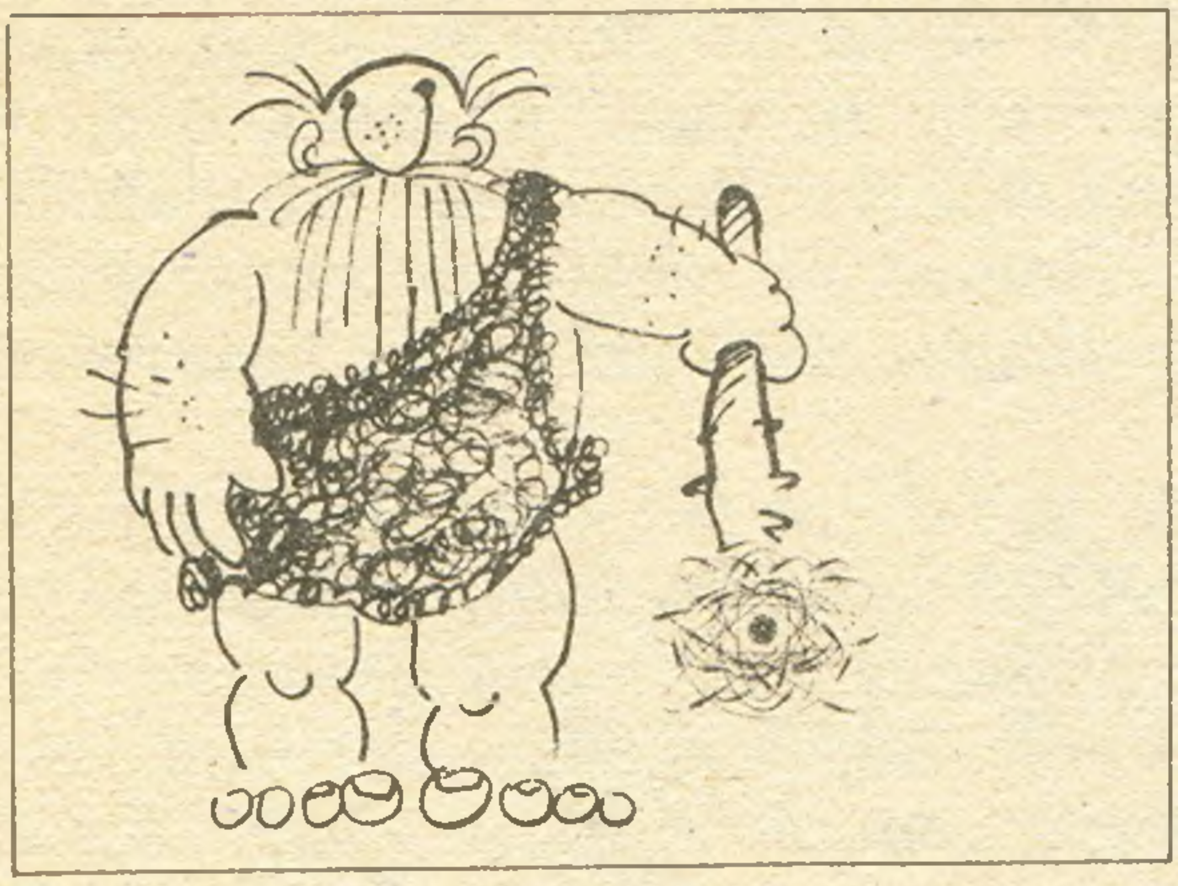
1925. godine Boze uspeva na još jedan način da dokaže ispravnost zakona zračenja crnog tela. Koristio je samo osobine fotona, a ne i zida šupljine. Godinu dana kasnije Ajnštajn uspeva da, sa svojim već proverenim smislom za uopštavanjem, proširi Bozeova razmatranja na jednu veliku grupu mikro-čestica koje danas nazivamo *bozonima* (među koje spada i foton). Primenjujući ove svoje rezultate na gasove uspeva da objasni zašto pri vrlo niskim temperaturama ne važi više čuvena gasna jednačina $pV=RT$.

Nadovezujući se na Ajnštajna sledećih godina se došlo do zaključka da se sve otkrivene elementarne čestice, prema jednoj svojoj važnoj osobini, tzv. spinu, dele u dve osnovne grupe: grupu bozona i grupu fermiona.

3.

Prvih tridesetak godina XX veka bile su godine stvaranja kvantne fizike, u kome je, kao što smo videli, Ajnštajn direktno učestvovao. Posle ovog perioda nastupio je još jedan kraći, ali najvažniji, u kome je *došlo do zaokrugljivanja svih prethodnih rezultata i njihovih izvođenja iz nekoliko osnovnih zakona koji vladaju mikro-svetom.* Oni se po važnosti mogu uporediti sa poznatim Njutnovim zakonima mehanike. Stvoreni su radom više velikih fizičara: Bora, Hajzenberga, Šredingera, Borna, Diraka, Fon Nojmana . . . Ajnštajnovog imena ovde nema. Njihova osnovna karakteristika je da *objašnjavaju pojave, ali su veoma čudni!*

Ajnštajn nikad nije tvrdio da su osnovni zakoni kvantne fizike pogrešni, ali je prvi najsnažnije izneo tezu da *kvantna fizika ne daje potpuni opis mikro-pojava, i da se prava teorija mora zatvoriti u jednu celinu na drugi način.* To ga je uverenje držalo do kraja života. Ali ni on, ni bilo ko drugi do danas tako nešto nisu uspeli da urade.



ŠTA SU REKLI O TEORIJI RELATIVNOSTI

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Specijalna teorija relativnosti (STR), u vreme kada je stvorena, imala je mnogo više protivnika no pobornika. Tome su, pre svega, doprinele sledeće činjenice:

1. STR je u potpunosti menjala uobičajene predstave o prostoru i vremenu koje su bile mnogostruko proverene i nisu protivrečile iskustvu.

2. STR nije objasnila ni jedan dotle neobjašnjen eksperiment, a nije predvidela ništa što je tada moglo da se eksperimentalno proveri. Osim toga, većina rezultata koji su iz nje sledili bili su i ranije, na neki način, dobijeni iz teorija koje su se uklapale u okvire klasične fizike i sliku sveta koju je ona nametala.

Navešćemo ovde samo neka mišljenja Ajnštajnovih savremenika o STR.

Majkelson, koji je svojim eksperimentima, tačnije negativnim rezultatima svojih ekeperimenata, mnogo doprineo stvaranju STR, rekao je sledeće:

»*Da sam mogao da predvidim šta će se sve izroditi iz rezultata mojih eksperimenata, siguran sam da ih nikada ne bih izveo*«.

Francuski naučnik *Penleve* smatrao je da je STR samo matematička teorija koja ne daje ništa novo sa stanovišta fizike. Rekao je:

»*Ja smatram da će od tog učenja (STR) ostati mnogo formula, koje će lako biti uklopljene u klasičnu nauku. Ali njeni principi, o kojima se prema različitim mišljenjima govori ili kao o skandalu, ili kao o čudu teorije relativnosti, biće zaboravljeni.*«

U toku rada na Opštoj teoriji relativnosti *Ajnštajn* je došao do nekih rezultata koji su, bar u prvi mah, bili protivrečni sa STR. Saznavši za to, jedan od njegovih protivnika, *Abraham*, je rekao:

»*Onaj ko je, kao i sam autor, bio privučen pesmom te teorije (STR)*„ *koja je slična pesmi morskih sirena, moći će sa uživanjem da se osvedoči da će se i njen autor uveriti u njenu neodrživost.*«

Prve eksperimentalne potvrde rezultata Opšte teorije relativnosti smanjile su broj protivnika i povećali interesovanje ne samo naučnika nego i filozofa, pisaca, novinara, pa i običnih ljudi čija su interesovanja bila daleko od onoga što se može nazvati naukom. Štampa se veliki broj popularnih knjiga, članaka i brošura o Ajnštajnovim teorijama. Sovjetski fizičar *Timirjazev* je s pravom primetio sledeće:

»Bez ikakvog preuveličavanja se može reći da za sve vreme otkad nauka postoji nijedan od problema koji je rešavan ili rešen, nijedna teorija nije privukla tako veliku pažnju kao teorija relativnosti. Danas se o toj teoriji govori svuda: za nju su se zainteresovali ljudi koji su sasvim po strani od nauke, a bili su potpuno nezainteresovani i potpuno ravnodušni prema onom što se radilo, kako uopšte u nauci, tako i u fizici.«

Interesantno je pomenuti da je Timirjazev bio jedan od onih koji su veoma oštro istupali protiv Teorije relativnosti, ali sa naučno-saznajnih pozicija, odnosno, da bi bilo malo jasnije, sa pozicija koje su se odnosile na filozofsko tumačenje rezultatata te teorije.

Jedan od najaktuelnijih problema geometrije u Atini tokom V veka pre n. e. bilo je tzv. *udvajanje kocke*. Prema predanju, na Atinjane je oko 430. godine pre n. e. naišla neka zaraza. Oni su poslali izaslanike u Apolonov hram u Delosu da zatraže pomoć. Proročanstvo im je reklo da udvostruče oltar u Apolonovom hramu u Atini. Oltar je imao oblik kocke. Poslušavši savet, Atinjani su udvojili visinu, širinu i dužinu kocke. Zaraza je, međutim, nastavila da se širi: proročanstvo im je objasnilo da oltar nisu udvostručili, već su zapreminu kocke uvećali osam puta.

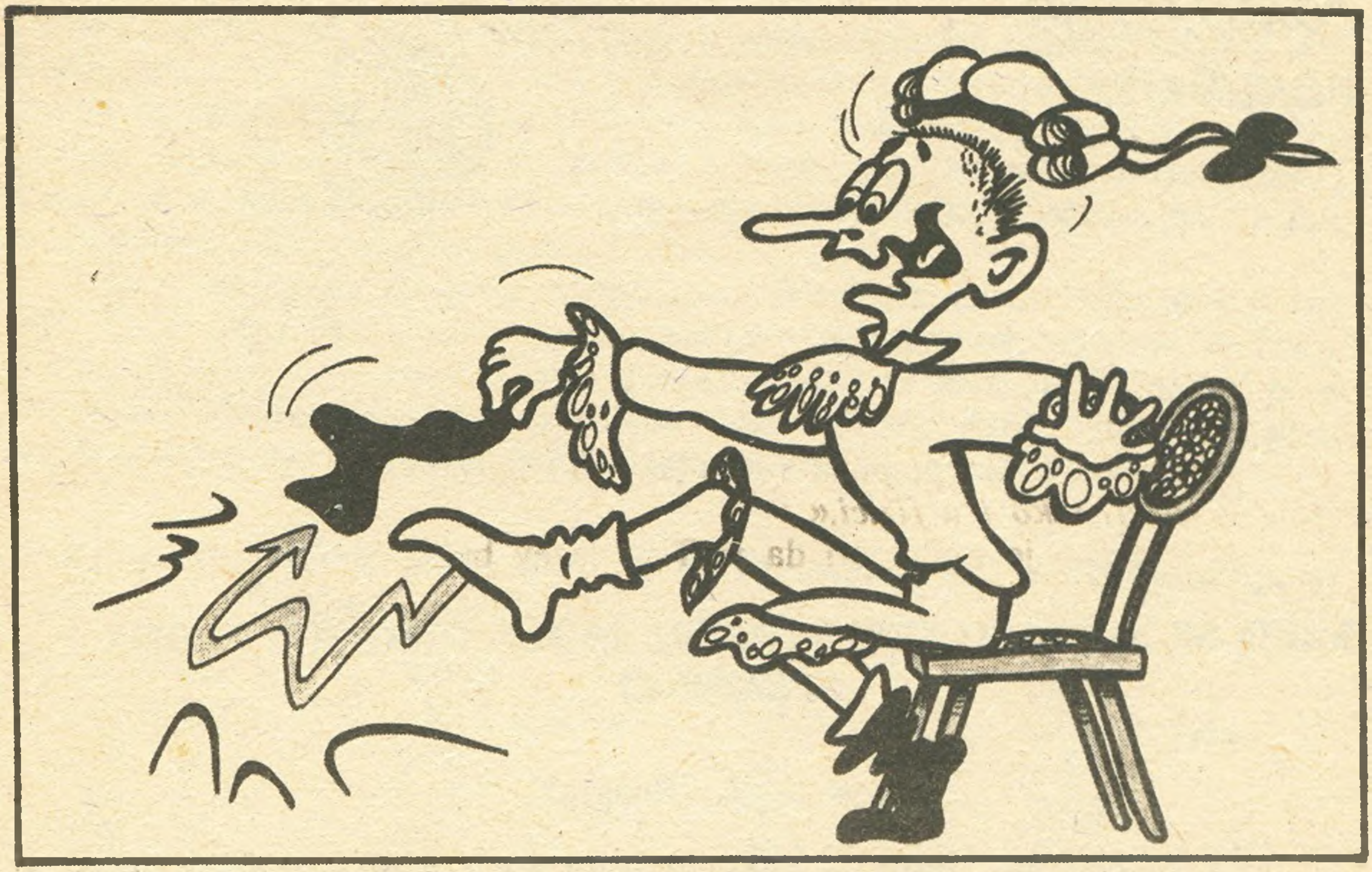
D. K.

DUALISTIČKA TEORIJA ELEKTRICITETA I ČARAPE JEDNOG PLEMIĆA

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Mimo velikih zasluga američkog naučnika *Bendžamina Franklina*, njegova teorija o »jednoj električnoj materiji« nije bila kadra da objasni neke električne pojave i bila je odbačena. Daleko operativnijom pokazala se teorija dvaju elektriciteta koju je na veoma neobičan način postavio *Robert Simer*, član engleskog Kraljevskog društva, 1759. godine.

Robert Simer je, naime, imao čudan običaj da nosi dva para svilenih čarapa — bele i crne, jedne preko drugih. Kada je jedanput, u mraku, skidao čarape, primetio je kako između donjeg i gornjeg para čarapa uz laki prasak preskaču sitne električne iskre. Pored toga, čarape jedne boje su se međusobno odbijale, a bele i crne čarape su se međusobno privlačile. Simer je nekoliko puta ponovio ovaj čudni »ogled« i ispričao kolegama u engleskom Kraljevskom društvu:



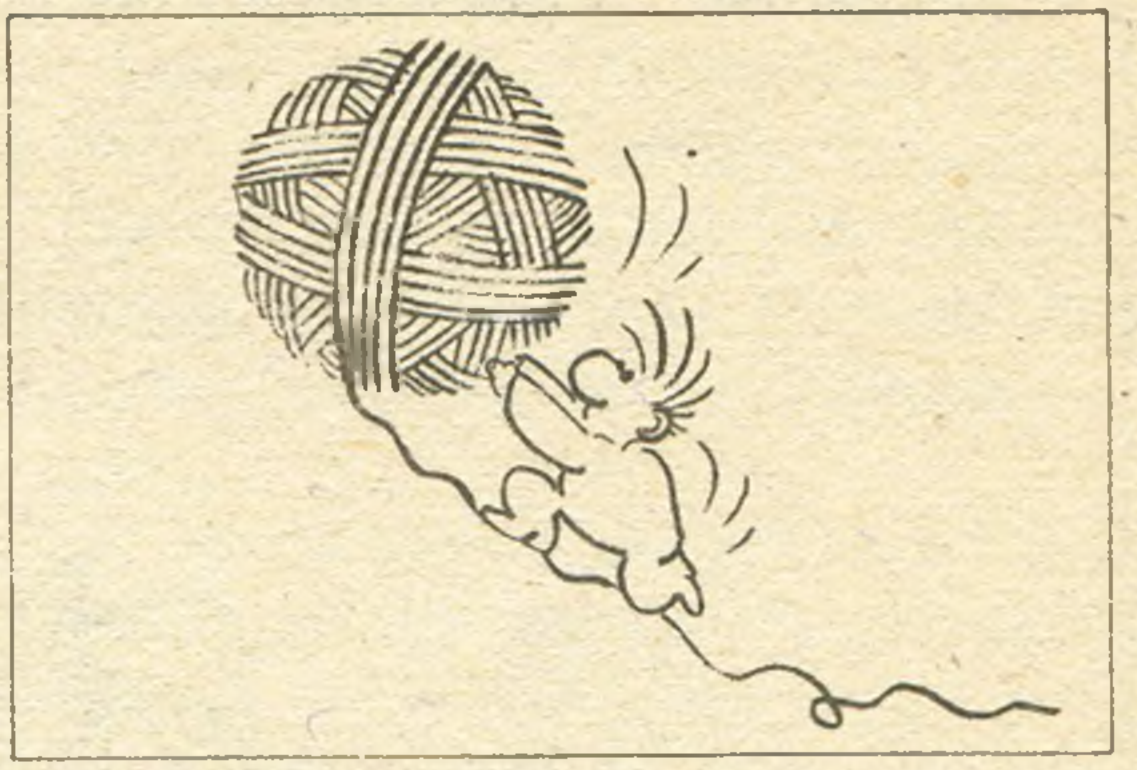
»Ispočetka čarape nisu pokazivale nikakva električna svojstva. No, izuvajući čarape, ja sam ih time naelektrisao, jer je poznato da se tela trenjem naelektrišu. Uzrok raznovrsne elektrizacije belih i crnih čarapa leži možda u sastavu boje kojom su obojene moje crne čarape. U svakom slučaju, taj ogled pokazuje da se mora prihvatiti da u svakom telu postoje dva suprotna elektriciteta u jednakim količinama, koji neutrališu ili vezuju jedan drugi, i stoga se u običnim prilikama ne mogu zapaziti. Telo postaje naelektrisano onda, kad ima više elektriciteta jedne vrste nego druge. U tome je stvar!«

Nije potrebno mnogo mašte da bi se zamislilo kako su već iste večeri akademici prionuli na »eksperimentisanje«. Ushićenje londonskih akademika međutim, imalo je pored šaljivog i dublje sadržaje: Simerovom teorijom su se mogla objasniti sva u to vreme poznata opažanja u ogledima s elektricitetom.

Razmena informacija u Franklinovo i Simerovo vreme, razume se, nije bila tako intenzivna kao danas. Jer, dve vrste elektriciteta otkrio je više od dvadeset godina ranije francuski fizičar *Šarl Dife*.

Ruski car *Petar Prvi* (1672—1725) je modernizujući ondašnju Rusiju smatrao da nema prave industrijalizacije zemlje bez ozbiljnog naučnog kadra. Tako je napredni car naredio da se prevedu i štampaju sva dela velikih fizičara sedamnaestog veka. To, međutim, nije išlo jednostavno: direktor petrogradske štamparije *Avramov* smanjio je tiraž *Hajgensovih dela* sa 1200 na 30 primeraka; pričao je izdavač kako je »... ustreptao srcem i užasnuo duhom pri čitanju bezbožničke knjige šašavog pisca«.

D. K.



KAKO SE POMOĆU TERMOMETRA MOŽE ODREDITI VISINA PLANINE?

RAK LAJOŠ (Beograd)

Da bismo vam objasnili kako se pomoću termometra može izmeriti visina planine, moramo nešto da kažemo o ključanju tečnosti jer se eksperiment zasniva na merenju temperature ključanja vode.

1. Zašto različite tečnosti ključaju na različitim temperaturama?

Napravimo sledeći jednostavan eksperiment: u staklenu bocu sipajmo nekoliko kapi alkohola. Zapušimo bocu probušenim zapušačem i spojimo je preko gumenog creva sa U-cevi koja je do polovine napunjena nekom tečnošću, na pr. vodom (vidi sliku 1.) Primetićemo da će se nivo vode u kraku koji je spojen sa bocom spustiti, a u drugom podići. Šta je to što izaziva promenu nivoa vode u kracima U cevi?

Kapi alkohola u boci su potpuno isparile, pa je, tako, nastala alkoholna para. Molekuli pare alkohola se kreću velikim brzinama u svim pravcima (toplotno kretanje) i »pritiskaju« sva tela sa kojima se sudaraju. Oni udaraju i o površinu vode u levom kraku U cevi i vrše pritisak na nju. Ovaj pritisak jednak je razlici nivoa tečnosti. Što je razlika veća, to je veći i pritisak.

Ako se u bocu sipa veća količina alkohola, ona neće moći sva da ispari Iznad tečnog alkohola stvara se tzv. *zasićena para*. Šta je i kako nastaje zasićena para? Molekuli tečnog alkohola se nalaze u stalnom toplotnom kretanju. Neki molekuli imaju tako veliku brzinu da mogu izaći iz tečnosti. Ovaj proces napuštanja tečnosti od strane pojedinih molekula nazivamo *isparavanjem*. Sa vremenom broj takvih molekula postaje sve veći. Sudari molekula pare sa zidovima suda tako postaju sve češći, tj. povećava se pritisak pare (neki ga nazivaju i naponom pare). Ako molekul pare ima brzinu usmerenu prema tečnosti on ulazi u nju gde biva zarobljen i ponovo postaje molekul tečnosti. Proces prelaženja molekula pare u tečnost nazivamo *kondenzacijom*. U prirodi se istovremeno odigravaju oba procesa. Dok se u gornjem delu suda nalazi mali broj molekula pare, isparavanje je »jače» od kondenzacije. Kako vreme prolazi, u boci će biti sve veći broj molekula pare.

Jednog trenutka će broj molekula koji u jednoj sekundi napušta tečnost biti jednak broju molekula koji se vraća u tečnost, ili, kako to fizičari kažu, uspostavlja se *dinamička ravnoteža* (reč dinamička se upotrebljava da bi se naglasilo da kretanje molekula ne prestaje) Para koja se nalazi u dinamičkoj ravnoteži sa tečnošću naziva se *zasićenom*. Pritisak koji čitamo na U-cevi predstavlja napon zasićene pare.

Ako zagrejemo alkohol, videćemo da će se pritisak zasićene pare povećati. To je razumljivo, pošto sa povećanjem temperature toplotno kretanje postaje živahnije, pa će veći broj molekula izaći iz tečnosti. Molekuli pare sve češće i »žešće« udaraju o površinu vode u U-cevi. Pritisci zasićenih para nekih tečnosti na različitim temperaturama dati su u tabeli 1.

TABELA 1: Pritisak zasićenih para nekih tečnosti na različitim temperaturama

Temperatura	voda	alkohol	etar
40 °C	55,3 mmHg	134 mmHg	920 mmHg
60	150	351	1740
80	355	812	3000
100	760	1690	4900

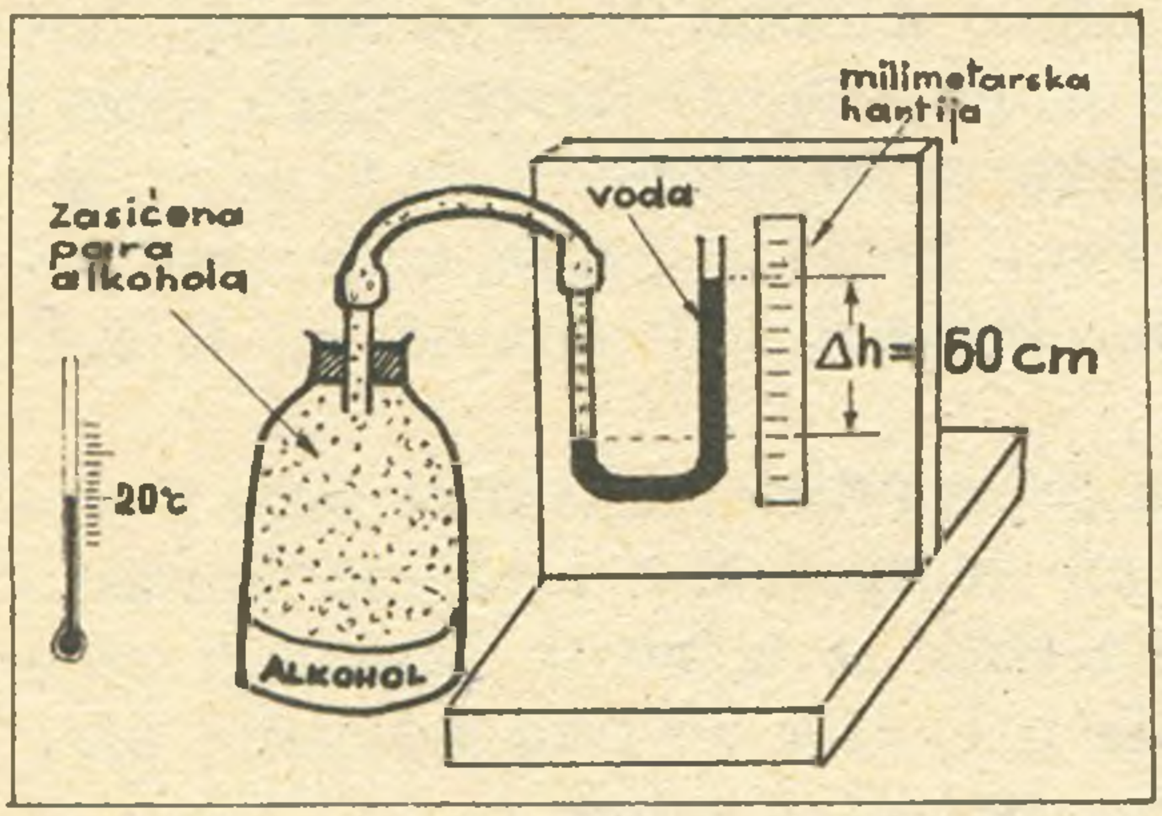
Vidimo da pritisak zasićene vodene pare na 100°C iznosi 760 mmHg, dakle jednak je normalnom atmosferskom pritisku. Napon pare alkohola dostiže normalni atmosferski pritisak na temperaturi između 60 i 80 °C, odnosno na 78,3 °C što je tačka ključanja alkohola. Tako je i kod svih ostalih tečnosti: svaka *ključa na temperaturi na kojoj pritisak njene zasićene pare dostigne atmosferski pritisak.*

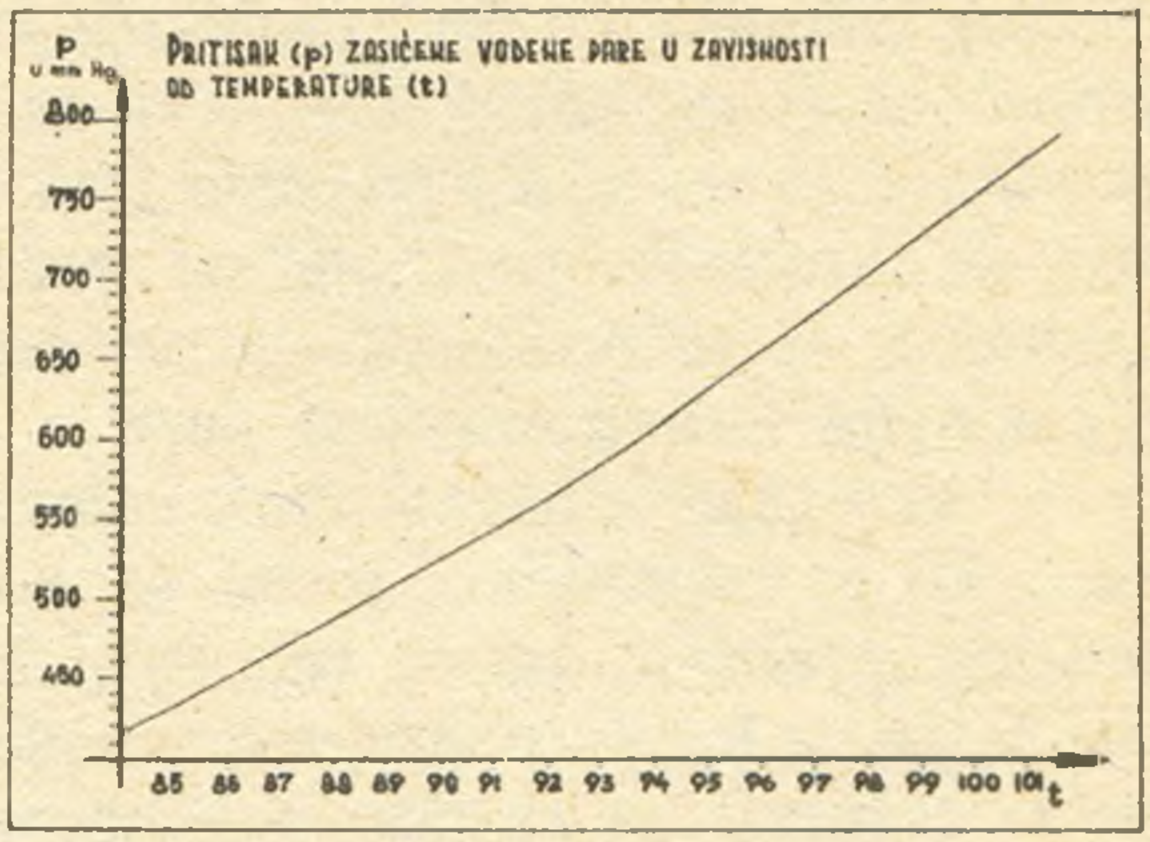
2. Zašto tečnost ne ključa na nižoj temperaturi?

Tečnost počinje da ključa onog trenutka kada i u njenoj unutrašnjosti počinje da nastaje para. Mnogo puta smo videli da se u vodi koja ključa sa dna suda dižu mehuri. To su mehuri vodene pare. Krećući se ka površini tečnosti mehuri mora da istiskuje tečnost. Na mehur, osim težine stuba tečnosti koji je iznad njega, deluje i atmosferski pritisak, pa zato, da bi isplivao na površinu tečnosti, pritisak pare u njemu mora biti veći od zbira pritiska stuba tečnosti i atmosferskog pritiska. Pritisak stuba tečnosti je zanemarljiv u odnosu na atmosferski pritisak (stub vode visine 10,5 m ima pritisak 760 mmHg). Ako bi se na pr. na 60 °C kojim slučajem nalazio mehur pare negde u vodi, pritisak pare u njemu bi iznosio 150 mmHg (kao što se vidi iz tabele 2.). Spoljašnji atmosferski pritisak od 760 mmHg bi trenutno sabio mehur kondenzujući ga. Zbog toga i ne mogu nastajati mehuri ako je spoljašnji pritisak veći od pritiska zasićene pare, te ne može doći ni do ključanja.

A sada da izmerimo visinu planine!

Za merenje ćemo da iskoristimo grafik koji daje zavisnost pritiska zasićene vodene pare od temperature. Ovaj grafik su fizičari još u prošlom veku nacrtali, naravno posle vrlo dugotrajnih merenja. Mi i nismo nacrtali ceo grafik, već samo jedan njegov deo koji je za nas interesantan.

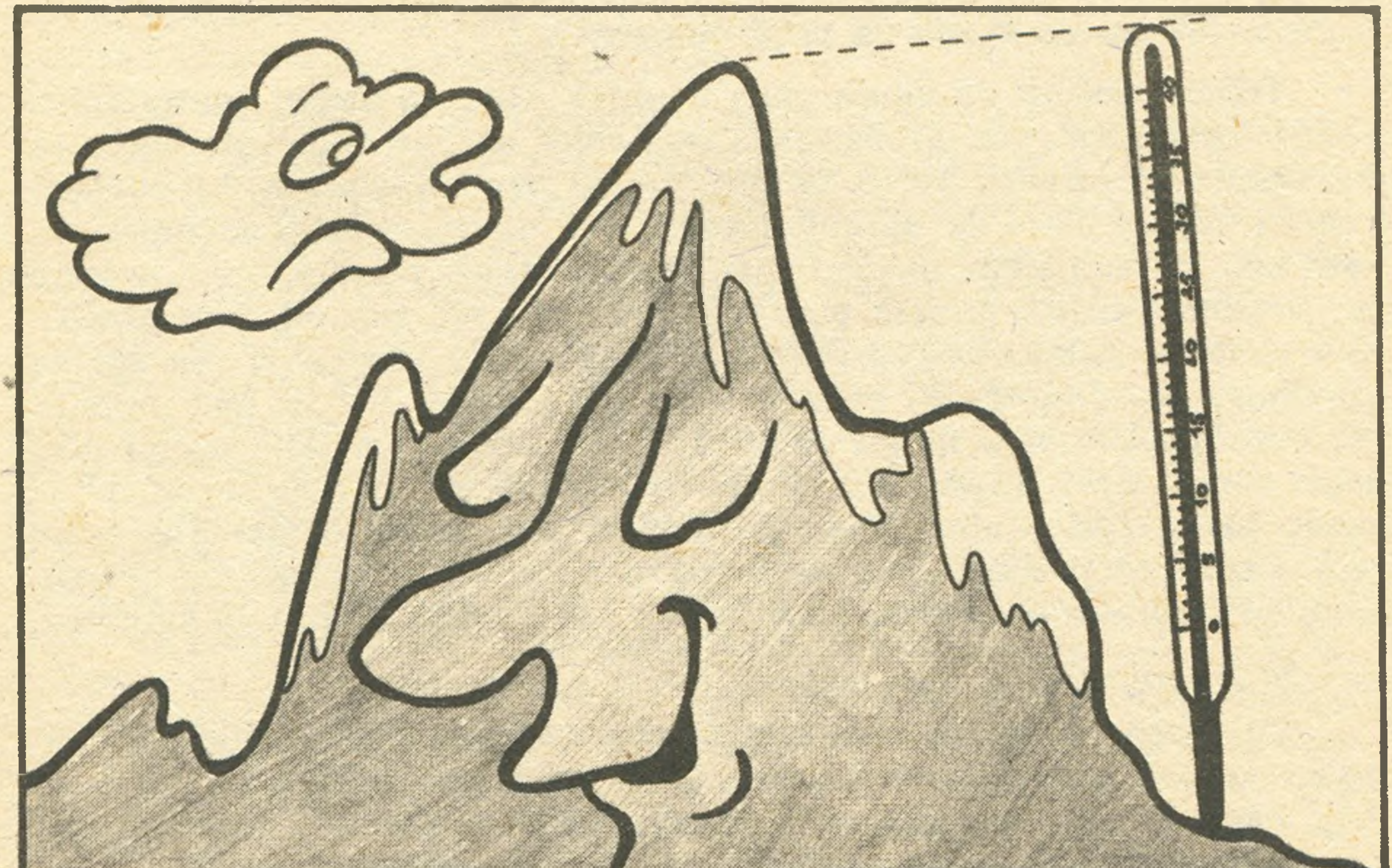




Pošto se rezultati grafika odnose na destilovanu vodu, uzećemo destilovanu vodu i zagrejati do ključanja, na podnožju planine. Voda, kao i ostale tečnosti, od trenutka kada proključa ne menja svoju temperaturu sve dok potpuno ne ispari. Zato temperaturu ključale vode možemo izmeriti termometrom kojim se mogu meriti temperature do 105 °C. Naravno treba paziti da termometar ne dodiruje zidove suda koji mogu biti znatno topliji od vode Na temperaturnoj osi grafika treba potražiti izmerenu vrednost temperature i na drugoj osi pročitati pritisak zasićene pare.

Isti postupak treba ponoviti i na vrhu planine.

Iz merenja na podnožju i vrhu planine se nalazi razlika atmosferskih pritisaka. Kada tu razliku pomnožimo sa 10 dobijamo visinu planine, jer pri povećanju visine za 10 m atmosferski pritisak opadne za 1 mmHg.



Ako nemate grafik pri ruci, visinu možete odrediti iz činjenice da temperatura ključanja opadne za 1 °C pri povećanju visine za oko 280 m.

Ilustrujmo sve što smo rekli jednim brojnim primerom. Na podnožju planine voda je proključala na 99,5 °C. Sa grafika vidimo da je atmosferski pritisak iznosio 740 mmHg. Na vrhu temperatura ključanja je bila 98 °C, što odgovara spoljašnjem pritisku 705 mmHg. Razlika je 740—705=35 mmHg. Množeći tu razliku sa 10 dobijamo da je visina planine 350 m.

Predlažemo vam da razmislite: da li bi bilo moguće tvrdo skuvati jaje na Mont Everestu-Čomolungmi (oko 8600 m)?

Gradeći helijumovo jezgro, protoni i neutroni izgube približno 1% njihove mase. Iz Ajnštajnovog *zakona proporcionalnosti mase i energije* ($E=mc^2$) može se izračunati koliko energije odgovara tom gubitku mase: stvaranje 1 g helijuma prati oslobađanje energije u iznosu od 150 miliona kalorija, što odgovara energiji oslobođenoj pri sagorevanju 30 tona uglja!

D. K.

Dragi čitaoci

Pozivamo vas da nam uputite pitanja iz fizike o stvarima koje vas interesuju. Od sledećeg broja objavljivaćemo vaša pitanja i naše odgovore u novoj rubrici.

Redakcija

Profesionalno se opredeljujući između muzike i fizike, *Maks Plank*, još sasvim mlad, saopštio je *Filipu Žoliju*, profesoru Minhenskog univerziteta, da namerava da se posveti teorijskoj fizici. Stari profesor je, opominjući mladića, rekao: »Zašto biste upropastili svoj život? Ta teorijska fizika je već u osnovi završena . . . Ima li smisla latiti se tako besperspektivnog posla!« Filip Žoli je umro 1884. godine.

D. K.

ZADACI

ODABRANI ZADACI

1) Za učenike VI razreda

47. *Staklena epruveta potopljena je u sud sa živom tako da su nivoi žive u epruveti i sudu jednaki. Pri tome je gornji kraj epruvete na visini $h_1 = 1{,}52\ m$ od nivoa žive u sudu (slika I). Odrediti pri kojoj visini h_2 vrha epruvete u odnosu na nivo žive u sudu će pritisak zaostalog gasa u epruveti biti dva puta veći od atmosferskog. Smatrati da se pri promeni zapremine, temperatura gasa ne menja. Pri računanju uzeti da je atmosferski pritisak jednak hidrostatičkom pritisku stuba žive visine 0,76 m.*

48. *Teg mase 10 g okači se o elastičnu oprugu. Opruga se pri tome izduži za 10 cm. Kada se teg potopi u vodu izduženje opruge, u odnosu na slučaj kada nije bila opterećena, iznosi 8,8 cm. Od kog mate rijala je napravljen teg. Zna se da je gustina gvožđa 7800 kg/m^3 a mesinga 8300 kg/m^3.*

B) Za učenike VII razreda

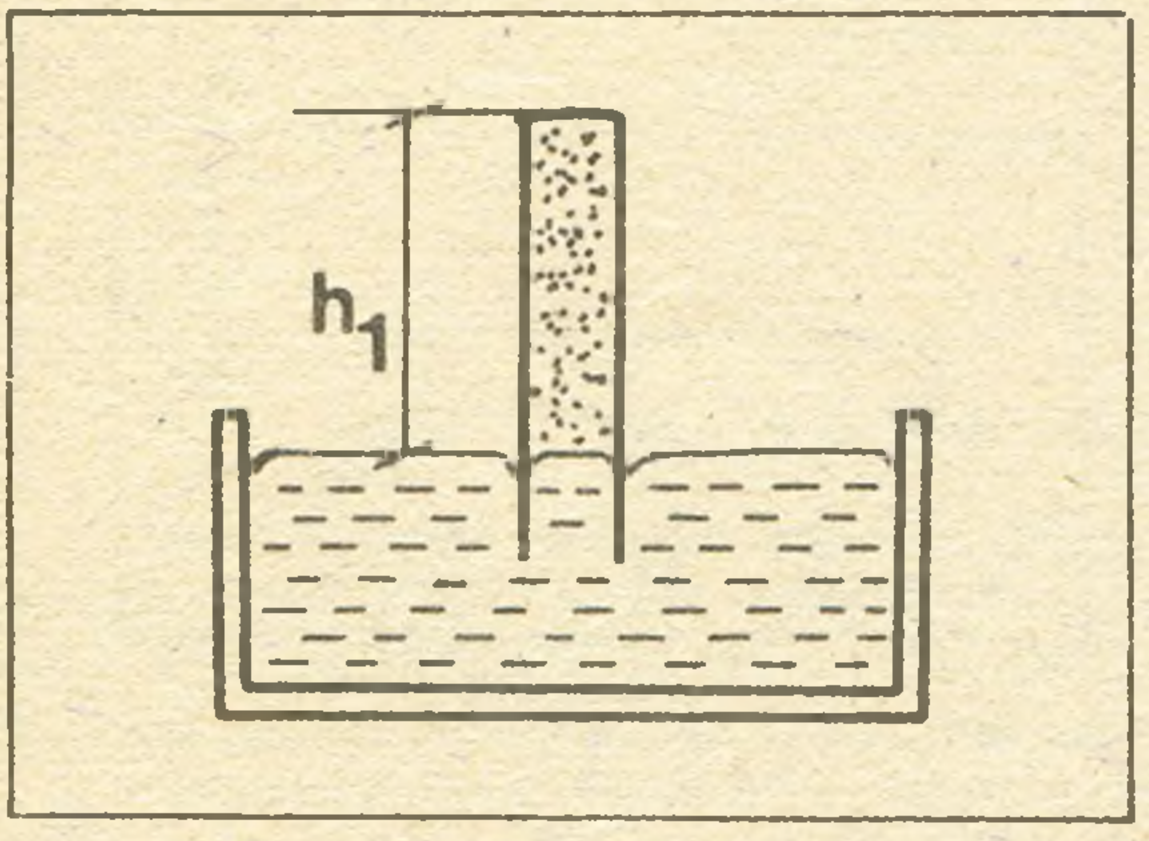
49. *Automobil razvija korisnu snagu od 55 kW, krećući se po horizontalnom putu stalnom brzinom od 72 km/h. Kolika je sila otpora kretanju automobila?*

50. *Odrediti brzinu prostiranja zvuka u vazduhu, ako je rastojanje između najbližih mesta u kojima su povećanja (ili smanjenja) gustine vazduha u istom trenutku najveća. Frekvenca zvučnog izvora iznosi 343 Hz.*

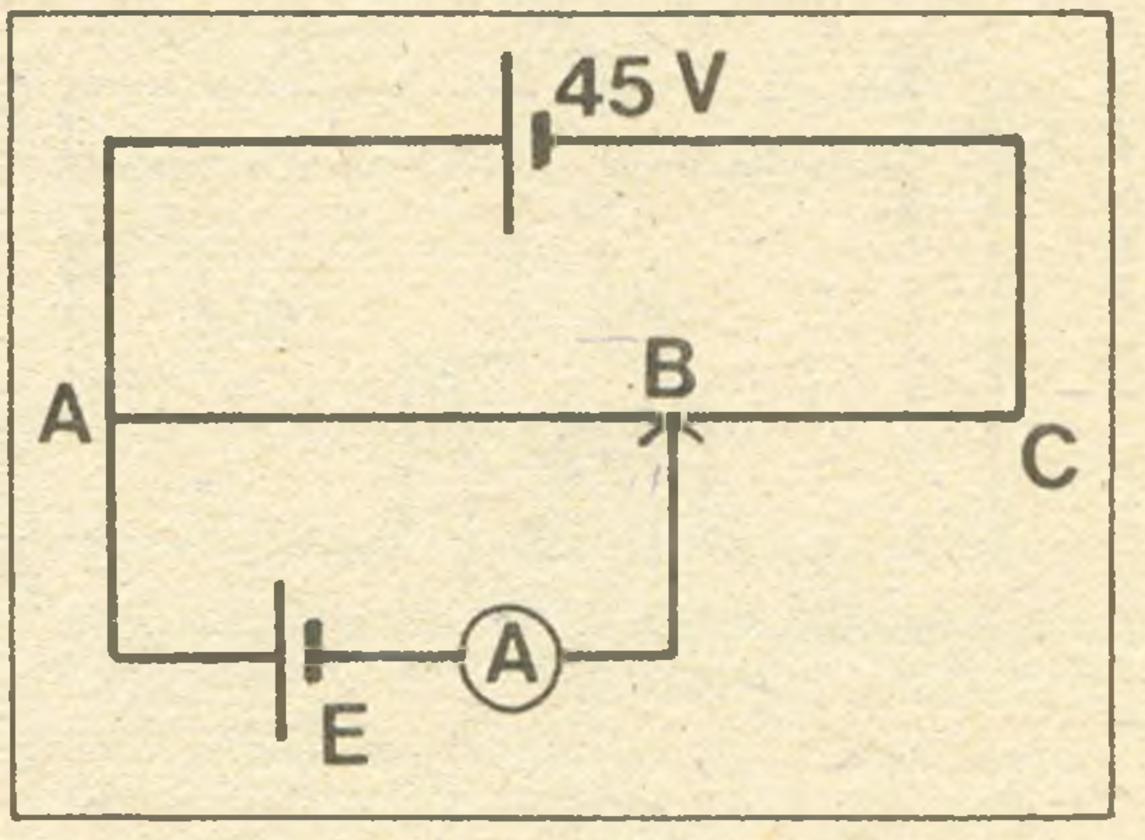
C) Za učenike VIII razreda

51. *Pri neposrednom spoju (»kratak spoj«) polova izvora elektromotorne sile 12 V, kroz izvor teče električna struja jačine 40 A. Odrediti unutrašnji otpor izvora. Koliki dopunski otpor treba priključiti u spoljašnje kolo da bi sa istim izvorom u kolu tekla struja od 1 A?*

52. *Za kraj A žice, stalnog poprečnog preseka i specifičnog otpora, dužine 100 cm vezani su polovi istog znaka izvora elektromotornih sila. Elektromotorna sila jednog izvora iznosi 4,5 V dok je drugog nepoznata. Drugi* *pol izvora poznate elektromotorne sile vezan je neposredno za drugi kraj žice u tački C, a izvora nepoznate elektromotorne sile preko miliampermetra i klizećeg kontakta spojen je sa žicom u tački B. Pomeranjem klizećeg kontakta duž žice, ustanovljeno je da jedino kada je rastojanje $AB=30$ cm kroz miliampermetar ne protiče struja. Odrediti elektromotornu silu drugog izvora. Unutrašnji otopor izvora poznate elektromotorne sile, kao i otpori dovodnih žica mogu se zanemariti. (Pomoći se slikom II).*



slika I



slika II

KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

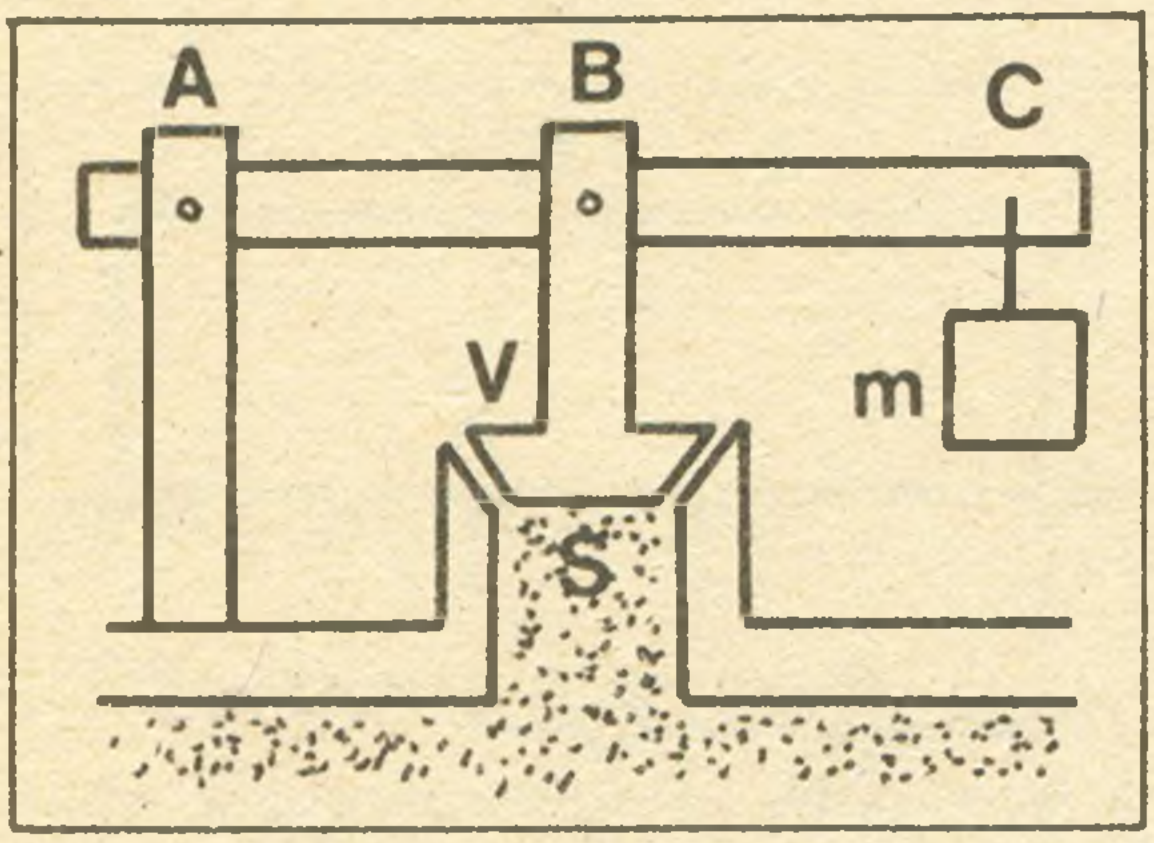
71. *Na slici III šematski je prikazan jedan od tipova sigurnosnih ventila kod parnih kotlova. Na jednakokraku polugu ABC, koja se može obrtati oko horizontalne ose A, pričvršćen je u tački B sigurnosni ventil V. Površina donje osnovice ventila iznosi* 2,18 *cm*^{2}. *Rastojanje od tačke A od B iznosi* 0,20 *m. U tački C okačen je teg mase* 4 *kg. Znajući da je rastojanje među tačkama B i C* 0,80 *m odrediti maksimalno moguć pritisak pare u kotlu. Masa poluge i ventila može se zanemariti.*

72. *Na slici IV prikazan je zatvoren sud na koji je priključena otvorena manometarska cev. Kroz otovr manometarske cevi pažljivo se sipa živa, tako da nivo žive u zatvorenom sudu bude paralelan s dnom suda. Pri kojoj visini h žive u manometarskoj cevi u odnosu na dno suda će nivo žive u zatvorenom sudu biti na visini* $H_2=6$ *cm? Visina* H_0 *zatvorenog suda iznosi* 11 *cm. Prečnik kružnog otvora* H_1 *na bočnoj strani zatvorenog suda iznosi* 1 *cm. Smatrati da je površina poprečnog preseka zatvorenog suda, kao i temperatura vazduha u njemu, stalna. Uzeti da je atmosferski pritisak jedank hidrostatičkom pritisku stuba žive visine* 0,76 *m.*

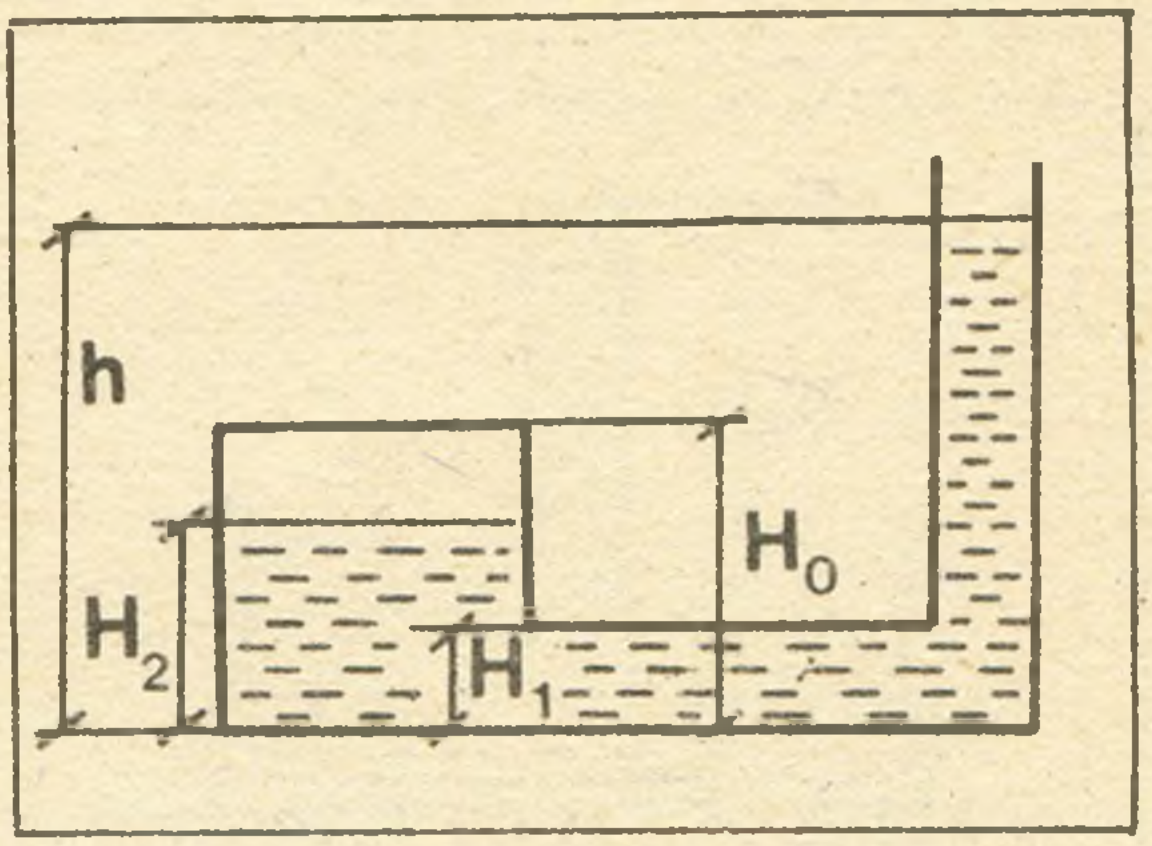
73. *Visina strme ravni deset puta je manja od njene dužine. Na strmu ravan je postavljen valjak mase* 100 *kg. Kolikom silom treba delovati na valjak, u pravcu koji je paralelan strmoj ravni, tako da bude u stanju mirovanja. Trenje valjka o podlogu zanemariti.*

B) Za učenike VII razreda

74. *Koliki put s će preći telo, koje se kretalo po horizontalnoj podlozi brzinom $v=20$ m/s, posle prestanka dejstva aktivne sile? Koeficijent trenja tela o podlogu iznosi $k=0{,}10$.*



slika III



slika IV

75. *Automobil mase 1000 kg kreće se niz brdo, pri isključenom motoru i bez upotrebe kočnica, brzinom 54 km/h. Koju snagu treba da razvije motor da bi se automobil kretao uz brdo istom brzinom (54 km/h)? Nagib brda iznosi 4 m na svakih 100 m puta.*

76. *Na vrhu ravni, u tački A (slika V) pričvršćen je jedan kraj kanapa. Kanap se proteže duž strme ravni, na dnu strme ravni obuhvata valjak a zatim se prebacuje preko kotura K iznad vrha strme ravni. Na drugi kraj kanapa obešen je teg mase m_2. Odrediti minimalnu masu m_2 tega da bi se valjak mase $m_1=100$ kg mogao kretati uz strmu ravan.*

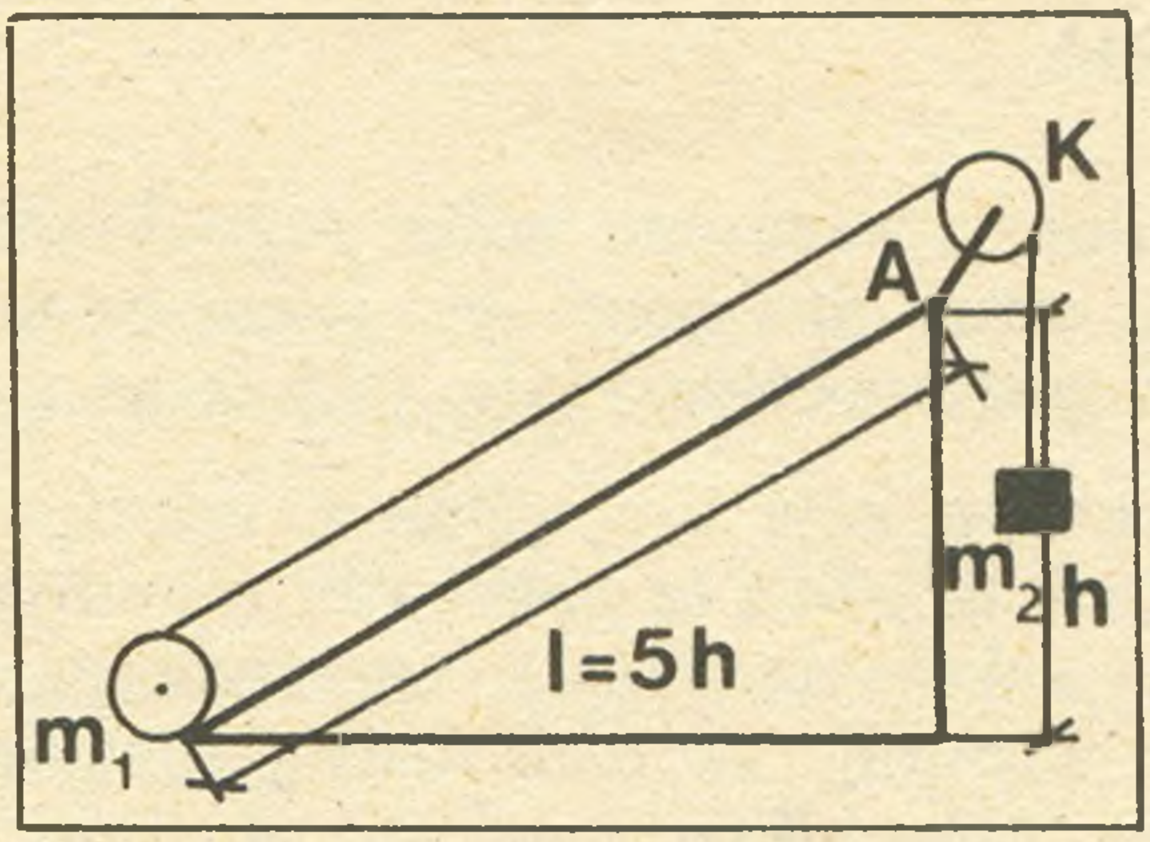
C) Za učenike VIII razreda

77. *Sijalica snage 100 W proračunata je za napon 110 V. Koliki dopunski otpor treba vezati na red sa sijalicom da bi svetlela istim sjajem i kada se priključi u kolo s naponom od 127 V?*

78. *U strujno kolo s naponom $E=100$ V na red su vezana dva otpornika, čiji su otpori $R_1=10\ \Omega$ i $R_2=90\ \Omega$. Paralelno s otporom R_2 vezan je kondenzator kapaciteta $C=500\ \mu F$. Odrediti količinu elektriciteta koja će se naći na oblogama kondenzatora.*

79. *Od izvora s naponom 100 000 V treba preneti snagu od 5 000 kW na rastojanje od 5 km. Dozvoljeni gubitak napona u provodnicima je 1% od napona izvora. Odrediti minimalni poprečni presek bakarnog provodnika, tako da bi bili ispunjeni predhodno postavljeni uslovi. Specifičan otpor bakra iznosi $0{,}017\ \Omega mm^2/m$.*

(Zadatke pripremio *Aleksandar Srećković*)



slika V

UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

Rešite konkursne zadatke iz ovog broja *Mladog fizičara* i rešenja pošaljite *Matematičkom listu*. Interesantna rešenja i imena svih učesnika koji su sve zadatke (ili neke od njih) tačno rešili objavićemo u sledećem broju *Mladog fizičara*. Najuspešnijim rešavačima za svaki razred dodelićemo prigodne nagrade 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 nastavnika 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 15. IV 1979. godine na sledeću adresu:

Matematički list
(Konkursni zadaci iz fizike)
p. p. 728
11001 Beograd

NAGRADNI ZADATAK BROJ 8

Strujno kolo se sastoji od dva jednaka redno vezana izvora elektromotorne sile i potrošača. Unutrašnji otpor izvora i otpor potrošača nisu poznati, ali je poznato da se na potrošaču izdvaja snaga od 80 *W, ne samo u ovom slučaju (redno vezani izvori), nego i u slučaju kada su izvori vezani paralelno. Kolika će se snaga izdvojiti na potrošaču kada je on priključen na samo jedan izvor elektromotorne sile?*

Zadatak je pripremio *Lj. Ristovski*

Napomena: Rešenje pošaljite na adresu Matematički list (nagradni zadatak iz fizike), p. p. 728, 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 15. IV 1979. godine Za tačno rešenje ovog zadatka biće nagrađeno 10 učenika. Po potrebi odlučiće žreb.

ZADACI — PITANJA

31. Kada se projektilom iz vazdušne puške pogodi tvrdo kuvano jaje načini se samo prolazni otvor, dok ostali deo jajeta ostane ceo. Međutim, ako takav projektil pogodi nekuvano jaje, razbija ga u paramparčad. Zašto?

32. Kada stanemo na vagu, koja meri težinu na principu istezanja ili sabijanja opruge, i mirujemo, kazaljka će pokazivati težinu našega tela. Ako zatim naglo podignemo ruke uvis, vaga u tom momentu pokaže veću težinu, a ako iz stanje mirovanja uz mali čučanj spustimo ruke naniže, vaga pokaže smanjenje težine. Kako možemo objasniti takvu pojavu?

33. Na poluzi su uravnotežena dva tela, načinjena od istog materijala, s tim što je jedno telo dva puta veće težine nego drugo. Da li će se promeniti ravnoteža kada se tela potope u vodu ili neku drugu tečnost?

34. Koji vetar, zimski ili letnji, ima pri istoj brzini veću snagu?

35. Kada dodirnemo komad drveta, imamo osećaj da je drvo toplo. Dodirnemo li neki metalni predmet, imamo osećaj da je hladan. Da li zaista između temperature drveta i temperature, na primer, komada gvožđa, postoji tako velika razlika? Postoji li neka dnevna temperatura, kada čovek ima osećaj da su drvo i metal podjednako zagrejani?

36. Zašto frižider (hladnjak) s vremena na vreme treba isključiti i »razmrznuti ga«, tj. otopiti led u njemu.?

(Zadatke-pitanja pripremio *T. Petrović*)

Napomena: Iz tehničkih razloga u broju 9 Mladog fizičara nisu štampani ZADACI--PITANJA, a u broju 10, gde smo ih dali, nismo vas obavestili da kao i ranije možete da se takmičite u njihovom rešavanju i da ćemo imena onih učenika koji su ih uspešno rešavali objavljivati u ovom našem i vašem časopisu.

Za one učenike koji od ranije nisu znali, napominjemo da se pri rešavanju ovakvih zadataka ne koriste formule niti vrše bilo kakva izračunavanja, ali je zato neophodno da se dobro razmisli pre nego što se rečima iskaže odgovor na postavljeno pitanje. Svako rešenje-odgovor na zadatak-pitanje mora biti i dovoljno obrazloženo.

Od rešavanja zadataka-pitanja imaćete velike koristi pri savlađivanju gradiva iz fizike, jer ne samo što ćete tako proveravati svoje znanje i utvrditi ono što ste već naučili, nego ćete se osposobiti da dublje razmišljate, pravilno rasuđujete i izvodite tačne zaključke. Zbog toga se danas smatra da rešavanje zadataka-pitanja ili *kvalitativnih zadataka*, (kako se takođe nazivaju), predstavlja svojevrsnu školu mišljenja.

Razmišljajte, pišite svoje odgovore i šaljite nam ih. Nemojte se ustručavati! Čak i ako su ti vaši odgovori pogrešni, videćete da ste mnogo naučili, poredeći ih sa tačnim koje ćemo uvek u narednom broju štampati.

Svoje odgovore šaljite na adresu: Matematički list (Zadaci-pitanja), p. p. 728, 11001 Beograd. Na papiru pored odgovora napišite i: ime i prezime, ime predmetnog nastavnika, naziv škole i mesto.

TEST

A) Za učenike VI razreda

1. Ako na prvo telo mase $m_1 = 1$ kg deluje sila F, kao i na drugo telo mase $m_2 = 3$ kg, promena brzine drugog tela je u odnosu na promenu brzine prvog tela

a) 3 puta manja. b) ista. c) 3 puta veća.

2. Sila kojom čovek stojeći na tlu privlači Zemlju je u odnosu na silu kojom Zemlja privlači čoveka

a) veća. b) ista. c) manja.

3. Jedinica za silu u Međunarodnom sistemu (SI) je *njutn* i izražava se preko osnovnih jedinica tog sistema na sledeći način:

a) $\frac{kgm}{s^2}$. b) $\frac{kgm^2}{s}$. c) $\frac{kg^2 m}{s}$. d) $\frac{ms^2}{kg}$. e) $\frac{kgs^2}{m}$.

4. Rezultanta sila koje deluju na telo u stanju mirovanja je u odnosu na rezultantu sila koje deluju na telo koje se kreće ravnomerno pravolinijski

a) veća. b) ista. c) manja.

5. Vektorski karakter sile određen je vektorskim karakterom

a) mase. b) promene brzine. c) mase i promene brzine.

6. Sa porastom ugla od 90° do 180° između sila koje napadaju istu tačku, njihova rezultanta

a) raste. b) se ne menja. c) opada.

7. Princip poluge nije iskorišćen pri realizaciji

a) terazija. b) dinamometra. c) klešta. d) pisaće mašine.

8. Jedinica za pritisak u Međunarodnom sistemu (SI) je *paskal* i izražava se preko osnovnih jedinica tog sistema na sledeći način:

a) $\frac{kgs^2}{m}$. b) $\frac{kgm}{s^2}$. c) $\frac{ms^2}{kg}$. d) $\frac{kg}{s^2 m}$. e) $\frac{s^2}{kgm}$. f) $\frac{m}{kgs^2}$.

9. Trenje u praksi ima

a) isključivo negativan efekat. b) isključivo pozitivan efekat.
c) nekad pozitivan, nekad negativan efekat.

10. Sila trenja klizanja ne zavisi od

a) molekulske strukture tela koja se dodiruju.
b) veličine površine tela koje klizi.
c) težine tela koje klizi.

B) Za učenike VII razreda

1. Energija ima iste dimenzije kao

a) snaga. b) moment sile. c) sila.

2. Kada telo obiđe pun krug poluprečnika $r=2$ m, centrifugalna sila $F=4$ N izvrši rad jednak

a) 0. b) 8 J. c) 50,27 J.

3. Jedinica za snagu u Međunarodnom sistemu (SI) je *vat* i izražava se preko osnovnih jedinica tog sistema na sledeći način:

a) $\frac{kgm^2}{s^3}$. b) $\frac{kg^2 m}{s^3}$. c) $\frac{kgm^3}{s^2}$. d) $\frac{kg^3 m}{s^2}$.

4. Telo mase m koje slobodno pada sa visine h, neposredno pre udara o tlo imaće kinetičku energiju brojno jednaku

a) 0. b) $\frac{1}{2}mh^2$. c) mgh.

5. Potencijalna energija nekog tela se

a) definiše nezavisno od drugih tela.
b) uvek definiše u odnosu na neko drugo telo.

6. Proizvod pritiska i zapremine, pV, ima dimenzije

a) rada. b) količine kretanja. c) sile.

7. Poluga se efikasno koristi ako je odnos kraka tereta i kraka sile

a) veći od 1. b) jednak 1. c) manji od 1.

8. Uspon druma se izražava u procentima. Prešavši put dužine 50 m na usponu od 3%, automobil se popne na visinu

a) 6 m. b) 3 m. c) 1,5 m.

9. Stepen korisnog dejstva proste mašine je

a) uvek veći od 1. b) jednak 1. c) uvek manji od 1.
d) veći ili manji od 1, zavisno od njenih konstrukcionih svojstava.

10. Pretvaranje kinetičke energije u električnu izvodi se pomoću

a) generatora. b) transformatora. c) turbine.

C) Za učenike VIII razreda

1. Nezadovoljavajući rezultati merenja brzine svetlosti na način kojim se uspešno meri brzina zvuka dobijaju se pre svega zbog ograničene tačnosti pri merenju

a) puta. b) vremena.

2. Da je pri odbijanju svetlosti upadni ugao jednak odbojnom može se zaključiti na osnovu toga što

a) upadni zrak, normala i odbijeni zrak leže u istoj ravni.
b) se svetlost prostire najkraćim mogućim putem.
c) se svetlost prostire pravolinijski.

3. Totalna refleksija se može ostvariti pri prelasku svetlosti iz

a) optički gušće u optički ređu sredinu.
b) optički ređe u optički gušću sredinu.

4. Ako je optička moć sočiva 2 dioptrije, njegova žižna daljina je
a) 200 cm. b) 0,5 cm. c) 50 cm. d) 2 cm.

5. Na fotografskoj ploči trag ne ostavlja
a) bela svetlost. b) infracrvena svetlost.
c) ultraljubičasta svetlost.

6. Lupa formira lik koji je
a) uvećan, izvrnut i imaginaran (uobražen).
b) uvećan, uspravan i imaginaran (uobražen).
c) uvećan, izvrnut i realan (stvaran).
d) uvećan, uspravan i realan (stvaran).

7. Kratkovidost se popravlja
a) rasipnim sočivom.
b) rasipnim ilisa birnim sočivom, zavisno od stepena kratkovidnosti.
c) sabirnim sočivom.

8. Mikroskop formira lik koji je
a) uvećan, izvrnut i imaginaran (uobražen).
b) uvećan, uspravan i imaginaran (uobražen).
c) uvećan, izvrnut i realan (stvaran).
d) uvećan, uspravan i realan (stvaran).

9. Tehnička realizacija elektronskog mikroskopa zasnovana je na
a) termoelektronskoj emisiji.
b) pojavi skretanja elektrona u električnom i magnetnom polju.
c) fotoelektričnom efektu.

10. Dati izvor svetlosti može emitovati N fotona, pri čemu je N
a) realan broj. b) ceo broj. c) prirodan broj.
d) racionalan broj.

(Testove u ovom broju pripremio *Dušan Koledin*)

REŠENJA

63. Nezavisno od toga, da li čovek diže kamen ili ga samo drži, sila kojom čovek deluje na podlogu jednaka je zbiru težine čoveka i težine kamena tj.: $F = F_{čoveka} + F_{kamena} = 700\ N + 400\ N = 1100\ N$. Međutim, ako bi čovek dizao kamen ne konstantnom brzinom nego ubrzano, onda bi sila kojom čovek deluje na podlogu bila veća. Nećemo vam reći zašto, jer bismo time dali odgovor na zadatak pitanje broj 32 iz ovog broja. Odgovor ćete dobiti u sledećem broju.

64. Rad, koji je opruga pištolja izvršila, je jednak kinetičkoj energiji kuglice. Pošto su masa kuglice i njena brzina poznate dobija se da je

$$A = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2}\ 10\, g \cdot \left(2 \frac{m}{s}\right)^2 =$$

$$= 20 \cdot \frac{gm}{s} = 0{,}02\, J$$

65. Traženi rad, u skladu sa zakonom održanja energije, jednak je promeni kinetičke energije puščanog metka

$$A = \frac{1}{2} mv^2{}_1 - \frac{1}{2} mv^2{}_2 = \frac{1}{2} m (v^2{}_1 - v^2{}_2) =$$

$$= \frac{1}{2}\, 5\, g\, (300^2 - 100^2)\, \frac{m^2}{s^2} = 200\, J$$

U tekstu je greškom izostavljeno, da treba odrediti i silu kojom je metak delovao na drvo dok je bio u njemu. Ta sila se može odrediti iz jednačine $A = Fd$ gde je d debljina drveta. Da se ne traži i ova sila, u formulaciji zadatka bi bilo suvišno dati debljinu drveta, što ste verovatno i sami uočili. Sila F jednaka je

$$F = \frac{A}{d} = \frac{200\, J}{0{,}1\, \text{m}} = 2\,000\, N$$

66. Na telo koje se kreće po krugu poluprečnika R deluje centrifugalna sila

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

Da bismo rešili zadatak, treba da odredimo brzinu tela, odnosno predmeta, dok ćemo R zameniti rastojanjem predmeta od ose obrtanja $d = 0{,}3$ m. Pošto telo u jednoj sekundi napravi 140 obrta, a u jednom obrtu pređe put koji je jednak obimu kruga po kome se kreće, to će za 140 obrta preći put s koji je jednak

$$S = 140 \,.\, 2\pi d =$$

Brzinu dobijamo ako put podelimo sa vremenom u kome je pređen, a to vreme je jednako 1s. Prema tome brzina je jednaka

$$v = \frac{S}{t} = \frac{263{,}76\, \text{m}}{1\, s} = 263{,}76\, \frac{m}{s}$$

a centrifugalna sila

$$F = \frac{mv^2}{d} = \frac{1\, \text{kg} \cdot 69\,569{,}34\, \frac{m^2}{s^2}}{0{,}3\, \text{m}} =$$

$$= 231\,897{,}79\, N$$

67. Automobil ne deluje na most nikakvom silom, jer će se usled dejstva centrifugalne sile odvojiti od podloge. Naime, na automobil deluju dve sile: sila zemljine teže (težina automobila) $F_1 = = mg = 2\,900\ \text{kg} \cdot 9{,}81\, \frac{\text{m}}{\text{s}} = 28449$ N i centrifugalna sila F_2, jer se automobil kreće po kružnoj putanji čiji je poluprečnik jednak poluprečniku kružnog luka mosta. Ta sila jednaka je

$$F_2 = \frac{mv^2}{R} = \frac{2\,900\, \text{kg} \left(\frac{m}{s}\right)^2}{40\, \text{m}} = 29\,000\, N$$

Ukupna sila koja deluje na automobil jednaka je

$$F = F_2 - F_1 = 29\,000\ \text{N} - 28\,449\ \text{n} =$$
$$= 551\ \text{N}$$

To znači da će centrifugalna sila, pošto je veća od sile zemljine teže, odvojiti automobil od podloge. Da se nebi odvojio od podloge, automobil ne sme da se kreće brzinom većom od 14 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, a to je brzina koja se određuje iz uslova da je centrifugalna sila jednaka sili zemljine teže. Kada se automobil kreće brzinom 14 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sila kojom on deluje na podlogu, odnosno na most, jednaka je nuli.

68. Ako se sa voltmetrom redno veže otpornik otpora R, onda iz Omovog zakona sledi da je

$$U_o = U_v + U_R$$

gde je $U_o = 900$ V napon izvora koji treba meriti, $U_v = 150$ V je maksimalni napon koji može se meriti voltmetrom, a $U_R = RI$ je napon na priključenom otporu. Da bismo odredili R treba prethodno da odredimo struju I koju daje izvor. Pošto znamo unutrašnji otpor voltmetra $R_v = 500\ \Omega$ i napon $U_v = 150\ \text{V} = R_v I$, to se dobija da je

$$I = \frac{U_V}{R_V}$$

Zamenom u prvu jednačinu dobijamo da je

$$U_0 = U_V + R \cdot \frac{U_V}{R_V}$$

odnosno

$$U_v R_v = U_v R_v + R U_v$$

$$R=\frac{(U_0-U_V)}{U_V}\cdot R_V=\frac{(900\,V-150\,V)}{150\,V}\cdot$$

$$\cdot 500\,\Omega=2500\,\Omega$$

Prema tome, da bi se sa voltmetrom merio napon od 900 V, treba vezati otpor koji je jednak, ili veći od 2500 Ω.

69. U sva tri slučaja energiju, tj. izdvojenu Džulovu toplotu, računamo prema formuli

$$A\cdot P\cdot t=U\cdot I\cdot t=\frac{U^2}{R_e}\cdot t$$

$$\text{jer je } I=\frac{U}{R_e}$$

gde je struja I koju daje izvor, R_e je ekvivalentni otpor odgovarajućeg kola, t je vreme koje je poznato, a U je napon izvora.

Slučaj a): Pošto su sve sijalice vezane redno, to je ekvivalentni otpor jednak zbiru otpora sijaličnih vlakana

$$R_{\cdot}=R+R+R+R=4R=4\cdot 120\,\Omega=$$
$$=480\,\Omega$$

Izdvojena energija u toku 8-časovnog rada jednaka je

$$A=\frac{U^2}{R_e}\cdot t=\frac{(220\,V)^2}{480\,\Omega}\cdot 8\,h=806{,}7\,W\cdot h=$$

$$=2{,}904\cdot 10^6\,J$$

Slučaj b): Ekvivalentni otpor u ovom slučaju jednak je

$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}=\frac{4R}{R^2}=\frac{4}{R};$$

$$R_e=\frac{1}{4}R=30\,\Omega$$

a izdvojena energija

$$A=\frac{U^2}{R_e}\cdot t=12\,906{,}7\,w\cdot h=4{,}65\cdot 10^7\,J$$

Slučaj c): Ekvivalentni otpor se računa kao i u rešenju zadatka 63 i jednak je

$$R_e=\frac{R}{2}=60\,\Omega$$

Izdvojena energija je jednaka

$$A=\frac{U^2}{R_e}t=6\,453{,}3\,w\cdot h=2{,}32\cdot 10^7\,J$$

70. Snaga je određena jednačinom

$$P=UI=I^2R$$

Pošto su obe sijalice priključene na isti napon $U=220$ V, i kroz njih protiče ista struja, to će veći otpor imati ono sijalično vlakno na kome se izdvaja veća snaga. Pokažimo to. Očigledno je

$$P_1=40\,W=I^2R_1$$

$$P_2=60\,W=I^2R_2$$

Ako iz prve jednačine izračunamo I^2

$$I^2=\frac{P_1}{R_2},$$

pa zamenimo u drugu jednačinu, dobićemo da je

$$P_2=\frac{P_1}{R_1}\cdot R_2;\quad \frac{R_2}{R_1}=\frac{P_2}{P_1}=\frac{3}{2}$$

$$R_2=\frac{3}{2}R_1;\quad R_2>R_1$$

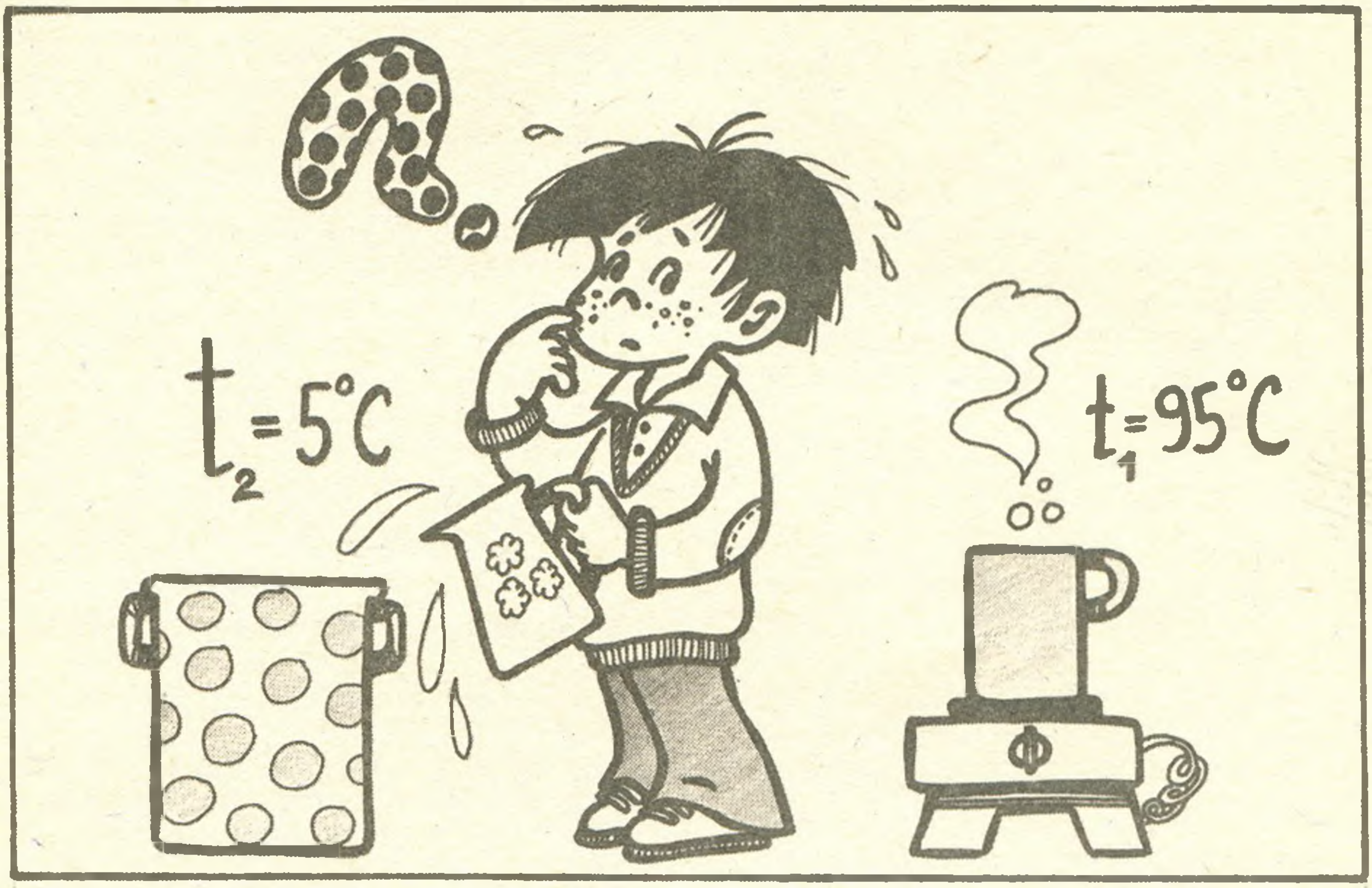
Otpor sijaličnog vlakna druge sijalice, na kome se izdvaja veća snaga, je veći.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 7

Moguće je, a postupak je sledeći:

Neka se u sudu A nalazi topla, a u sudu B hladna voda. Nalijemo u sud C deo vode iz suda B (hladna voda), a zatim sud C stavimo u sud A (topla voda), kao što je pokazano na slici. Nakon izvesnog vremena, temperatura hladne vode u sudu C izjednačiće se temperaturom tople vode u sudu A, pri čemu će se temperatura tople vode sniziti do vrednosti koju ćemo sada odrediti.

Stavljanjem suda C u sud A počinje izjednačavanje temperatura 1 litra vode temperature $t_1=95$ °C i pola litre hladne vode temperature $t_2=5$ °C. Temperaturu t_z do koje će se ohladiti topla voda, odnosno zagrejati hladna voda, određena je jednačinom



$$3\,t_z = 2\,t_1 + t_2 = (2 \cdot 95 + 5)°C$$

a jednaka je t_z=65 °C.

Pošto sipamo ovako zagrejanu hladnu vodu iz suda C u termos D, ponovimo ceo postupak i sa preostalom hladnom vodom iz suda B. Sipamo je u sud C, pa sud C stavimo u sud A u kome se sada nalazi 1 itar vode temperature t_z=65 °C. Opet će se voda u sudu A ohladiti, a voda u sudu C zagrejati do neke nove zajedničke temperature t'_z koja će biti jednaka

$$3\,t'_z = 2\,t_z + t_2 = (2 \cdot 65 + 5)°C; \quad t'_z = 45°C$$

Na kraju, vodu iz suda C, koja je zagrejana do temperature t'_z, sipamo u termos D u kome se nalazi ista tolika količina vode temperature t_z. Njihovim mešanjem u termosu se dobija voda temperature

$$t = \frac{1}{2}(t_z + t'_z) = \frac{1}{2}(65 + 45)\,°C = 55°C$$

Tako, hladna voda iz suda B, koja je sada u termosu, ima temperaturu t=55 °C, a topla voda u sudu A ohladila se do temperature t'_z=45 °C.)ud A u kome je bila toplija voda sada sadrži vodu koja je hladnija od vode u sudu B, u kome je bila hladna voda. Hladna voda je postala toplija od tople vode!

ZADACI, PITANJA — ODGOVORI

25. Učili ste da je supstancija zrnaste strukture — diskontinuirana, tj. između molekula, odnosno atoma, postoje međuprostori. Negde su ti međuprostori toliko veliki da molekuli jedne supstancije mogu da prodru u njih i da tamo ostanu. Takav slučaj nastaje kod smeše vode i alkohola i zato zapremina mešavine alkohola i vode nije jednaka zbiru posebnih zapremina, već je nešto umanjena.

Ovaj demonstracioni ogled, koji predstavlja jednu od potvrda da je supstancija zrnaste strukture, možete i sami, pomoću dve epruvete, izvesti u školi ili kod kuće.

26. Pre nalivanja vode sud je ispunjen vazduhom. Za vreme dok se kroz levak sipa voda, rastući nivo vode sabija vazduh, koji zbog priliva novih količina ne može da izlazi van. Pri dovoljnom pritisku gasa u sudu, sprečava se dalje punjenje. Levak se mora idići i omogućiti izlazak vazduhu, odnosno punjenje suda.

27. Možda vam je to čudno, ali je činjenica da jedno isto kretanje raznim posmatračima izgleda različito. Zbog toga se i kaže da karakter kretanja zavisi od toga u odnosu na koje telo (referentno telo) se posmatra.

Mada se i automobil i traktor stvarno kreću, s obzirom da jedno u odnosu na drugo ne menja rastojanje, za posmatrače u automobilu, odnosno na traktoru situacija je ista kao da oba vozila miruju. Prema tome, traktor u odnosu na automobil miruje, kao što se i automobil u odnosu na traktor nalazi u miru. Međutim, i traktor i automobil kreću se u odnosu na Zemlju.

Kada se za neko kretanje kaže da je pravolinijsko, krivolinijsko, ravnomerno, ubrzano, podrazumeva se da je to u odnosu na Zemlju koja je uzeta za referentno telo.

28. Da bi se orah razbio, potrebno je da na njegovu ljusku deluju dve sile, jednake po intenzitetu a suprotne po smeru. Jednu silu stvara telo kojim se udara u orah (čekić ili kamen). Druga sila suprotnog smera javlja se pri delovanju oraha na podlogu. Ako je podloga tvrda i nepokretna, ostvariće se uslovi potrebni za razbijanje ljuske oraha. Kada je podloga meka, rad sile udara na orah troši se na promenu brzine oraha, koju on u početku dobije, a zatim je gubi, prodirući u podlogu. Tada ljuska oraha ne menja svoj oblik i nemože se razbiti.

29. Lakše se ribari ukrcavaju ako je u čamcu više ljudi ili kakav teret. Ako je masa čamca, zajedno s ljudima i ostalim teretom u njemu, dosta velika u odnosu na masu ribara, onda će u odnosu na brzinu sa kojom ribar ulazi u čamac, brzina čamca biti veoma mala u tom momentu u odnosu na tu brzinu, tj. čamac će biti dovoljno stabilan i lako se u njega ulazi. Ova naša tvrdnja sledi iz fizičkog zakona o održanju impulsa tela, odnosno zakona o održanju količine kretanja, koji se matematički izražava u obliku: $m_1V_1=m_2V_2$ (m_1 — masa ribara, V_1 — brzina kojom ribar ulazi u čamac, m_2 — masa čamca zajedno s teretom, ljudima i ribarom, V_2 — brzina pomeranja čamca).

30. Kada sekira sečivom udari u nepokretan komad drveta, postiže se manji efekat u cepanju drva, nego kada taj komad drveta pada zajedno sa izokrenutom sekirom. (Oni koji u tu svrhu upotrebljavaju sekiru, koriste se ovim davnašnjim čovekovim iskustvom, ali ne znaju zašto je tako lakše rascepiti panj). U prvom slučaju, sekira po inerciji prodire u neporetan komad drveta, a u drugom, pokretan komad drveta po *inerciji* »udara« u klin — sečivo naglo zaustavljene sekire i cepa se.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BR. 9 DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Sava Kovačević, Beograd: Petrović Vladimir, 57, 58, 59, 60, 61, 62; Živojinović Nikola, 57, 59, 60, 61, 62; Stanojević Mladen, 58, 58, 59; Stanković Ivana, 60,61, 62; Savić Miodrag, 60, 61, 62; Pavlović Zoran, 60, 61, 62; Seničić Đorđe, 60, 61, 62; Mitrovski Svetlana, 61, 62; Pavlović Nataša, 61, 62; Leličanin Nenad, 61, 62; Rosić Zoran, 57, 59; Trifunović Vladan, 57, 59; Rašković Dejan, 57, 59; Prešić Milan, 59; Prešić Uroš, 59; Stanković Ivana, 59.
2. OŠ »Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci: Spasić Stanica, 60, 61, 62; Marković Dragan, 60, 61, 62; Ristović Gordana, 60, 61, 62; Radmilac Slavica, 60, 61, 62; Savić Dušica, 60, 61, 62; Stojković Slobodan, 60, 61, 62; Majstorović Marina, 60, 61, 62; Vidojević Zoran, 61, 62; Spasojević Momir, 60, 62; Glišić Nada, 61, 62; Mijatović Milica, 61, 62; Nedović Ljiljana, 61, 62; Vučićević Krsta, 57, 59; Jakovljević Ljiljana, 57, 59; Petrović Dragana, 57, 59; Jakovljević Verica, 57, 59; Milivojević Snežana, 57.
3. OŠ »Gavrilo Princip«, Zemun: Matić Tatjana, 60, 61, 62; Živanović Olivera, 60, 61, 62; Đurić Biljana, 60, 61, 62; Kablar Miloš, 60, 61, 62; Radivojević Milica, 60, 61, 62; Trifunović Petar, 60, 61, 62; Jovanović Sonja, 60, 61, 62; Grbić Zdravko, 60, 61, 62; Dubroja Nena, 60, 61, 62; Bakun Snežana, 60, 61, 62; Mikić Goran, 60, 61, 62; Milenković Predrag, 61, 62; Pavlović Vladimir, 61, 62.
4. OŠ »Karađorđe«, Topola: Đorđević Goran, 57, 58, 59, 60, 61, 62; Jevđić Nataša, 57, 58, 59; Mihailović Tatjana, 57, 58, 59; Urošević Radisav, 60, 61, 62; Blagojević Gordana, 60, 61, 62; Manojlović Dragan, 60, 61, 62; Tanasković Aleksandar, 57, 58, 59; Milojević Radmila, 57, 58, 59; Reljić Mara, 61, 62; Gajić Slobodan, 61, 62; Živanović Dragan, 58, 59.
5. OŠ »M. Č. Čajka«, Trstenik: Grujić Dušan, 60, 61, 62; Marković Saša, 60, 61, 62; Krstanović Zlatan, 60, 61, 62; Kolaković Svetlana, 60, 61, 62; Stefanović Živorad, 60, 61, 62; Milovanović Goran, 60, 61, 62; Panović Saša, 60, 61, 62; Mihajović Goran, 60, 61, 62.

6. OŠ »Heroj Pinki«, Futog: Stojšić Natalija, 61, 62; Savić Radmila, 61, 62; Lukić Milka, 61, 62; Gvero Žarko, 61; Davidović Mira, 61, 62; Josipović Marica, 61, 62; Ivanić Dragiša, 61, 62; Gak Gordana, 61, 62; Gak Borka, 61, 62; Gašić Ljiljana, 61, 62.
7. OŠ »Nemanja Vlatković«, Donji Vakuf: Šušić Brankica, 60, 61, 62; Sušić Elmedina, 60, 61, 62; Vojna Željo, 60, 61, 62; Kisim Slavojka, 60, 61, 62; Šatra Zoran, 60, 61, 62.
8. OŠ »Milan Munjas«, Ub: Stevanović Milenko, 57, 59; Lazić Miroslav, 57, 59; Kusurović Biljana, 57, 59; Milovanović Milenko, 57, 59; Petrić Boban, 57, 59; Milošević Divna, 57, 59; Maksimović Živka, 59; Matić Verica, 59.
9. OŠ »Popinski borci«, Vrnjačka Banja: Strugarević Zorica, 60, 61, 62; Todorović Dragana, 60, 61, 62; Stojković Dragan, 60, 61, 62; Đurić Dragan, 61, 62; Gračanin Ivana, 60, 61.
10. OŠ »Svetozar Miletić«, Zemun: Prtenjača Predrag, 60, 61, 62; Romanović Branislav, 60 61, 62; Radovanović Marina, 60, 61, 62; Bartonić Vesna, 57; Svorcan Gorica, 57, 59,
11. OŠ »Stevan Sinđelić«, Veliki Popović: Stanojević Svetlana, 57, 58, 59; Korunović Lliljana 57, 58, 59; Kocić Nenad, 57, 58, 59; Simić Tatjana, 57, 58, 59.
12. OŠ »Vuk Karadžić«, Beograd: Đorđević Kosta, 60, 61, 62; Hruška Vesna, 60, 61, 62; Prodanović Nada, 60, 61, 62; Radman Slobodan, 61, 62;
13. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška: Pokimica Jovica, 60, 61, 62; Pejčinović Nebojša, 60, 61, 62; Raspopović Milan, 61, 62; Bošković Slavica, 60, 62.
14. OŠ »Nada Purić«, Valjevo: Stefanović Nada, 57, 59, 60, 61, 62; Marković Katarina, 57, 59, 60, 61, 62.
15. OŠ »17. oktobar«, Svetozarevo: Jevtić Ljiljana, 59, 60, 61, 62; Stakić Katarina, 57, 58, 59, 60, 61, 62.
16. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac: Ivanović Slavica, 57, 59, 60, 61, 62; Jovanović Tatjana, 57, 59, 60, 61, 62.
17. OŠ »August Šenoa«, Zagreb: Bauman Renato, 60, 61, 62; Moler Dalibor, 57, 59; Pavlović Gordana, 57, 59; Pušelj Snježana, 57, 59.
18. OŠ »Dušan Danilović«, Radljevo: Aleksić Mileva, 60, 61, 62; Aćimović Slavica, 60, 61, 62; Janković Jasmina, 60, 61, 62.
19. OŠ »Jovan Popović«, Sremska Mitrovica: Vulin Dragan, 61, 62; Krsmanović Đoka, 61, 62; Besermenji Dragan, 61, 62; Vukašinović Svetislav, 61, 62.
20. OŠ »Todor Topalović«, Plužine: Radović Radislavka, 57, 59; Vasović Sonja, 57, 59; Šarac Snežana, 61; Jovanović Nada, 62.
21. OŠ »Mladen Marković«, Kosovska Vitina: Jovanović Zoran, 61, 62; Dinčić Biljana, 60, 62; Jovanović Dobrila, 60, 61.
22. OŠ »Bratstvo-jedinstvo«, Stubline: Trebješanin Zorica, 57, 59; Ješić Radmila, 57, 59; Erić Ranko, 60, 61.
23. OŠ »Ćele-kula«, Niš: Spasić Saša, 60, 61, 62; Ćosić Vladan, 60, 61, 62.
24. OŠ »Branko Krsmanović«, Sikirica: Trifunović Suzana, 57, 59; Jovanović Vesna, 57, 59; Cekić Miroljub.
25. OŠ »Rada Miljković«, Svetozarevo: Jovičić Boris, 60, 61, 62; Milanović Slađan, 57, 59.
26. OŠ »Žikica Jovanović-Španac«, Valjevo: Budmirović Biljana, 60, 61, 62; Golubović Nataša, 60, 62.
27. OŠ »Milica Pavlović«, Čačak: Mijajlović Snežana, 60, 61, 62; Obradović Dragana, 57, 59.
28. OŠ »V. I. Lenjin«, Ploča: Jovančević Miroljub, 60, 61, 62; Ivljanin Snežana, 57, 59.
29. OŠ »Vera Blagojević«, Banja Koviljača: Petrović Snežana, 60, 61, 62; Kostadinović Ljiljana, 61, 62.
30. OŠ »Braća Ribar«, Nikšić: Vidić Marina, 60, 61, 62; Nikolić Anđelka, 61.
31. OŠ »Naum Ohridski«, Peštani: Azecki Aco, 60, 61; Nečoski Vilson, 61, 62.
32. OŠ »Mladen Popović«, Peć: Arsić Mirjana, 60, 61, 62; Arsić Boško, 59.
33. OŠ »Savo Pejanović«, Titograd: Kovijanić Željka, 57, 59; Duranović Srđan, 61.
34. OŠ »Lovćenski partizanski odred«, Cetinje: Rajković Radmila, 57, 59; Alilović Navezeta, 57.
35. OŠ »Ratko Žarić«, Nikšić: Milatović Dragan, 60, 61, 62.
36. OŠ »Vladimir Nazor«, Titograd: Mitrović Aleksandar, 60, 61, 62.
37. OŠ »Aca Aleksić«, Aleksandrovac: Matejić Svetlana, 60, 61, 62.
38. OŠ »Vuk Karadžić«, Priboj na Limu: Pucarević Dragomir, 60, 61, 62.
39. OŠ »B. Radičević«, Crvenka: Jovanović Ljiljana, 60, 61, 62.
40. OŠ »Stjepan Stevo Filipović«: 57, 58, 59.

41. OŠ »Branislav Nušić«, Beograd: Nešić Milica, 60, 61, 62.
42. OŠ »Moša Pijađe«, Vitoševac: Stefanović Snežana, 60, 61, 62.
43. OŠ »25. maj«, Svetozarevo: Milanović Dragan, 60, 61, 62.
44. OŠ »Braća Jerković«, Železnik: Vukićević Violeta, 60, 61, 62.
45. OŠ »Braća Nedić«, Osečina: Aleksić Bosiljka, 60, 61, 62; Lukić Dragan, 60, 61,62.
46. OŠ »Dimitrije Tucović«, Kraljevo: Prelić Goran, 60, 61, 62.
47. OŠ »Vuk Karadžić«, Jagnjilo: Ilić Radmila, 60, 61, 62.
48. OŠ »D. Obradović«, Kruševac: Nikolić Snežana, 60, 61, 62.
49. OŠ »Branko Radičević«, Podunavci: Gligorin Senko, 57, 59.
50. OŠ »Marija Bursać«, Gornji Matejevac, Živković Boban, 61, 62.
51. OŠ »Marija Bursać«, Beograd: Herbut Igor, 61, 62.
52. OŠ »2. oktobar«, Zrenjanin: Tomšić Olgica, 61, 62.
53. OŠ »Risto Vreća«, Hum: Putica Duško, 61, 62.
54. OŠ »Ivica Gluhak«, Konjščina: Šipek Zdravka, 61, 62.
55. OŠ »Ljubiša Maksić«, Bioska: Marković Đorđe, 61, 62.
56. OŠ »Sestre Pavlović«, Belanovica: Maksimović Dragan, 57, 59.
57. OŠ »Oton Župančić«, Zemun: Jahoda Miša, 60, 61.
58. OŠ »Vladislav Ribnikar«, Beograd: Ćurapov Dušan, 60, 61.
59. OŠ »Zdravko Čelar«, Derventa: Ružić Dušanka, 60, 61.
60. OŠ »Mitar Trifunović-Učo«, Zvornik: Ranković Srboljub, 61, 62.
61. OŠ »Zenički partizanski odred«, Zenica: Pejić Milisav, 61, 62.
62. OŠ »Živadin Apostolović«, Trstenik: Nikolić Dejan, 60, 61.
63. OŠ »Veljko Đuričin«, Jarkovac: Lazarov Zorica, 61, 62.
64. OŠ »Mile Dubljević«, Lajkovac: Vasiljević Zoran, 61, 62.
65. OŠ »Milena Kosovac«, Dobrić: Rajković Živko, 61.
66. OŠ »Moša Pijade«, Negotin: Panić Goran, 62.
67. OŠ »8. oktobar«, Vlasotince: Milenković Zlata, 62.
68. OŠ »Kopaonički partizanski odred«, Jošanička Banja: Radulović Vladimir, 61.
69. OŠ »Mika Mitrović«, Brezjak: Stevanović Milanka, 61.
70. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Ruma: Radumilo Mirjana, 61.

Spisak učenika koji su dostavili pravilno rešenje nagradnog zadatka br. 6 biće objavljen u sledećem broju.

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 28 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 se šalju na adresu *Matematičkog lista* (za *Mladi fizičar*), a novac preko **žiro računa 60806-678-14627, Matematički list, Beograd.** Pri tome treba navesti punu adresu na koju časopis treba dostavljati i jasno naznačiti na šta se narudžbenica, odnosno uplata odnosi.

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

MATEMATIČKI LIST
za časopis **Mladi fizičar**
Knez Mihailova 35/IV, p.p. 728, 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 7. dinara