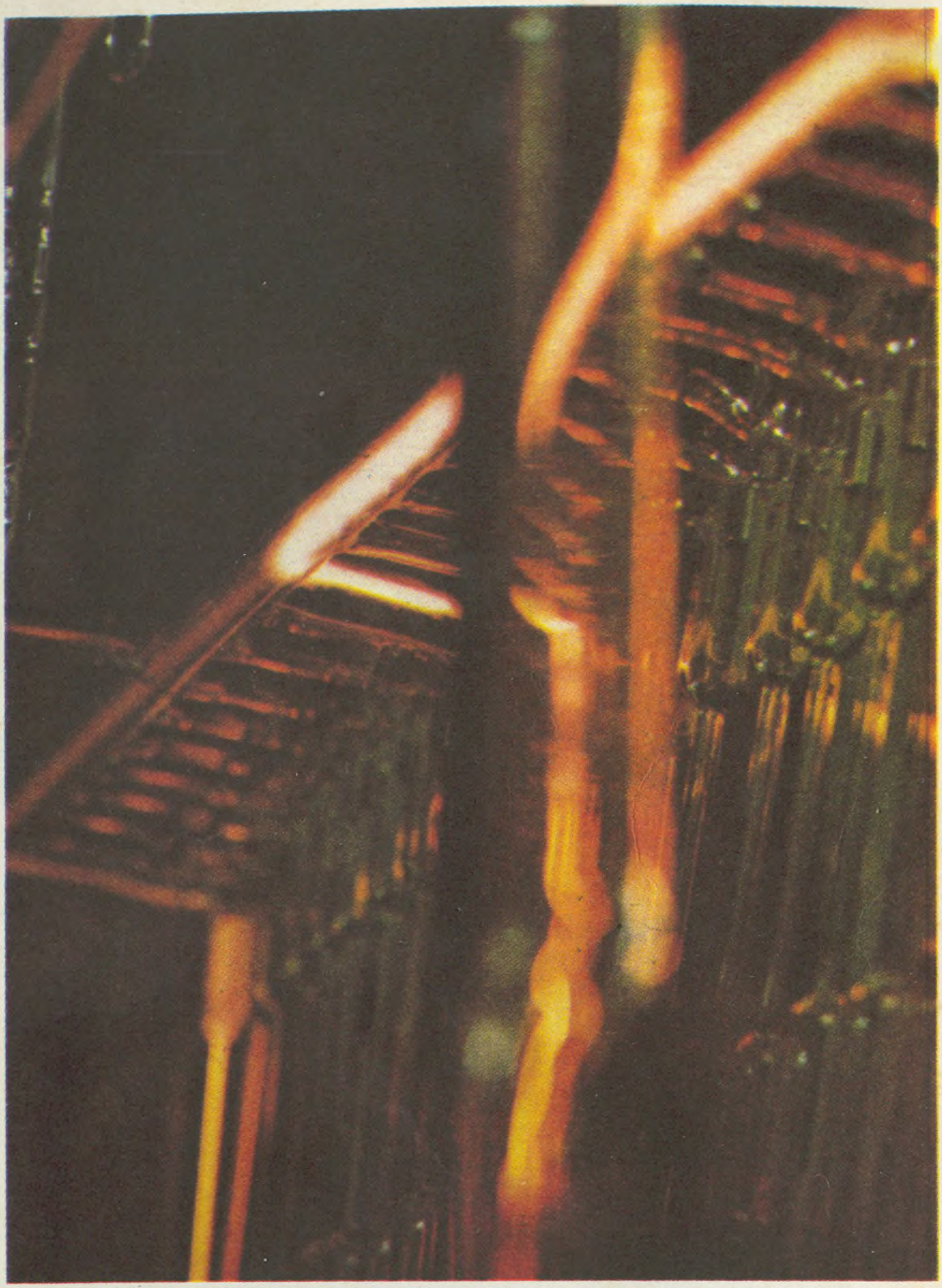


ČASOPIS
IZ FIZIKE
ZA UČENIKE

MLADI FIZIČAR

18

BEOGRAD 1980

DRUŠTVO MATEMATIČARA ,FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE

MLADI FIZIČAR
časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina V
broj 18
(1980/81)

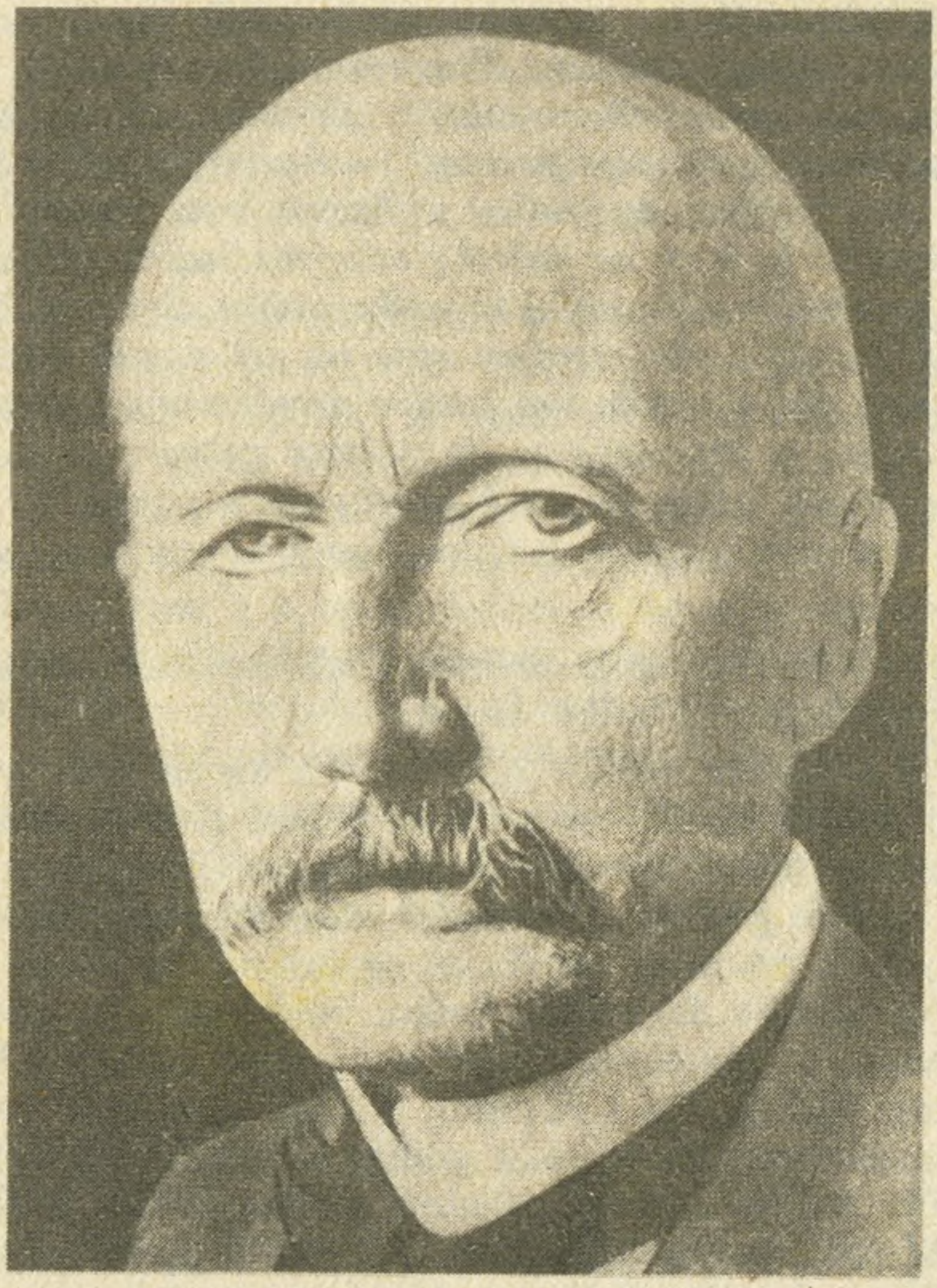
IZDAJE
DRUŠTVO MATEMATIČARA,
FIZIČARA i ASTRONOMA
SR SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/*IV*
p.p. 791

Ljubo RISTOVSKI,
glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN,
urednik

SADRŽAJ:

Vinjete: N. Ubović
Ilustracije: Lj. Ristovski

Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329, od 29. IX 1976. godine
Štampa: BIGZ — Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17



MAX PLANCK

MAKS PLANK

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

U suton nabujalog devetnaestog veka Niče je izjavio da će naš vek biti obeležen nacionalnim ratovima. Marks je smatrao da će to biti razdoblje proleterskih revolucija. Istorija nije isključiva, potvrdila je istovremeno uverenja dvojice filozofa. Ništa manje ne bi bio u pravu i neki pronicljivi prorok da je dvadeseti vek pretskazao u znaku kvantne fizike. Jer, dvadeseti vek i kvant energije su ispisnici: ovog decembra slave osamdeseti rođendan.

Razmišljati o tome kako se u samoj glavi Maksa Planka rodila ideja o kvantu energije bilo bi neplodno, baš kao što je nerazumno i drsko. Međutim, šire razmišljanje o poreklu i delovanju naučnih ideja ima itekako smisla, razume se, uz svu složenost problema. Uostalom, o tome je iskusno pisao i sam Plank:

»... *Svaka naučna ideja koja se rađa u mozgu naučnika nadovezuje se na neki konkretni doživljaj, na neko otkriće, neki opažaj, neku činjenicu — bilo da se radi o nekom fizičkom ili astronomskom merenju, hemijskom ili biološkom posmatranju, arhivskom otkriću ili arheološkom iskopavanju, a suština počiva na tome da ta ideja povezuje i unapreduje ovaj doživljaj s nekim drugim ranijim doživljajima, da, dakle, prebacuje most izmedu njih, i na taj način vezuje činjenice koje su na početku odvojene stajale jedna pored druge. Plodnost ideje i samim tim njen značaj za nauku počiva, dakle, na tome da potom sledi uopštavanje na taj način utvrđene veze na niz drugih srodnih činjenica. Naime, veza stvara red, i samim tim izaziva uprošćavanje i usavršenje naučne slike sveta. Ali važno je pre svega to da zadatak potpune primene nove ideje vodi do novih problema, i time do novih istraživanja i uspeha. To se u jednakoj meri odnosi na stvaranje hipoteza u fizici, kao i na umetnost interpretacije u filologiji.*«

Troslojnu fabulu koja stoji iza ovih kvalifikovanih razmišljanja iskusnog teorijskog fizičara nije teško slediti.

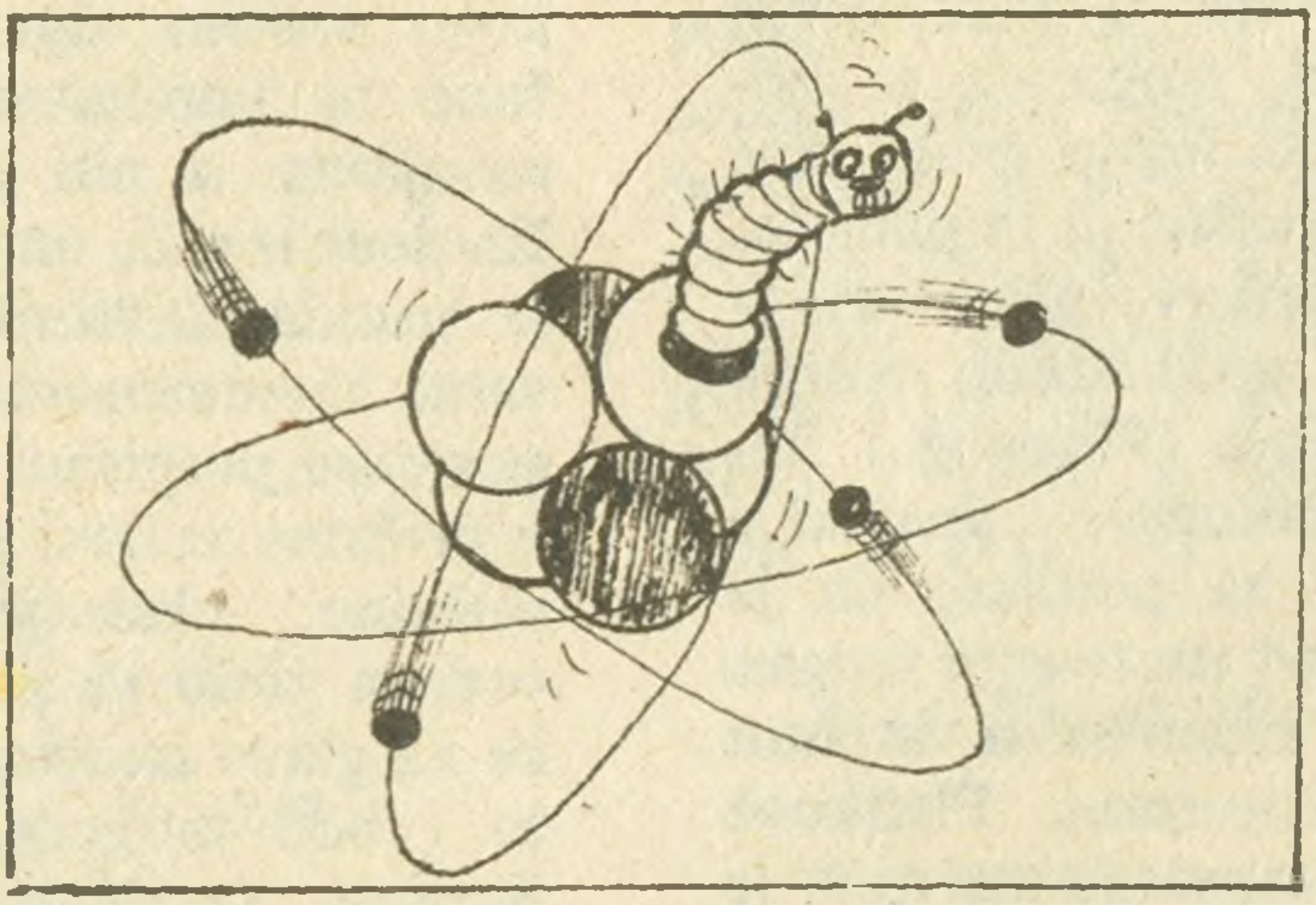
Prvo, reč je o Maksu Planku rođenom 23. aprila 1858. godine u Kilu, gde mu je otac, Julijus Plank, bio profesor prava. Kad je Maks imao devet godina, otac mu je bio postavljen za profesora Univerziteta u Minhenu. Tamo je Plank završio gimnaziju. Mada je voleo muziku i mada ga je profesor fizike, Filip Žoli, odvraćao od fizike, smatrajući da je ona u osnovi već završena, ipak se odlučio da studira fiziku. Posle nekoliko godina provedenih na Univerzitetu u Minhenu, Plank je nastavio studije u Berlinu. Tu je slušao predavanja Helmholca i Kirhofa. Potom je izabran za asistenta na minhenskom univerzitetu. Tu je 1879. godine odbranio doktorat *(O drugom zakonu mehaničke teorije toplote)* i sledeće godine postao je docent za teorijsku fiziku. Od 1885. godine nalazio se u svojistvu profesora fizike na Univerzitetu u Kilu, a od 1894. godine na Univerzitetu u Berlinu. Bio je dugogodišnji sekretar Akademije nauka, a neko vreme i njen predsednik. Za hipotezu o kvantima energije Plank je juna 1920. godine primio Nobelovu nagradu.

Drugo, potkraj prošlog veka lord Kelvin je setno zaključio *da su lepotu i razumljivost dinamičke teorije, koja je smatrala toplotu i svetlo vrstama kretanja, zamračila u poslednje vreme dva oblaka.* Ta dva oblaka bili su slom mehaničkog etra (Majkelsonov ogled) i zakoni zračenja užarenog tela (tzv. »ultravioletna katastrofa«). Naime, na osnovu preciznih merenja su Lumer i Pringshajm, iz fizičke laboratorije u Šarlotenburgu, nacrtali spektre (energija u funkciji talasne dužine) toplotnog zračenja na određenim temperaturama. Spektri su pokazali da različitim talasnim dužinama zračenja odgovaraju različite energije, što se dalo i očekivati. Međutim, za određenu temperaturu i određenu talasnu dužinu, spektar je karakterisao određen maksimum. Analizirajući spektralne krive, bečki profesor je formulisao Vinov zakon pomeranja: proizvod talasne dužine, koja odgovara maksimumu izračene energije, i odgovarajuće apsolutne temperature je konstantan. Maksimumi izračene energije su se pomerali ka kratkim talasima.

Na osnovu Maksvelove teorije elektromagnetnih talasa i Hercovih ogleda izlazilo je da u velikim sistemima osciluju elektroni i da svaki od tih oscilatora ima svoju određenu frekvenciju. Kako elektroni zapravo stalno osciluju, trebalo bi da svako telo neprekidno zrači. Međutim, energija koju ono spolja primi u vidu toplote, trebalo bi da se podjednako raspodeli na sve talasne dužine, na sve zrake, a Lumer i Pringshajm su pokazali da tako nije. Šta više, račun je pogrešno pokazivao da energija zračenja treba da je sve veća ukoliko je veća frekvencija oscilovanja elektrona u velikim telima — ultravioletna katastrofa!

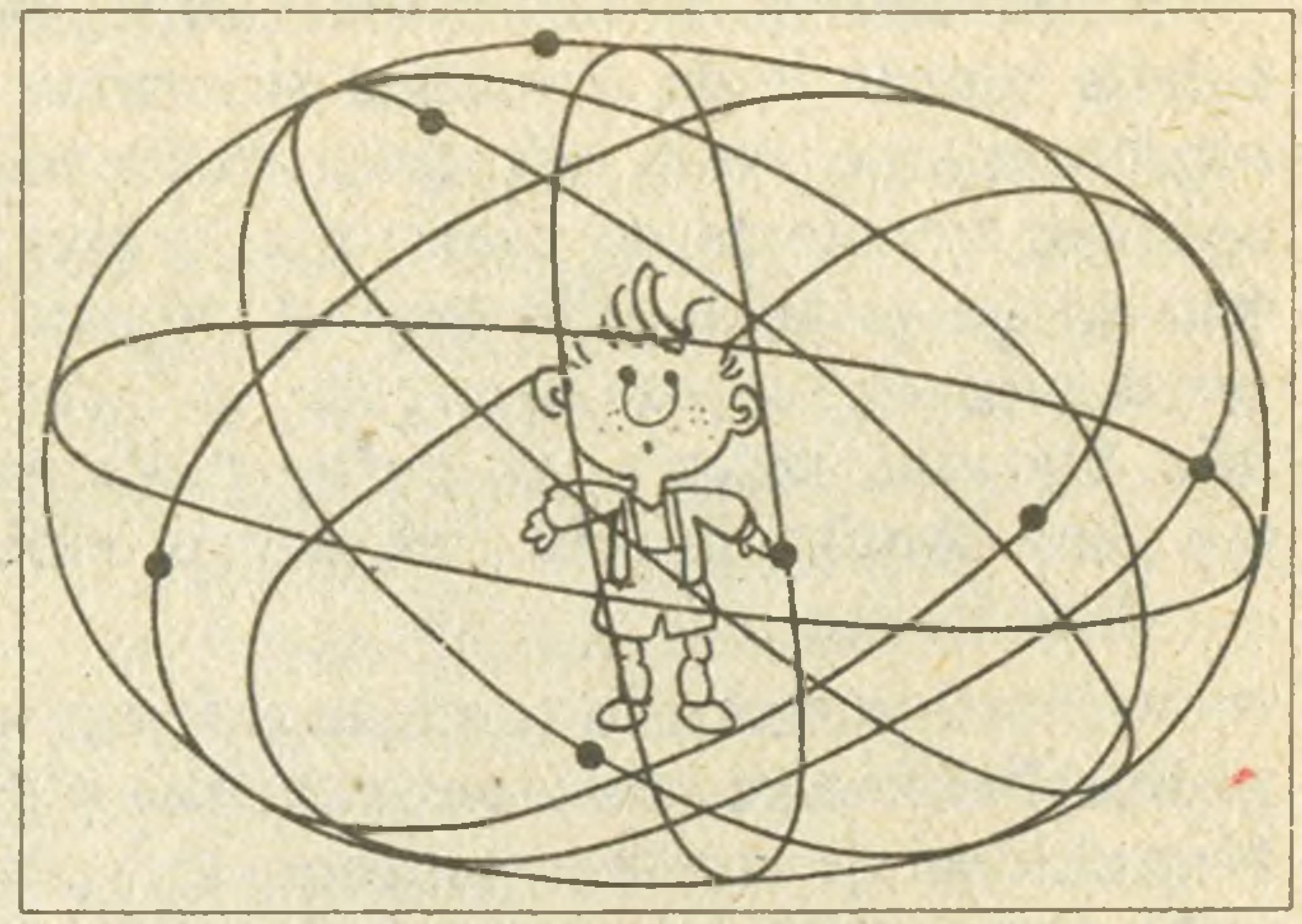
Plank je slušao o tome na jednom seminaru u Berlinu, novembra 1900. godine. Priča se da posle toga nekoliko nedelja gotovo nije izlazio iz radne sobe. Neprekidno je radio, podosta se pozivajući na klasičnu elektrodinamiku i svoj doktorat: izveo je formulu pomoću koje se mogla računati energija zračenja za datu talasnu dužinu pri određenoj temperaturi tzv. crnog tela (vidi naredni članak). Plankov zakon zračenja sumirao je u jedinstven iskaz ranije formulisane i u ograničenom domenu primenljive zakone zračenja. To, međutim, nije njegova glavna zasluga. Izvodeći formulu, naime, Plank nije imao kud — energiju je je izdelio u »porcije« $h\nu$, gde je ν frekvencija zračenja, a h jedna univerzalna konstanta koja nosi Plankovo ime.

Treće, Maks Plank je umro u Berlinu 1947. godine. Dvadesetom veku zagarantovao je još dvadeset godina. Kvantu energije, u svim manje ili više složenim problemima, verovatno još mnogo, mnogo više.



Govoreći o plankovoj teoriji zračenja, veliki fizičar Lorenc je rekao: »U toj teoriji besumnje ima dosta istine. Međutim, ona niukom slučaju ne može poslužiti u otkrivanju mehanizma pojave toplotnog zračenja; mora se takođe priznati, da je veoma teško naći opravdanje za tvrđenje o diskretnoj prirodi energije . . .«.

Lj. R.



PLANKOV ZAKON ZRAČENJA

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Teško je ne složiti se sa tvrđenjem, da se lepota i sadržajnost svake naučne (fizičke) teorije može potpuno shvatiti samo ako se prouče njeni izvori, istorijska uslovljenost i razvojni put. Valjda je zato i postalo uobičajeno da se izlaganje Plankovog zakona zračenja proprati istorijskim pregledom teorija toplotnog zračenja, koje su mu istorijski prethodile. Oni koji na ovaj način govore o Plankovom zakonu zračenja, mogu da se podele u dve grupe. Jednu grupu čine autori koji, eksplicitno ili implicitno, tvrde da je Plankov zakon zračenja uopštenje prethodnih teorija toplotnog zračenja (Vinovog i Relej-Džinsovog zakona); preciznije rečeno, navode na pomisao da je Plank polazeći od tih teorija mogao da nasluti put kojim treba krenuti Prema ovim autorima, Plankova hipoteza o kvantovanju energije je rezultirala iz jedne sasvim uobičajene radne hipoteze-matematičkog trika, čiji je cilj bio da olakša izračunavanje.

Drugoj grupi, a njih nije malo, pripadaju autori koji tvrde da je Plank, jednostavno rečeno, pogodio formulu kojom je iskazan njegov zakon zračenja. Znači, Plankov zakon zračenja je rezultat čistog umovanja jednog nesumljivog intelekta, i ne samo to, to je slučajan rezultat.

Teško je složiti se sa autorima obeju grupa, ali teško je i reći da su njihova tvrđenja u potpunosti neistinita. Jer, Plankov zakon zračenja nije prosto uopštenje prethodnih teorija, nego mnogo više. Izveden na osnovu pretpostavki koje, sasvim sigurno, nisu sadržane ni implicitno u prethodnim teorijama, a niti na bilo koji način slede iz njih, on je temelj na kome je nazidana tvorevina koju nazivamo savremenom fizikom. Sa druge strane, potpisani veruje da se samo u pričama zakoni prirode otkrivaju slučajno, ulaženjem u do vrha vodom punu kadu ili padanjem jake na glavu naučnika. Ako je nekad to i bilo moguće, sada više nije. Svakom naučnom rezultatu prethodi dugotrajan rad na upoznavanju sa dotle stečenim saznanjima a zatim i najveći napor da se na osnovu toga i nekih novih informacija sagleda i iskaže nešto zaista novo, originalno. Tako je bilo i sa Plankovim zakonom zračenja. Istina o tome kako je otkriven leži negde između onoga što tvrde prethodno pominjane dve grupe autora.

Otkrićem Plankovog zakona zračenja 1900. godine rešen je zadatak, koji je postavio 1860. godine Kirhov. Zadatak je definisan Kirhofovim zakonom, prema kome je odnos spektralne emisione moći $\varepsilon\,(\lambda,\,T)$ i spektralne apsorpcione moći $A\,(\lambda,\,T)$ jednak za sva tela.

$$\frac{\varepsilon(\lambda,\,T)}{A(\lambda,\,T)}=f(\lambda,\,T) \qquad (1)$$

Podsetimo se, spektralna emisiona moć jednaka je odnosu energije $\Delta E\,(\lambda,\,T)$ toplotnog zračenja iz intervala talasnih dužina $(\lambda,\,\lambda+\Delta\lambda)$, koju telo izrači sa jedinice površine u jedinici vremena na temperaturi T, i intervala $\Delta\lambda$.

$$\varepsilon(\lambda,\,T)=\frac{\Delta E(\lambda,\,T)}{\Delta\lambda} \qquad (2)$$

Slična je difinicija spektralne apsorpcione moći, samo što se tu radi o apsorbovanoj energiji.

Smisao funkcije $f(\lambda,\,T)$, koja figuriše u Kirhofovom zakonu, se može lako odrediti. Ona je jednaka spektralnoj emisionoj moći apsolutno crnog tela $\varepsilon^\circ(\lambda,\,T)$. Pojam apsolutno crnog tela, tj. tela koje apsorbuje svo zračenje koje na njega padne, uveo je Kirhof. Prema tome, spektralna apsorpciona moć apsolutno crnog tela jednaka je $A^\circ(\lambda,T)=1$, pa iz jednačine (1) sledi da je funkcija $f\,(\lambda,\,T)$ jednaka spektralnoj emisionoj moći apsolutno crnog tela.

Rešavanje zadatka kojeg je postavio Kirhof-odredivanje spektralne emisione moći apsolutno crnog tela, trajalo je punih 40 godina. Potpuno uspešnom i po značaju neočekivanom plankovom rešenju prethodili su mnogi više ili manje uspešni pokušaji. Među njima su svakako najvažniji radovi Vina, Releja i Džinsa. Vin je u dva maha (1893. i 1896. godine) izveo formule za $\varepsilon^\circ(\lambda,\,T)$:

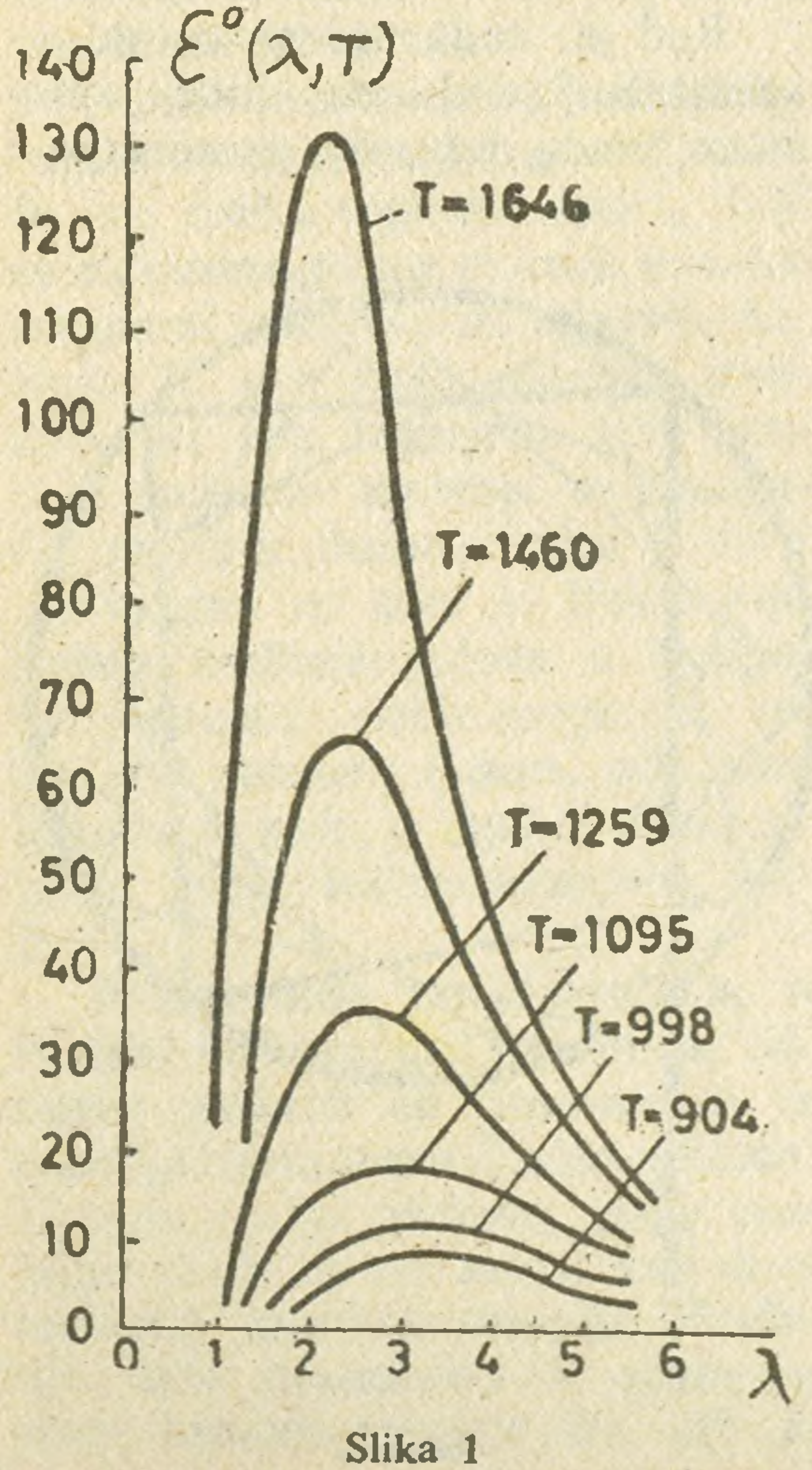
$$\varepsilon^\circ(\lambda,\,T)=\text{const.}\,\frac{\varphi(\lambda,\,T)}{\lambda^5}$$

(1893. godine)

$$\varepsilon^\circ(\lambda,\,T)=\text{const.}\,\frac{e^{-\frac{b}{\lambda T}}}{\lambda^5}$$

(1896. godine)

Iz ovih formula, koje se slažu sa eksperimentalnim rezultatima u ob-



Slika 1

lasti velikih talasnih dužina, dobija se poznati Vinov zakon pomeranja

$$\lambda_m T = \text{const.}$$

Iz ovog zakona sledi da se talasna λ_m, na kojoj apsolutno crno telo najintenzivnije zrači, sa porastom temperature pomera ka manjim talasnim dužinama (vidi sliku 1.).

1900. godine, znači iste godine kada je otkriven i Plankov zakon zračenja, Relej, a nakon toga i Džins, predložio je sledeću formulu

$$\varepsilon^\circ(\lambda, T) = \text{const.} \frac{T}{\lambda^4}$$

koja se, za razliku od Vinove, slagala sa eksperimentalnim rezultatima u oblasti malih talasnih dužina.

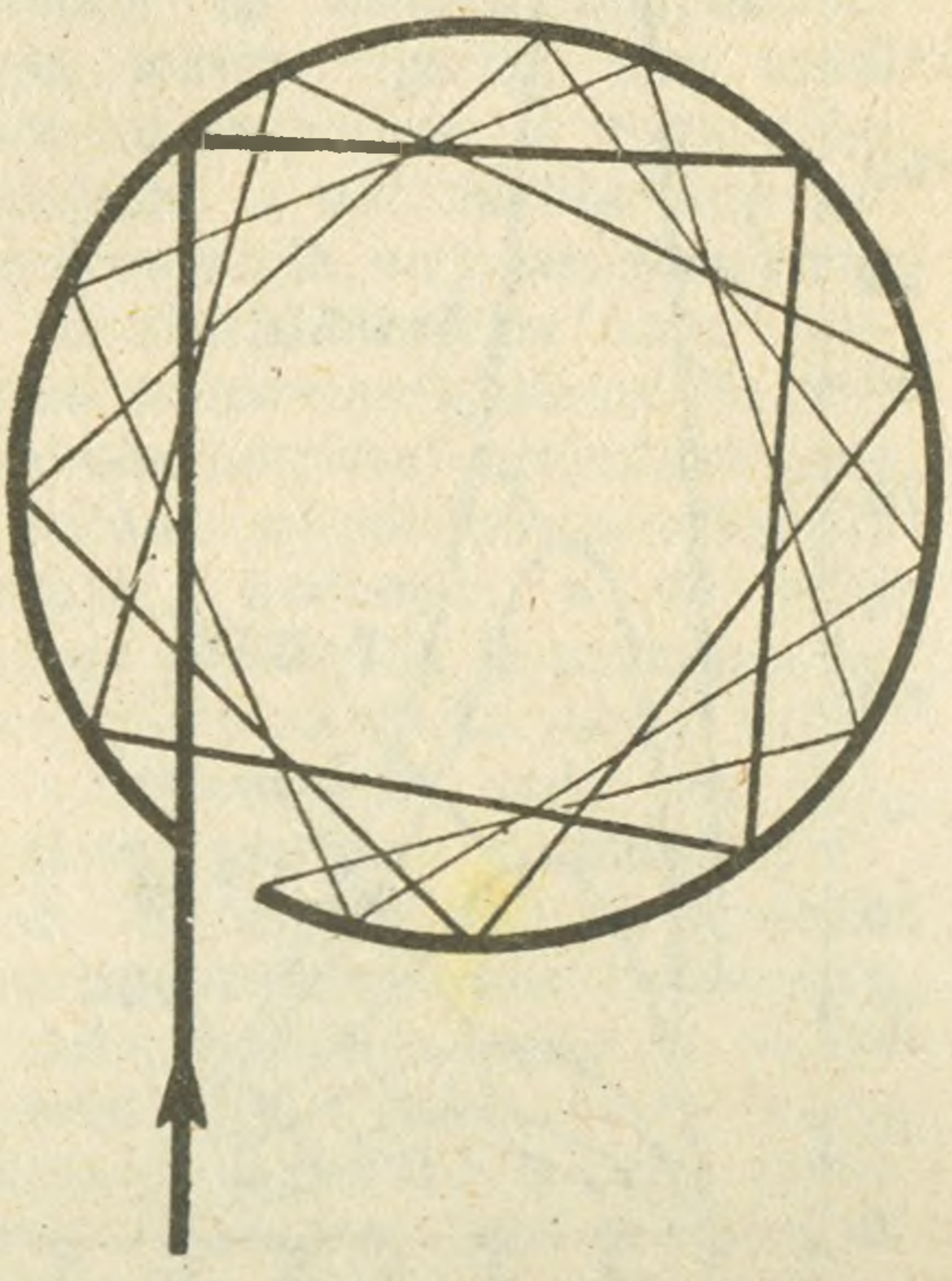
Novembra 1900. godine Plank je na zasedanju Berlinskog fizičkog društva obelodanio zakon zračenja po kome je postao besmrtan.

Osnovna pretpostavka na kojoj je zasnovano izvođenje Plankkovog zakona zračenja je tzv. Plankova hipoteza o kvantovanju energije. Prema njoj, energija se ne može deliti do u beskonačno male »porcije«, već postoje najmanje porcije« — kvanti energije u kojima se ona može zračiti ili apsorbovati Najmanja »porcija« — kvant energije zračenja talasne dužine λ, odnosno učestanosti $\nu = \frac{c}{\lambda}$, je $E = h\nu$ gde je $h = 6{,}5 \cdot 10^{-27}$ erg·s tzv. Plankova konstanta. Ovo tvrđenje se ne može i ne treba dokazati. Pokazano je nebrojeno mnogo puta da je ono tačno. Tačno je jer je priroda energije takva. Iako je ono u vreme kada je iskazano bilo samo hipoteza, danas to više nije. To je, jednostavno, pouzdana empirijska činjenica. To je nešto od čega se polazi, a ne nešto do čega se dolazi i što bi, zato, trebalo dokazivati.

Konstantu h Plank je odredio polazeći od nekih eksperimentalnih rezultata. Tek je sa otkrićem osnovnih zakona kvantne mehanike u potpunosti sagledan značaj ove univerzalne fizičke konstante. Negde je za nju rečeno da je, iako mala ipak otvorila vrata u mikrosvet--svet atomskih pojava, i da svaki put kada želimo ući u taj svet moramo proći kroz ta vrlo uska vrata.

Skiciraćemo sada postupak izvođenja Plankovog zakona zračenja, ali ne na način kako je to učinio Plank, nego onako kako se to danas čini u savremenim udžbenicima fizike.

Red je, kada već govorimo o spektralnoj emisionoj moći apsolutno crnog tela, da pomenemo i



Slika 2

neku od njegovih mogućih realizacija. Najjednostavniji eksperimentalno ostvarljiv model apsolutno crnog tela je sferna (ne mora biti sferna) šupljina sa malim otvorom na njenim zidovima (slika 2). Ma kakvom svetlošću osvetljavali otvor ove šupljine, on će biti apsolutno crn. Zračenje bilo koje talasne dužine ,kada kroz otvor uđe u šupljina, biva, nakon višestrukog odbijanja od zidova šupljine, u potnosti apsorbovano. Šupljina, tj. otvor na zidovima šupljine kao da u potpunosti apsorbuje svo zračenje koja na njega pada; otvor se ponaša kao apsolutno crnog telo. Toplotno zračenje ovog apsolutno crnog tela dobija se zagrevanjem zidova šupljine, a deo tog zračenja koji izlazi kroz otvor, predstavlja toplotno zračenje ovako opisanog apsolutno crnog tela.

Ako se zidovi šupljine održavaju na stalnoj temperaturi T, onda će oni zračiti toplotne zrake, koji su elektromagnetne prirode (elektro magnetni talasi), svih talasnih dužina. To nije neko posebno svojstvo, jer sva zagrejana tela izračuju toplotno zračenje svih mogućih talasnih dužina, kako je to i prikazano na slici 1. Usled toplotnog zračenja zidova u šupljini će postojati elektromagnetni talasi svih talasnih dužina, odnosno, kako se to kaže, u šupljini se uspostavlja polje elektromagnetnog zračenja.

Razmotrimo polje zračenja u šupljini sa kvantnog stanovišta, odnosno polazeći od činjenice da je energija kvantovana fizička veličina. U tom smislu gledano, polje zračenja može da se shvati kao skup različitih kvanata energije. Zračenju date učestanosti ν odgovara skup kvanata energije $h\nu$, čiji je broj veći ako je veći intenzitet zračenja talasa te učestanosti. Pošto se kvant energije zračenja naziva foton, to polje u šupljini predstavlja skup fotona različitih energija, čiji je broj jednak

$$N(T) = N(\nu_1, T) + N(\nu_2, T) + \cdots$$

gde je $N(\nu_1, T)$ broj fotona učestanosti ν_1 (energije $h\nu_1$), $N(\nu_2 T)$ broj fotona učestanosti ν_2 itd. Naveli smo zavisnost od temperature, jer ovi brojevi su različiti na različitim temperaturama a, uostalom, naglasili smo da se zidovi šupljine održavaju na stalnoj temperaturi.

Fotoni imaju određena svojstva koja karakterišu čestice, poput neutrona, elektrona . . . Pre svega, oni se kreću brzinom koja je jednaka brzini protiranja elektromagnetnih talasa, tj. brzini svetlosti c. Uzevši ovo u obzir, a polazeći od relativističke relacije između energije i brzine (važi za čestice koje se kreću velikim brzinama bliskim brzini svetlosti), možemo definisati i impuls, fotona p. On je jednak

$$p = \frac{E_\nu}{c} = \frac{h\nu}{c}$$

Dalje, polazeći od relativističke relacije izmedu mase i energije $E = mc^2$ možemo definisati i masu fotona energije $h\nu$

$$m_\nu = \frac{E_\nu}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$$

Znači, foton, kao i svaka druga čestica, se može okarakterisati energijom, impulsom i masom. Međutim, foton ipak nije čestica ili, bolje rečeno, on je vrlo specifična čestica. Foton, za razliku od običnih čestica, nema masu mirovanja. On nikad i ne miruje, jer se uvek kreće istom brzinom-brzinom svetlosti (razmatramo samo svojstva fotona u vakuumu). Zatim, fotoni međusobno ne interaguju. I na kraju-broj fotona u šuljini nije stalan. Zidovi šuljine neprekdino apsorbuju i emituju fotone različitih energija.

I pored toga što su fotoni po mnogo čemu specifične čestice, ipak se, teorijski gledano, mogu razmatrati kao idealan gas kvantnih čestica (gas neinteragujućih čestica). Naime, a o tome je ranije bilo reči u »Mladom fizičaru«, u kvantnoj mehanici razlikujemo dve vrste čestica. Čestice sa necelobrojnom vrednošću spina zovu se fermioni, a čestice sa nultom ili celobrojnim vrednošću spina bozoni. Spin fotona jednak je nuli, što znači da su oni bozoni.

Spektralna emisiona moć apsolutno crnog tela $\varepsilon^\circ(\lambda, T)$ srazmerna je tzv. spektralnoj gustini. Spektralna gustina $\rho(\nu,T)$ jednaka je energiji svih fotona učestanosti ν podeljenoj sa zapreminom šupljine

$$\rho(\nu, T) = \frac{N(\nu, T) \cdot h\nu}{V} \qquad (3)$$

gde je $h\nu$ energija jednog fotona, a $N(\nu,)T$ broj fotona učestanosti ν. Pošto je $\varepsilon^\circ(\lambda, T)$ srazmerno sa $\rho(\lambda, T)$, to je

$$\varepsilon^\circ(\nu, T) = A\,\rho(\nu, T)$$

gde je A konstanta.

Određivanje $\varepsilon^\circ(\lambda, T)$ se svodi na određivanje $\rho(\nu, T)$. Da bismo odredili $\rho(\nu,T)$ potrebno je odrediti $N(\nu, T)$. To nije teško, ali za onoga ko je upoznat sa oblašću fizike koja se zove kvantna statistička fizika. Pošto u takve ne spadaju i naši čitaoci, mi ćemo samo navesti kvantno-statistički izraz za $N(\nu, T)$

$$N(\nu, T) = \frac{8\pi\nu}{c^3}\,\frac{\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Ako ovo zamenimo u jednačinu (3), dobijamo da je

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)}$$

To je Plankov zakon zračenja.

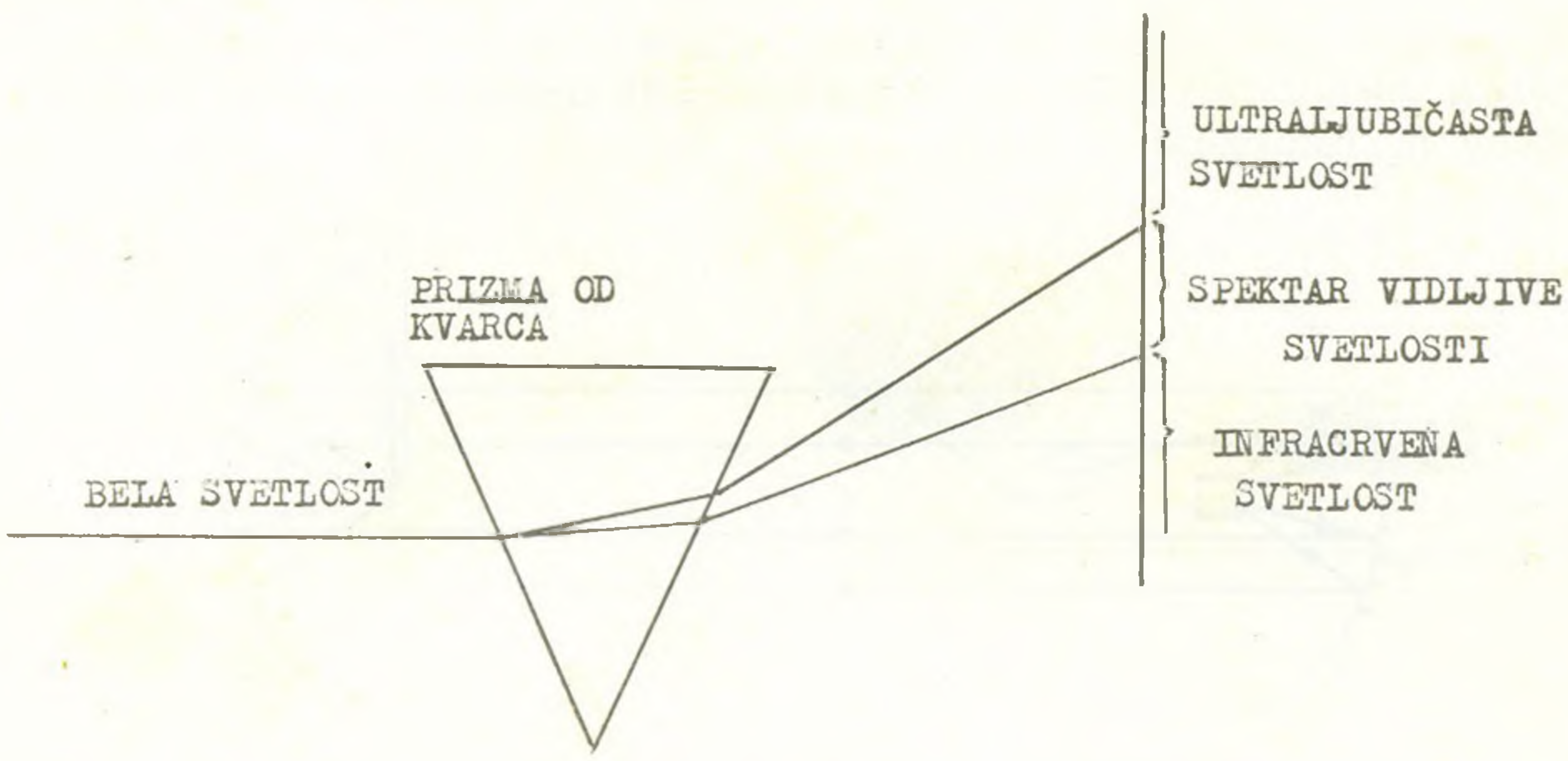
VLADIMIR ADAMOVIĆ I SLAVKA ADAMOVIĆ (Kučevo)

INFRACRVENI I ULTRALJUBIČASTI ZRACI

Kada na prizmu pada bela svetlost, ona će se prilikom prelamanja na bočnim stranama prizme razložiti u niz spektralnih boja, sl. 1. Ova pojava naziva se disperzija bele svetlosti, a niz zraka različitih boja iza prizme naziva se spektar boja. U spektru bele svetlosti čovečije oko razlikuje sedam boja: crvenu, narandžastu, žutu, zelenu, plavu, modru i ljubičastu.

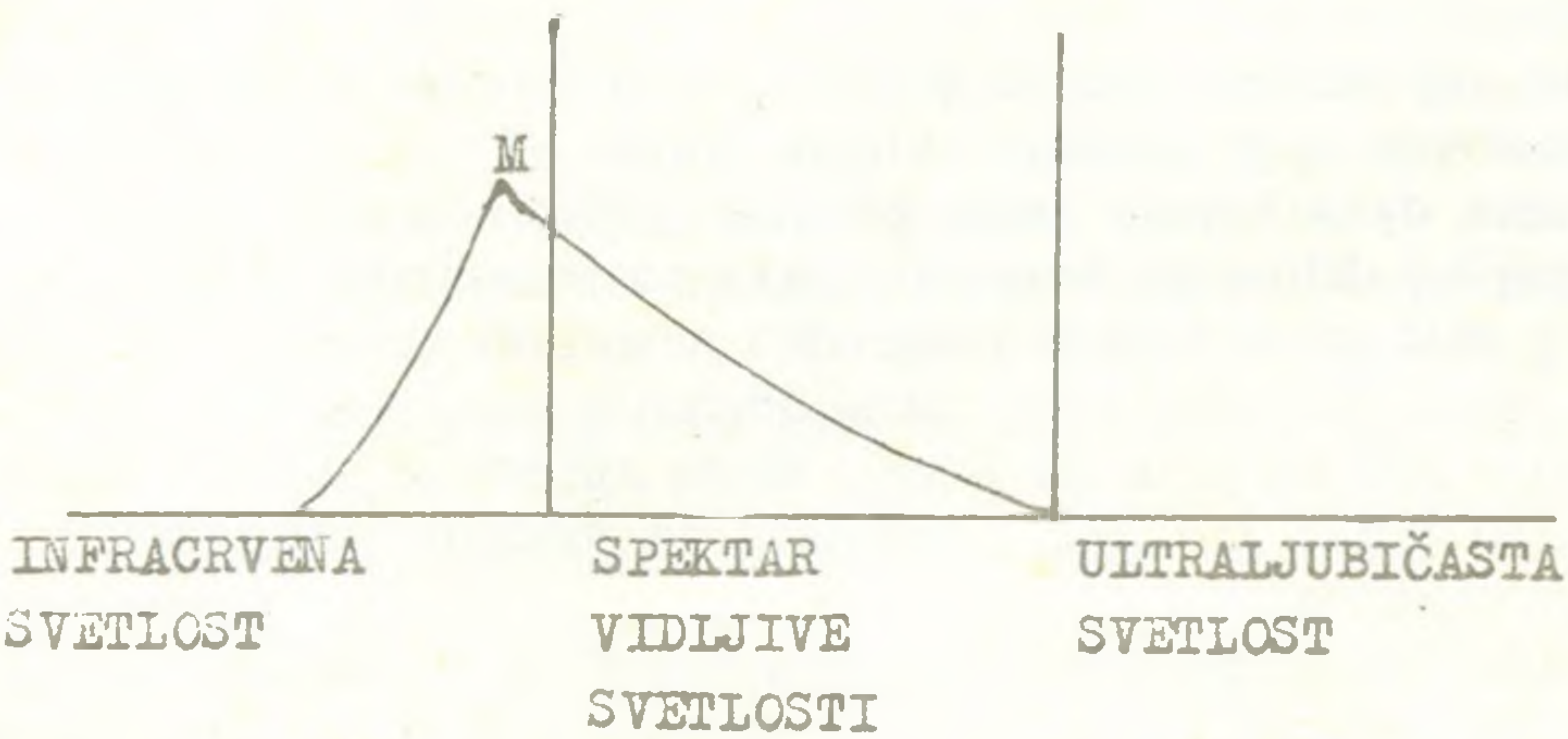
Ovo svojstvo svetlosti prvi eksperimentalno je utvrdio Njutn 1666. godine.

Fridrih Vilhem Heršel 1800. godine, ispitujući temperaturu pojedinih boja u Sunčevom spektru, otkrio je nevidljive zrake ispred crvenog dela spektra, koji se zovu infracrveni zraci. Heršel je za merenje temperature koristio osetljiv termometar sa nagaravljeniom kuglicom. Po-



Slika 1

merajući termometar kroz spektar, konstatovao je da se toplotno dejstvo povećava od ljubičastog pema crvenom delu spektra. Ovo toplotno dejstvo dostiže svoju maksimalnu vrednost u tamnom delu iza crvenog dela spektra, sl. 2. tačka M, a zatim naglo opada. Kao što se iz Heršelove konstatacije vidi, infracrveni zraci ističu se svojim toplotnim dejstvom, zato se nazivaju još i toplotni zraci.

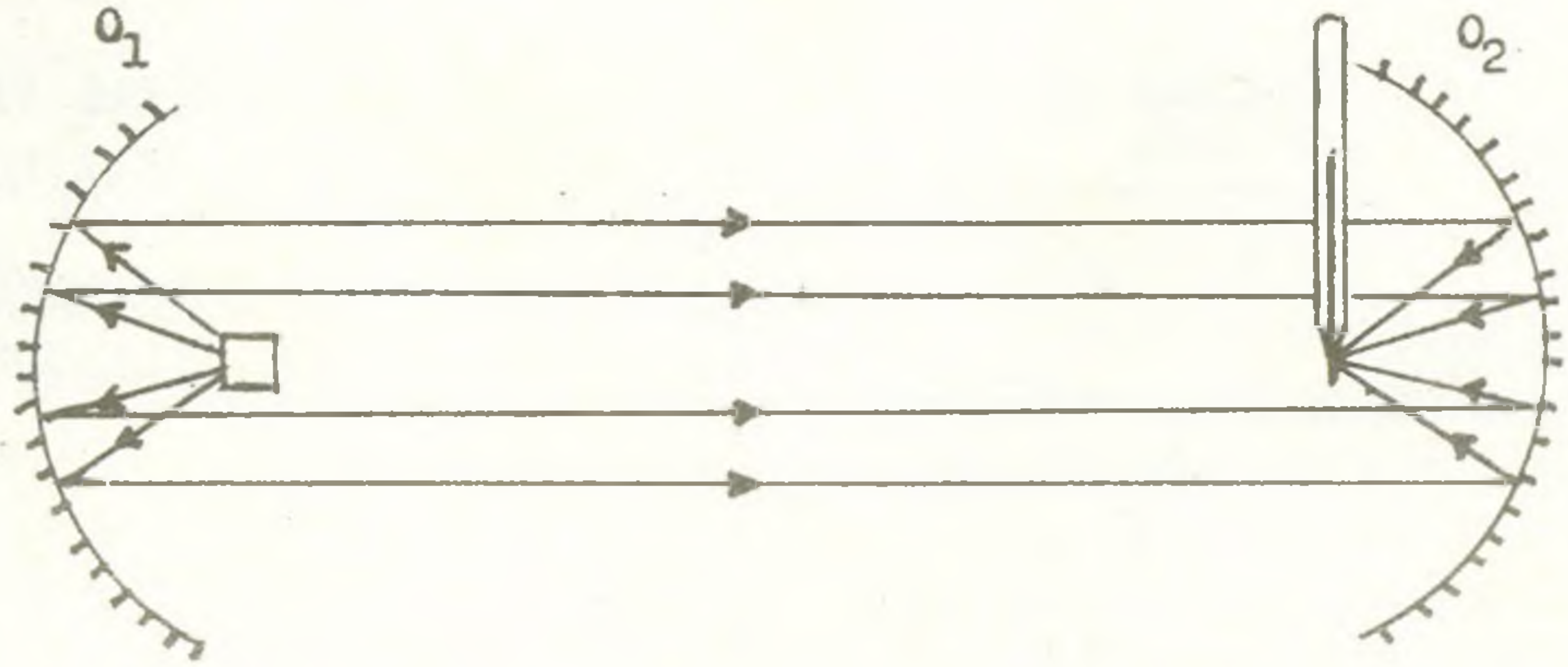


Slika 2

Infracrvene zrake ne zrače samo usijana i svetla tela već i tamna tela ali topla, kao na primer peć, pegla i dr.

Za infracrvene zrake važe isti zakoni kao i za vidljivu svetlost. (zakon odbijanja, prelamanja itd.) Odbijanje infracrvenih zraka može se dokazati pomoću zagrejanog parčeta gvožđa, dva izdubljena ogledala i termometra, sl. 3. Zagrejano parče gvožđa postavi se u žižu izdubljenog ogledala O_1.

U tom slučaju termometar, koji je postavljen u žižu ogledala O_2, pokazaće povišenu temperaturu. Kada ovo znamo, jasno nam je zašto su grejači električnih grejalica postavljeni u žižu paraboličnih ogledala, izrađenih od poliranog ili poniklovanog lima.



Slika 3

U topionicama metala prisutno je i infracrveno zračenje. Radnici na takvim mestima, da bi se zaštitili od ovog zračenja, koriste naočare koje su prevučene tankim slojem metala. Sloj metala propušta vidljivu svetlost a odbija infracrvenu svetlost.

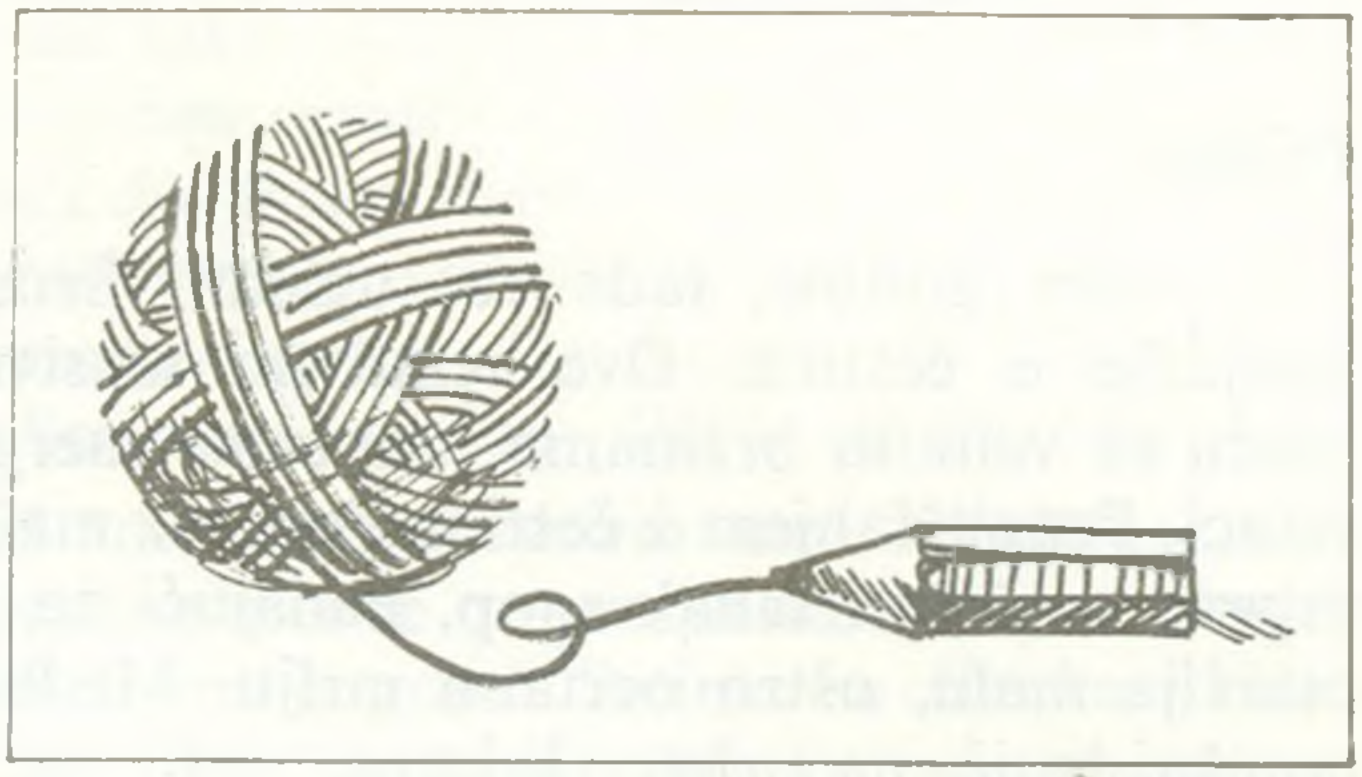
Infracrveni zraci prolaze kroz maglu, zato se koriste za snimanje terena iz aviona kroz oblake i sa velikih visina. Vozila sa ugrađenim infracrvenim farovima mogu se koristiti po magli, a noću se mogu kretati nezapa žena. Infracrveni zraci su našli veliku primenu u industriji za sušenje različitih predmeta, zatim u poljoprivredi za sušenje kukuruza, šljiva i dr. kao i u medicini za lečenje.

Neke supstancije, kao na primer staklo i voda, skoro potpuno apsorbuju infracrvene a propuštaju vidljive zrake.

Godinu dana kasnije posle Heršela (1801) nemački fizičar Riter, ispitujući hemijsko delovanje Sunčevih zraka na fotograsku ploču, otkrio je iza ljubičastog dela spektra za čovečije oko nevidljive zrake koji se zovu ultraljubičasti zraci. Prirodni izvor ultraljubičastih zraka kao što vidimo je Sunce, međutim njih na putu do Zemlje dosta apsorbuje atmosfera. Zato, Sunčeva svetlost iznad morskih površina i na visokim planinama je bogatija navedenim zracima.

Čovečija koža pri sunčanju upija određene ultraljubičaste zrake, koji izazivaju pigmentaciju kože, i zato ona pocrni. Na čovečiji organizam ovi zraci deluju blagotvorno, ali samo ako su doze zračenja male. Pri većim dozama zračenja može doći do pojave rastrojstva nervnog sistema kao i smanjenja radne sposobnosti. Takođe, može da se javi i crvenilo na koži. Zato je neophodna obazrivost pri sunčanju. Koža neće pocrneti ako Sunčeva svetlsost prvo prolazi kroz staklo, jer ono skoro potpuno apsorbuje ultraljubičaste zrake. U živim organizmima pod dejstvom ovih zraka dolazi do pretvaranja masnih delova kože u vitamin D.

Dejstvo ultraljubičastih zraka koristi se za sazrevanje voća i povrća. Oni još jonizuju gasove, izazivaju fluorescenciju, fotoelektrični efekat itd.



RADERFORDOVO OTKRIĆE ATOMSKOG JEZERA

SREĆKO VOJVODIĆ (Beograd)

Okolnosti

Prva decenija ovog veka je vremenski okvir u kome je razvoj fizike dostigao stupanj na kome se mogao (morao) odigrati suštinski prodor u okean nepoznatog. Zahuktali splet: fizike — tehnike i tehnologije — proizvodne prakse u uzajamnom prožimanju porodio je takva sredstva i postupke eksperimentalnog i teorijskog istraživanja da je ljudskoj spoznaji postalo moguće da neopozivo uzleti sa osnove čulnog opažanja na nivo razaznavanja ustrojstva materije. Uobičajenim stručnim rečnikom kazano, moglo se preći sa opisivanja *makrosveta* na istraživanje *mikrosveta*. Još određenije, fizika se suočila sa *diskretnom*, *atomističkom* građom materije. O dva presudna pionirska koraka u tom kretanju upoznali ste se već u prošlom i pretprošlom broju »Mladog fizičara« (Frank — Hercov i Milikenov ogled).

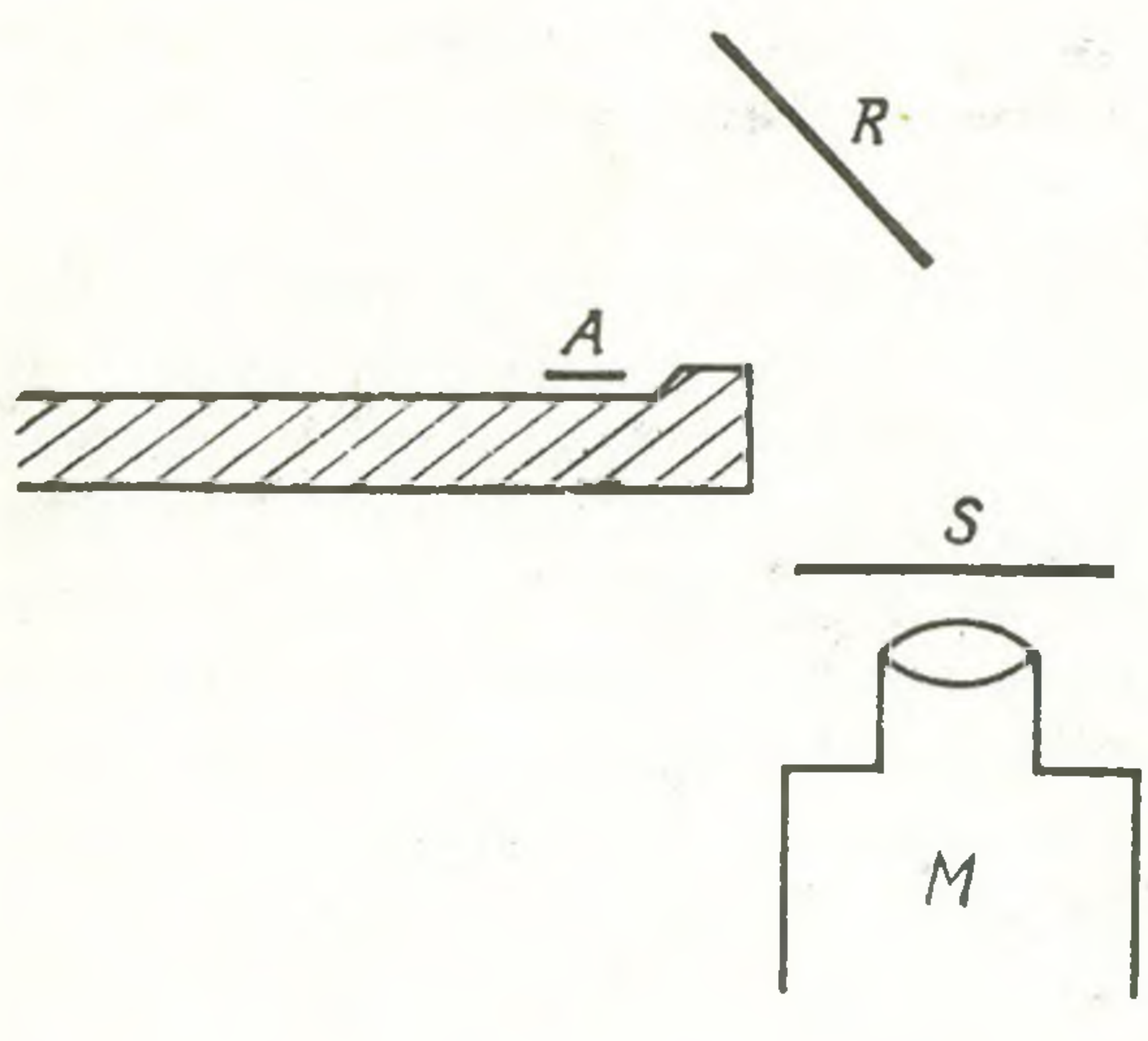
Na samom početku ovog veka beše se našao prikupljen takav eksperimentalni materijal hemije i fizike da su vodeći naučnici te epohe bili izazvani da iskažu pretpostavke (hipoteze) o mogućoj strukturi atoma (čije postojanje, uostalom, još nije bilo dokazano). 1902. godine Kelvin postavlja model, kasnije nazvan *»šljive u pudingu«*. Po njemu, neelektrisanje i masa atoma raspoređeni su približno ravnomerno po zapremini sfere prečnika oko jednog desetmilionitog dela (10^{-7}) milimetra. Saglasno tom modelu, elektroni kao nosioci negativnog naelektrisanja, utopljani su u oblak pozitivnog naelektrisanja (otud i onaj šaljivi naziv). 1903. godine Lenard zaključuje, na osnovu svojih proučavanja katodnih zraka za koje je dobio Nobelovu nagradu, da se svi atomi sastoje od različitog broja istovrsnih elemenata koje je on nazvao *dinamidama*, uz važnu napomenu da bi razmere tih dinamida morale biti veoma male u odnosu na ukupne razmere atoma. Treći model ponudio je 1904. godine Nagaoka, jedan od pionira mlade japanske nauke. On pokušava da zamisli atom u kome su *postojano* raspoređeni: masivno pozitivno naelektrisanje, i, oko njega, elektroni.

Presudu je morao da donese eksperiment.

Prodor

1906. godine, tada već ugledni Ernest Raderford zainteresovao se za rasejanje α čestica. Ove relativno masivne, pozitivno naelektrisane čstice izleću sa velikim brzinama ,odnosno energijama, iz nekih radioaktivnih supstanci. Propuštanjem α čestica kroz niz malih otvora koji leže na istom pravcu uspeva se dobiti tanak snop. Padajući na fotografski materijal, ovakav snop ostavlja malu, oštro ocrtanu mrlju. Međutim, ako se na put snopa postavi tanušni listić, na primer liskuna, mrlja na fotoploči se razlije. Iako je širenje snopa malo (oko 2°), Raderford izračunava da su ga morale izazvati ogromne električne sile.

1908. godine, Raderford se vraća na ovaj problem, i to zajedno sa doktorom Hansom Gajgerom, koji je u njegovoj laboratoriji stažirao, i posle diplomcem Ernestom Marsdenom. Ali, pustimo samog Raderforda da govori:



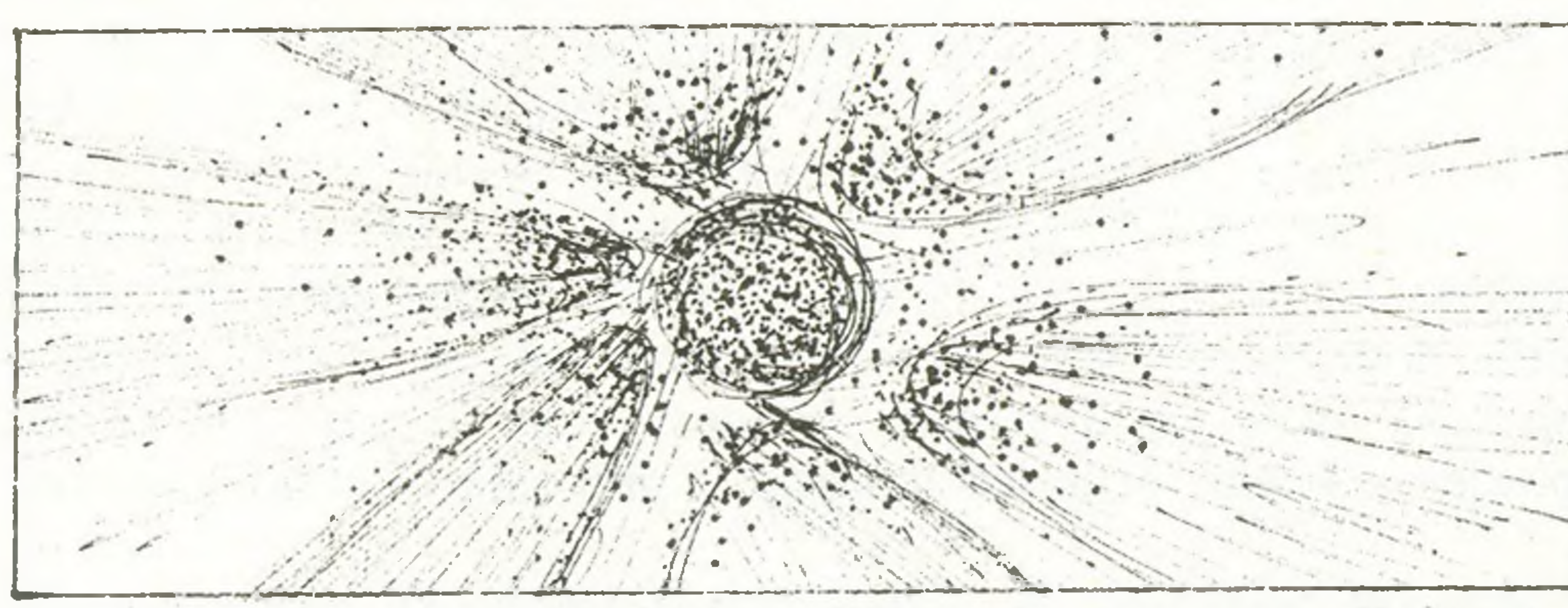
Šema uređaja koji su Gajger i Marsden koristili za merenje rasejanja α čestica (Iz Proceedings of the Royal Society, London, A 82, 499, 1909., Fig. 3/

Pločica A je izvor α čestica koje sa nje odleću u svim pravcima. Neke od onih koje padnu na platinski listić R, bivaju rasejane unazad, opet u svim pravcima podjednako. One koje dođu na ekran S izazivaju njegovo svetlucanje (scintilacije)

»Ja sam posmatrao rasejanje α čestica, a dr Gajger je u mojoj laboratoriji istraživao tu pojavu podrobno. On je primetio da je u tankim metalnim pločicama to rasejanje obično malo; reda jednog stepena. Jedanput je Gajger došao k meni i rekao: »Ne mislite li Vi da je mladom Marsdenu, koga ja obučavam radioaktivnim metodima, vreme da pristupi nevelikom istraživanju?« Ja sam takođe smatrao da je vreme, pa sam stoga rekao: »Zašto mu ne zadate da razjasni pitanje o tome da li α čestice mogu da se rasejavaju pod velikim uglovima?« U poverenju vam mogu reći da ni sam nisam verovao da je takav efekt mogućan pošto smo znali da α čestica predstavlja veoma brzu, tešku česticu s ogromom rezervom kinetičke energije, tako da je verovatnoća rasejanja unazad za nju bila izuzetno mala, ako se smatra da se sumarno rasejanje α čestica sastoji od nekoliko rasejanja pod malim uglovima. Dalje, ja se sećam da je kroz nekoliko dana k meni došao krajnje uzbuđeni Gajger i izjavio: »Izgleda da smo dobili

nekoliko slučajeva rasejanja α čestica unazad...« To je bio najneverovatniji događaj u mom životu. On je bio toliko neverovatan kao kad bi granata od 15 *palaca, ispaljena u komadić cigaret papira, odskočila od njega i udaraila u strelca. Pri analizi toga shvatio sam da takvo rasejanje unazad mora biti rezultat jednokratnog sudara, i sprovevši račune, uvideo sam da to nije nikako moguće ako se ne pretpostavi da je najveći deo mase atoma skoncentrisan u sićušnom jezgru. Upravo tada u meni se i rodila ideja o atomu sa sićušnim masivnim centrom u kome je skoncentrisano naeektrisanje.«* (Iz knjige: J. Needham W. Pagel, Background to Modern Science, London, 1938, strana 68.)

Jesmo li sigurni da smo pratili tok Raderfordovih misli? Zašto »... rasejanje unazad ... nije nikako mogućno ako se ne pretpostavi da je najveći deo mase atoma skoncentrisan u sićušnom jezgru«? Setimo se članka »Fizičko polje« u »Mladom fizičaru«, broj 13, na 10. strani, Sila kojom uzajamno deluju dve naelektrisane čestice naglo raste pri njihovom približavanju. Drugim rečima, da bi α čestica značajno skrenula pri susretu s jezgrom, njihovo rastojanje mora biti veoma malo, u ovom slučaju mnogo manje od razmera celog atoma.



KAKO ISPITUJEMO ATOME

I. ČADEŽ (Beograd)

Kada razmišljamo o osnovnim, najsićušnijim delovima materijala — — atomima i molekulima, neminovno sebi postavljamo dva osnovna pitanja. Jedno je, zašto da verujemo da takve najsićušnije čestice uopšte postoje? Zašto i kako je čovek došao do takvog saznanja nakon mnogih godina i decenija sistematskih istaživanja? Odgovor na ovo pitanje nije lako dati bez poznavanja istorije istraživanja prirode materije. Tek nakon ovog upoznavanja može se sagledati koliko je različitih puteva čovek — istraživač ispitao i prošao, koliko je različitih — sada znamo i pogrešnih — teorija čovek-istraživač postavio, razvio i prihvatio ili odbacio i kako je nakon celog ovog niza mogućnosti sve poznate činjenice o ponašanju materije mogao da objasni jedino postojanjem pojedinačnih osnovnih čestica supastancije — atoma i molekula. Neke od osnovnih prirodnih pojava, koje su se mogle objasnisti jedino polazeći od pretpostavke da postoje elementarne jedinice materije, su zakonitosti kod hemijskih reakcija, elektroliza, pojave u gasovima (toplotne karakteristike, pražnjenja u rezređenim gasovima i slično). Potpunu potvrdu postajanja atomskih čestica dobijena je ostvarenjem mogućnosti eksperimentalnog izolovanja pojedinačne čestice i njenog posmatranja i analiziranja.

Drugo pitanje koje se nameće kada se razmišlja o atomskim česticama jeste kako mi njih možemo da »vidimo«, a kako da ih ispitujemo? Ovim pitanjem dodirujemo samu srž savremene fizike mikrosveta. Naime, da bi neki objekat ispitivali treba obavezno da delujemo na njega. Tako, ako že.-limo da odredimo masu nekog tela, treba da ga prenesemo na tas terazija; ako želimo da odredimo specifičnu toplotu nekog materijala, potrebno je njegov uzorak zagrevati i ispitivati u kalorimetru i slično. Uopšte, da bi se eksperimentisalo potrebno je biti u stanju da se na određeni način pripremi objekat koji se ispituje.

Kada želimo da ispitujemo svet atoma i molekula suočavamo se sa novim problemom koga nismo svesni u našem svakodnevnom svetu, svetu objekata uporedljivih veličina sa nama, svetu koji možemo ispitivati i posmatrati neposredno našim čulima. Postavlja se pitanje »alata« kojim ćemo »rukovati« sa tim sićušnim atomima i molekulima. Kako da »uhvatimo« jedan atom kada znamo da je njegov prečnik svega desetak milijarditih delova santimet a?! Kako da takav atom pripremimo za eksperiment? Nalazimo se, kako je to lepo primetio jedan fizičar, u sličnoj situaciji u kojoj se nalazi slepi čovek koji pokušava svojim prstima da otkrije oblik snežne pahuljice. Onog momenta kada dodirne pahuljicu toplota njegove ruke je istopi i on može odrediti samo neke njene karakteristike. Njegova ruka je grub alat za pahuljicu koju ispituje — toliko grub da u toku ispitivanja sićušan objekat biva uništen.

U sličnom položaju se nalazi čovek-istraživač kada želi da ispituje atome. »Alati« koji mu stoje na raspolaganju moraju takođe biti najsićušniji, a to su ništa drugo nego opet različiti atomi ili druge slične čestice ili neko elektromagentno zračenje. Svaki od tih »alata« je veoma »grub«, jer je iz istog sveta iz koga je i ispitivani objekat i samim tim prilikom ispitivanja pomoću njega neminovno dolazi do značajnih promena na atomu koji ispitujemo.

A kako ti mali atomi uopšte izgledaju? Kako njih možemo da vidimo? Šta bismo videli oko sebe ako bi nekim čudesnim načinom mogli da se smanjimo do veličina atoma? Svaki atom ima svoje osnovno, ravnotežno stanje. U tom stanju on ima najnižu moguću energiju te ne može energiju ni da emituje. Takav atom je dakle za našeg sićušnog posamtrača potpuno nevidljiv. Takav ostaje sve dok na neki način ne primi izvesnu količinu energije od drugog objekta, kažemo dok se ne pobudi. Novo, pobuđeno stanje atoma nije stabilno i nakon izvesnog vremena atom će emitovati višak energije u vidu jednog kratkotrajnog svetlosnog bljeska. Samo uočavanjem ovog bljeska naš posmatarč može da vidi atom, jer odmah nakon prelaska u svoje osnovno stanje atom opet postaje nevidljiv. Boja ovog svetlosnog bljeska zavisi od vrste atoma koji je energiju zračio, odn. od vrste atoma koji smo videli. Ovaj svetlosni bljesak predstavlja jedan niz elektromagnetnih talasa čija je talasna dužina utoliko manja ukoliko je izražena energija veća. Dakle, sve što naš umanjeni posmatrač vidi oko sebe jesu povremeni bljeskovi različitih boja. Atomi određene vrste mogu emitvati i više različitih boja, a taj skup boja je karakteristika njegove vrste — kažemo da je to njegov emisioni spektar.

Šta se događa sa atomom koga smo u datom trenutku videli registrujući svetlosni bljesak iz njega? O tome možemo veoma malo da kažemo. Registrujući njegov bljesak, mi saznajemo samo njegov položaj u tom trenutku. U kom se pravcu kreće i kada će ponovo emitovati to ne možemo znati. Ne znamo takođe, kada kasnije uočimo bljesak iz atoma iste vrste, da li je on došao od ranije uočenog atoma ili od nekog drugog. Kada ovako razmišljamo, vidimo koliko je pogrešna slika atoma koju često viđamo u udžbenicima, popularnim člancima, kniigama i ilustracijama na drugim mestima — slika sa desetak zbijenih kuglica koje predstavljaju jezgro atoma i par kuglica koje lete po kružnim putanjama oko jezgra a predstavljaju elektrone Nikada i ničije »oko« neće videti takvu sliku atoma!

Upravo opisan način viđenja atoma, registrovanjem svetlosnih bljesaka, je jedini način da se atomi vide u pravom smislu te reči. Međutim, to naravno nije jedini način da se oni »vide«, ukoliko pod ovim podrazumevamo i neka druga sredstva osim našeg oka. Atomi mogu energiju izračivati elektromagnetnim bljescima manjih i većih talasnih dužina od onih koje pripadaju vidljivoj svetlosti. Atomi i molekuli zrače elektromagnetne talase u veoma širokoj oblasti talasnih dužina — od milionitog pa do oko stotog dela santimetra.

Do sada je bilo reči samo o posmatranju atomskih čestica, pri čemu nije bilo govora o tome kako atomi mogu da prime energiju koju kasnije emituju. Kada se želi istinsko ispitivanje atoma, potrebno je posmatrati ceo niz događaja od kretanja slobodnog atoma, prijema energije, kretanja tako pobuđenog atoma pa do njegovog povratka u osnovno stanje. Da bi se moglo odrediti što više karakteristika atomskih čestica, fizičari danas koriste veliki broj različitih »alata«. Ti »alati« za ispitivanje atomskih čestica su najčešće snopovi raznih naelektrisanih ili neutralnih čestica, ili elektromagnetna zračenja iz široke oblasti talasnih dužina. Eksperimenti proučavanja atomskih čestica svode se na dobro poznavanje stanja čestice-projektila (energija i pravac kretanja) i na analiziranje efekata sudara projektila sa česticama mete. U izučavanjima takvih sudara vrše se ili analize projektila nakon sudara, tj. raspodela njihove energije i pravaca kretanja, ili analiza promena na česticama mete. Pri sudarima mogu se javiti najrazličitije promene na česticama mete od samo male promene pravca kretanja, preko pobuđivanja o čemu je bilo ranije reči, pa do razbijanja te čestice. Proučavanje sudara različitih čestica sa atomima i molekulima predstavlja jedan od najznačajnijih načina za ispitivanje atomskih čestica.

Potsetimo se da je E. Raderford u eksperimentima koji su vršeni od 1906 do 1908 godine, bombardovanjem atoma zlata jezgrima helijuma (α — česticama) otkrio da atomi imaju pozitivno naelektrisano, sićušno ali veoma masivno jezgro, dok se laki, negativno naelektrisani elekroni nalaze na relativno velikim rastojanjima od tog jezgra. Tim, u svojoj biti sudarnim eksperimentima, moglo se zaključiti da je skoro sva masa atoma koncentrisana u jezgru čiji je prečnik oko 10 000 puta manji od prečnika atoma.

ISRITIVANJA ATOMA I MOLEKULA ELEKTRIČNIM UDAROM

U Institutu za fiziku u Beogradu postoji grupa istraživača koja se bavi eksperimentalnim ispitivanjima sudara elektrona sa atomima i molekulima i na taj način saznaje njihove karaktristike. Grupu je osnovao i njome rukovodi Dr Milan Kurepa, profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu. Objasnićemo ukratko šta je potrebno uraditi i kakve uređaje upotrebiti da bi se takva eksperimentalna istraživanja mogla obavljati.

Da bi se ispitivali sudari elektrona sa atomskim česticama potrebno je ostvariti takve uslove da se što više podataka zna o samim uslovima sudara. U tom cilju najpotpunije informacije o sudarima se mogu dobiti iz eksperimenata u kojima se elektron -projektil sudari sa atomom metom samo jednom. Da bi se takvi, binarni sudari mogli ispitivati potrebno je formirati snop — mlaz elektrona određene energije, koja se po želji može menjati. Kažemo da postoji snop elektrona kada se elektroni koji se koriste kao projektili kreću svi u manje više istom pravcu i kroz usku oblast prostora. Elektronski snop se usmerava na takođe uzan gasni snop koga sačinjavaju atomi ili molekuli vrste koja se ispituje. Ova dva snopa se najčešće ukrštaju pod pravim uglom i u njihovom preseku dolazi do sudara elektrona sa atomima ili molekulima. Da bi se mogli održati snopovi elektrona, odn. atoma ili molekula potrebno je da se omogući njihovo slobodno kretanje kroz prostor, a to znači da u toku svog kretanja ne treba da nailaze na druge čestice koje bi ih skrenule sa svog puta. Stoga je neophodno da se ovakvi eksperimenti vrše u praznom prostoru — vakuumu. U tom cilju prave se posebne vakuumske komore koje su povezane sa odgovarajućim vakuumskim pumpama.

U oblasti gde se ukrštaju elektronski i gasni snop dolazi do sudara elektrona sa atomima iz gasnog snopa. Zbog svoje male mase elektron znatno više promeni pravac kretanja od atoma — kažemo elektron se rasejao na atomu. Prilikom rasejanja elektron je atomu mogao da preda deo svoje energije i da ga pri tome pobudi ili, ako je imao dovoljno energije, i da iz njega izbaci elektron, da ga jonizuje. Ako se elektron sudara sa molekulom može doći pored navedenih još do nekih specifičnih pojava. Pod uticajem upadnog elektrona molekul može disocirati — podeliti se na dva dela, može se ubrzati ili usporiti njegovo obrtno kretanje, može doći do zahvatanja upadnog elektrona i formiranja negativnog jona. Da bi se celo ovo bogatstvo mogućnosti ispitivalo, potrebno je analizirati posledica sudara. U tom cilju se određuje energetska i ugaona raspodela elektrona nakon rasejanja, prati elektromagnetsko zračenje koje je posledica sudara, detektuju i analiziraju stvoreni joni i sl. U različitim eksperimentalnim uređajima postoje sistemi za ispitivanje pojedinih od mogućih pojava. Zajedničko za sve uređaje jeste da pored samog detektora čestica ili zračenja mora da postoje i odgovarajući elektronski uređaji, kako bi se izmereni podaci učinili dostupanim istraži-

(Nastavak na 17. strani)

KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

168. Čovek prelazi neko rastojanje u jednom smeru brzinom $v_1=1,5$ m/s, a u suprotnom smeru brzinom $v_2=1$ m/s. Odrediti njegovu srednju brzinu kretanja.

169. Dva tela se kreću jedno za drugim po pravoj liniji brzinama $v_1=2$ m/s i $v_2=1$ m/s. Početno rastojanje između njih je bilo $S=10$ m. Oba tela su počela da se kreću istovremeno i u istom smeru. Odrediti vreme posle koga će se tela sustići.

170. U bazenu dugom 40 m, širokom 20 m i visokom 2 m nalazi se 1200 m^3 vode. Kolika je visina vode u bazenu i kolikim pritiskom ona deluje na dno bazena?

B) Za učenike VII razreda

171. U posudu u kojoj se nalazi živa i voda stavljena je čelična kugla. Koliki deo zapremine kugle u odnosu na njenu celokupnu zapreminu će se nalaziti u vodi?

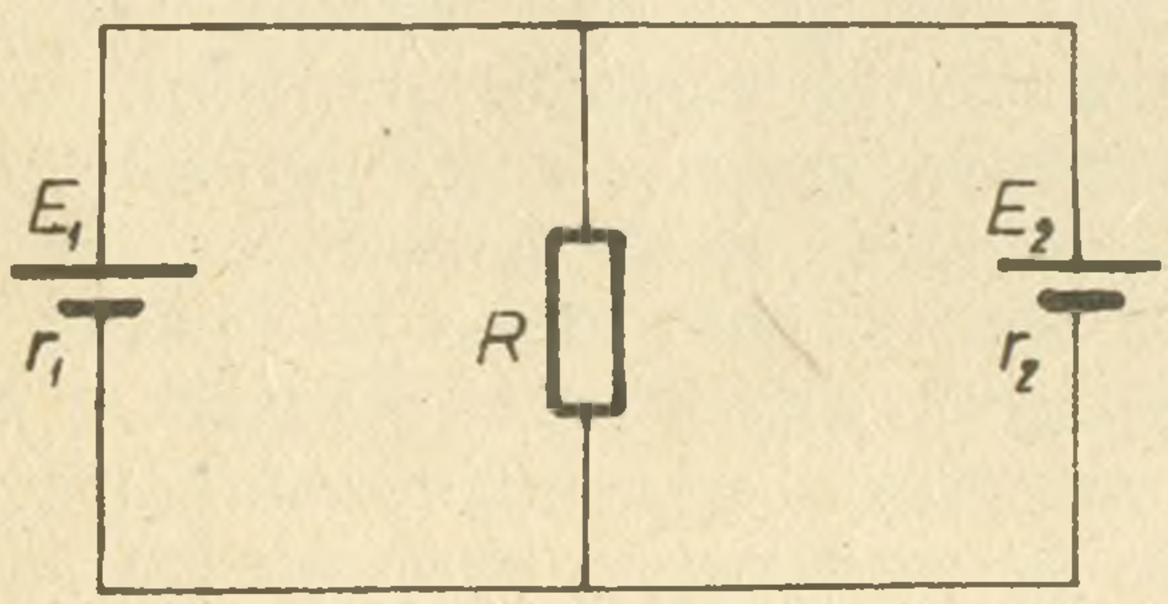
172. Dva tela jednakih zapremina a različitih gustina potopljena su u vodu. Telo čija je težina 10 N pada kroz vodu stalnim ubrzanjem jednakim polovini vrednosti ubrzanja Zemljine teže, dok se drugo telo nepoznate težine kreće vertikalno naviše konstantnim ubrzanjem, čija je vrednost takođe jednaka polovini vrednosti ubrzanja Zemljine teže. Odrediti težinu drugog tela.

173. Odrediti odnos veličina sila zatezanja u užetu o koje je okačeno neko telo, kada se telo podiže odnosno spušta ubrzanjem od 1,81 m/s^2.

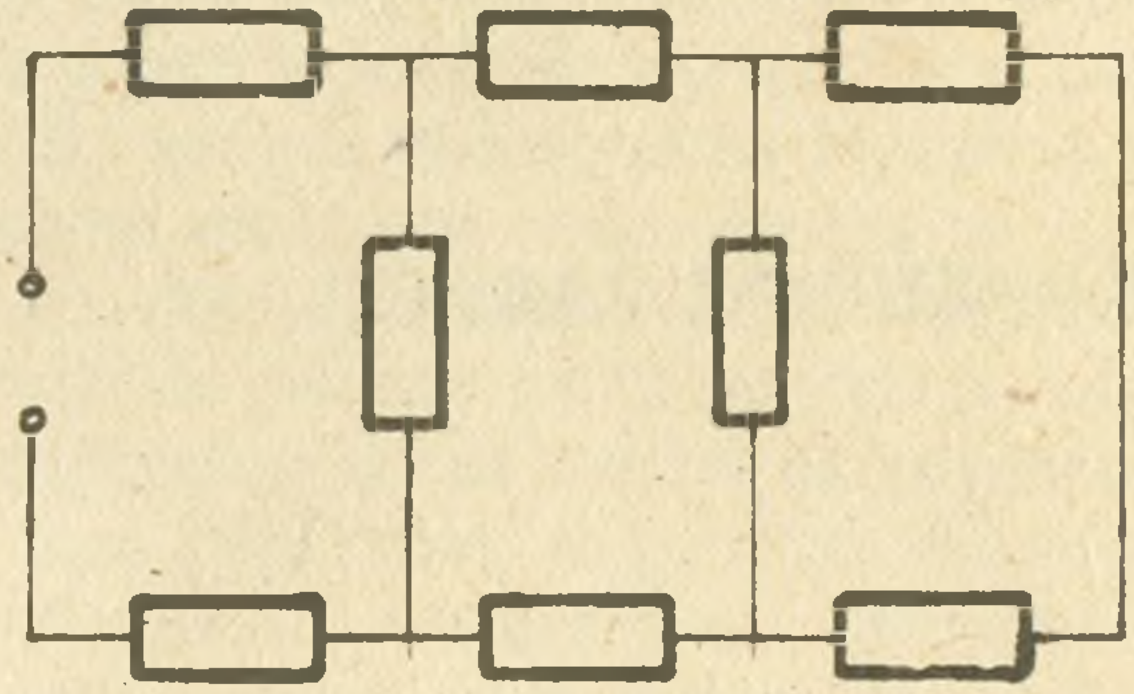
C) Za učenike VIII razreda

174. Dato strujno kolo prikazano je na Sl. 1. Jedan izvor ima elektromotornu silu $E_1 = 12$ V i unutrašnji otpor $r_1 = 2\ \Omega$, a drugi izvor ima elektromotornu silu $E_2 = 8$ V i unutrašnji otpor $r_2 = 1{,}5\ \Omega$. Spoljašnji otpor u kolu iznosi $R = 6\ \Omega$. Odrediti jačinu struje I koja protiče kroz ovaj otpornik. Pod kojim uslovima kroz granu kola sa otpornikom R neće teći struja?

175. Izračunati ekvivalentan otpor strujnog kola prikazanog na Sl. 2. Brojne vrednosti otpora otpornika međusobno su jednake i iznose $R = 1\ \Omega$.



Slika 1



Slika 2

176. Dve metalne kugle poluprečnika $R_1 = 0{,}1$ m i $R_2 = 0{,}15$ m nalaze se na međusobnom rastojanju koje je mnogo veće od njihovih dimenzija. Kugle su naelektrisane jednakim količinama naelektrisanje $q = +36$ nC. Kolike se količine naelektrisanja nalaze na kuglama posle njihovog spajanja tankim provodnikom?

177. Voltmetar unutrašnjeg otpora $r = 40\ \Omega$ ima merni opseg 100 V. Da bi se opseg merenja voltmetra povećao $n = 6$ puta veže se, redno sa njim otpor R. Koliki je ovaj otpor?

D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

178. Loptica, bačena sa balkona u vertikalnom pravcu, kroz $t = 3$ s je pala na Zemlju. Odrediti početnu brzinu loptice, ako je visina balkona 14,1 m. Otpor vazduha zanemariti.

179. Dva mala tela, jednakih masa, povezana su međusobno koncem koji je provučen kroz otvor na horizontalnom glatkom stolu. Jedno

telo rotira po stolu na rastojanju $r=0{,}2$ m od središta otvora, a drugo slobodno visi. Koliko obrta u minutu treba da vrši gornje telo da bi donje zadržalo istu visinu? Masu i trenje konca u otvoru zanemariti.

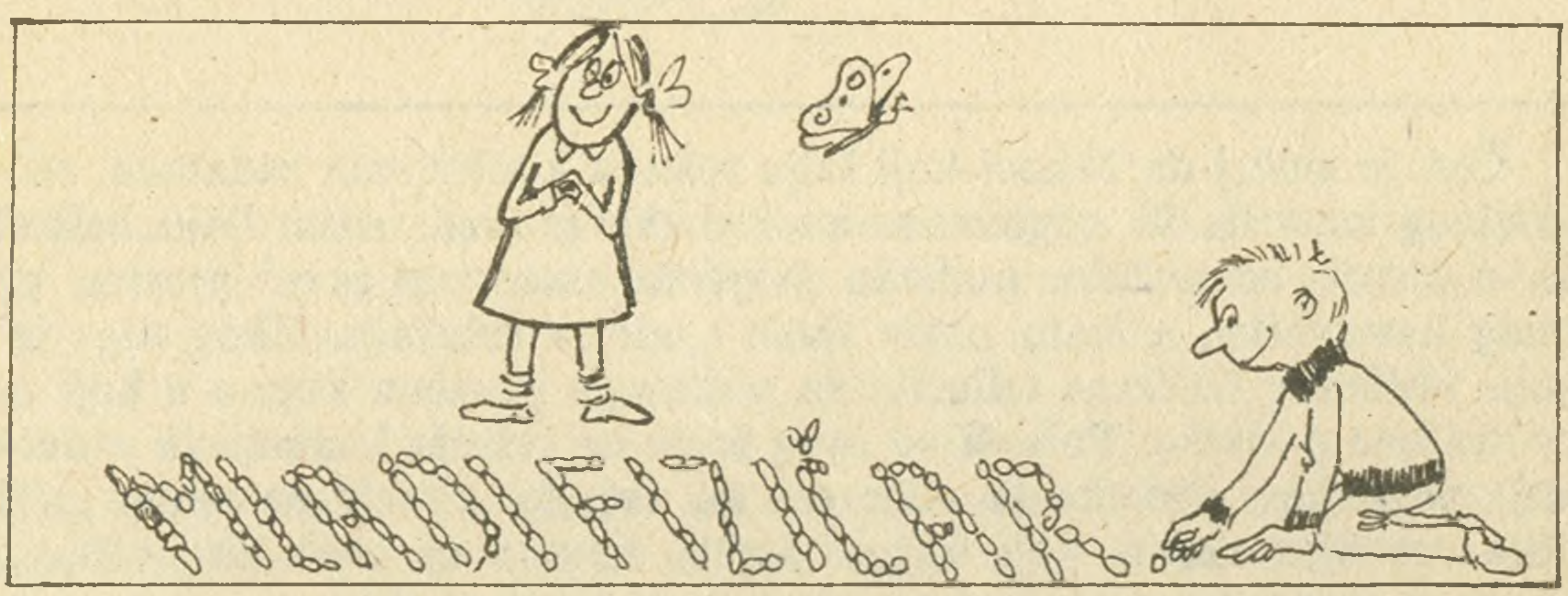
180. Stenu oblika kocke potrebno je pomeriti po horizontalnoj ravni vučenjem (guranjem) ili preturanjem oko jedne ivice. Odrediti odnos radova koji se ulože pri ovim pomeranjima, ako je koeficijent trenja između stene i ravni $\mu=0{,}4$.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

181. Amplituda harmonijskih oscilacija materijalne tačke iznosi $2\cdot10^{-2}$ m, a ukupna energija oscilovanja iznosi $3\cdot10^{-7}$ J. Na kom rastojanju od ravnotežnog položaja će na materijalnu tačku delovati sila veličine $2{,}25\cdot10^{-5}$ N?

182. Slepi miš leti normalno prema zidu brzinom 6,0 m/s, ispuštajući ultrazvučne talase frekvence $4{,}5\cdot10^{4}$ Hz. Odrediti frekvence zvučnih talasa koje čuje slepi miš. Za brzinu zvuka uzeti vrednost od 340 m/s.

183. Za koji interval talasnih dužina je proračunat radioprijemnik, ako je induktivnost njegovog prijemnog kola 1,5 mH a kapacitet kondenzatora se može menjati od 75 pF do 650 pF? Aktivan otpor prijemnog kola možemo zanemariti.



UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

Svako rešenje (s rednim brojem 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 nastvnika fizike. Ove podatke uneti u kupon.

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

Rešenja zadataka iz ovog broja pošaljite običnom poštom na sledeću adresu:

Mladi fizičar
(Konkursni zadaci iz fizike)
p.p. 791
1101 Beograd

NAGRADNI ZADATAK BROJ 15

Astronaut se nalazi na rastojanju od nekoliko metara od broda, u slobodnom prostoru, i želi da se vrati u letilicu. Na Zemlji ne bi imao nikakvih problema da ostvari svoju želju. U slobodnom prostoru, van domašaja sile teže, to neće ići jednostavno. Šta astronaut mora preduzeti da bi započeo kretanje ka brodu?

Odabrao: **D. Koledin**

Napomena Rešenje pošaljite na adresu Društvo matematičara ,fizičara i astronoma SR Srbije (nagradni zadatak iz fizike). p.p. 791, 1101 Beograd. Na samom radu i kuponu ispišite svoje ime i prezime, razred, naziv škole, svoju asdreu i ime i prezime svog nastavnika fizike. Za tačno rešenje ovog zadatka biće nagrađeno 10 učenika. Po potrebi odlučiće žreb.

Ako bi uzeli da je atom lopta prečnika 10 m onda bi jezgro bila lopta prečnika 1 mm i nalazila bi se u centru velike lopte.

Čest je slučaj da čitaoci koji šalju rešenja konkursnih zadataka, rešenje nagradnog zadatka ili odgovaore na zadatke pitanja izostavljaju neke tražene, a često i neophodne podatke. Najčešće nedostaje ime i prezime predmetnog nastavnika, a često naziv škole i adresa rešavača. Zbog toga je redakcija »Mladog fizičara« odlučila da odštampa poseban kupon u koji treba uneti tražene podatke. **Počevši od ovog broja uz rešenja konkursnih zadataka, rešenje nagradnog zadatka ili odgovore na zadatke pitanja obavezno prižloiti i čitko popunjen kupon,** koji treba izrezati. Kupon će uvek biti odštampan tako da se njegovim isecanjem ne oštećuje ni tekst ni slika.

KUPON

UČENIK —

ŠKOLA I RAZRED —

NASTAVNIK —

ADRESA UČENIKA —

ZADACI I PITANJA

A. Sednite na stolicu onako kako je to prikazano na slici. Ako se rukama ne uhvatite za stolicu, ako noge ne podvučete pod stolicu ili ako se telom ne nagnete napred, tj. ako pri pokušaju da ustanete ne menjate položaj stopala i vertikalni položaj tela, nećete moći ustati! Objasnite zašto.

B. Odgovorite šta je teže: kofa do vrha puna vodom, ili ista takva kofa, opet do vrha puna vodom, ali u kojoj se nalazi oveći komad drveta, koji pliva po površini vode?

*

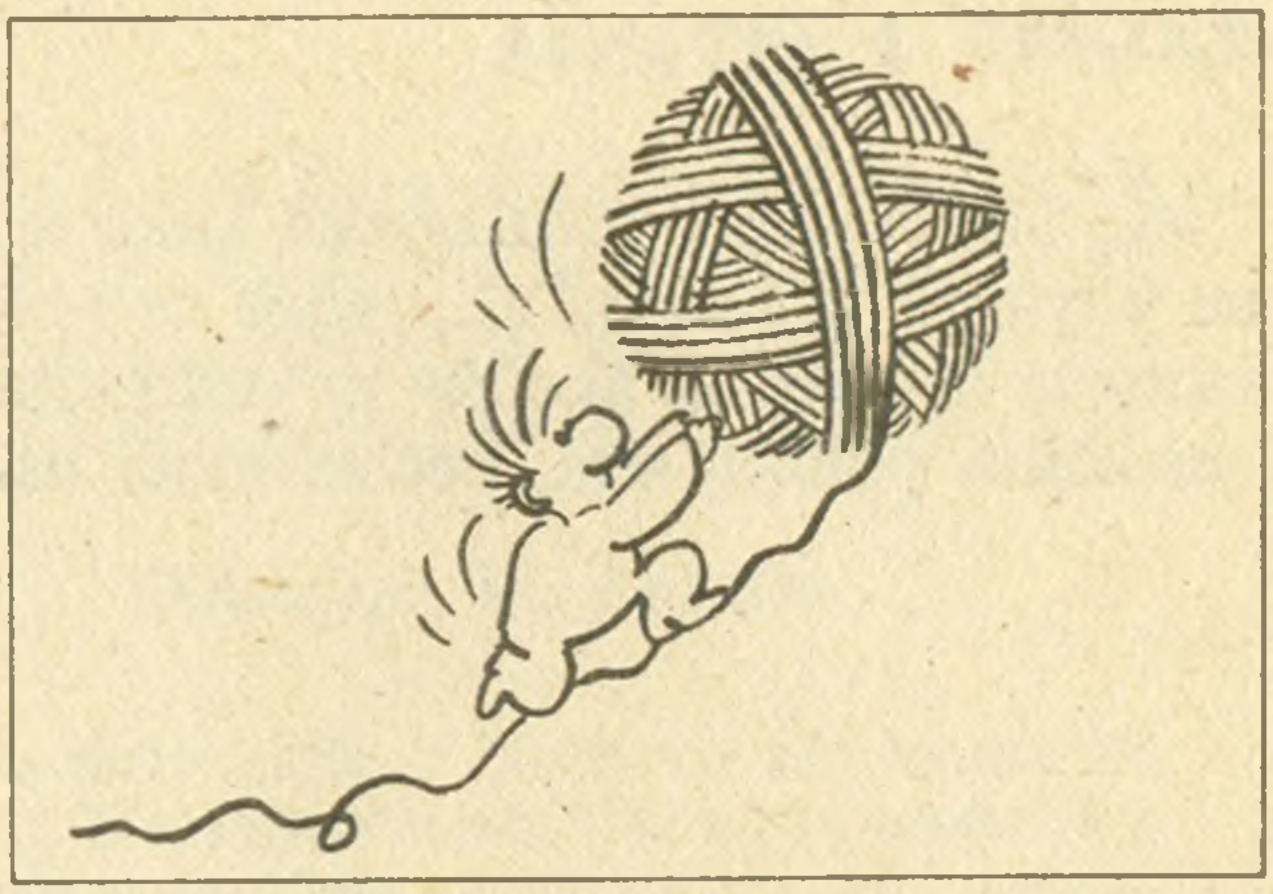
C. Ako u dva maha, u razmaku od osam meseci, izvršite merenje visine gvozdene Ajfelove kule u Parizu, najverovatnije ćete dobiti različite rezultate. Zašto?

*

D. Neka se Sunce pri izlasku pojavljuje na Istoku u 6 sati. Znamo da Sunčevi zraci od Sunca do Zemlje »putuju« 8 minuta. Kada bi oni rastojanje od Sunca do Zemlje prelazili trenutno, Sunce bi se pojavilo na Istoku 8 minuta ranije. Da li je to tačno?

Odabrao **Lj. Ristovski**

POKUŠAJTE



Zadaci koje je odabrao za vas naš saradnik **Iričanin Bratislav** učenik VIII razreda OŠ »J. B. Tito«, Beograd. Rešenja, koja ne trebate da nam šaljete, biće objavljena u sledećem broju.

---

1. Dva tela krenu istovremeno iz određene tačke. Njihovi putevi su pravolinijski i grade ugao od 90° (prav ugao). Prvo se kreće konstantom brzinom od 28,8 km/h, a drugo bez početne brzine ubrzanjem $a=4\ m/s^2$

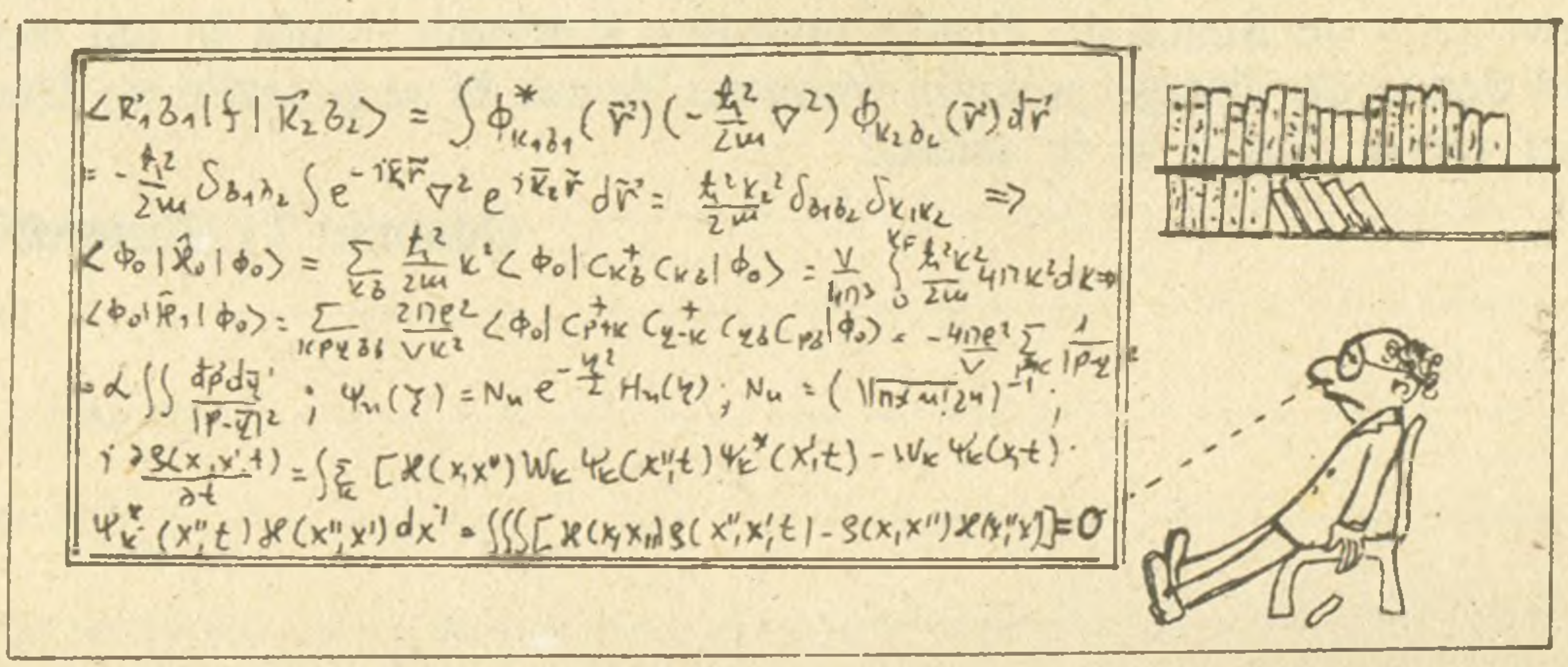
a) Odrediti njihovu udaljenost posle t sekundi.

b) Odrediti njihovu udaljenost ako je $t=3$ s.

2. Teretni kamion sa prikolicom kreće se jednoliko po ravnom i pravom putu. U jednom trenutku veza između kamiona i prikolice popusti i prikolica se otkači. Kamion se i dalje kreće jednoliko, a prikolica jednoliko usporeno. Za odredieno vreme t kamion pređe put s_2, a prikolica s_1. Odrediti odnos s_1/s_2.

3. Automobil se kreće jednoliko po pravom ravnom putu. Njegova brzina je $v=108$ km/h. Vozač primeti da je najveća dozvoljena brzina 100 km/h, pa zato isključi motor. Posle koliko metara će se automobil zaustaviti?

(uzeti da je $g=10\ m/s^2$)



4. Po mostu dugačkom 100 m kreće se jednoliko voz dižine =150 m. Odrediti odnos vremena najvećeg opterećenja mosta (t_1) prema celokupnom vremenu opterećenja mosta (t_2), to jest t_1/t_2.

5. Pored semafora prode automobil brzinom 36 km/h i nastavi da se kreće istom brzinom. Nešto kasnije naiđe drugi automobil i usled signala na semaforu stane. Posle 2 min od prolaska prvog semafor oslobada prelaz, a 3/8 min. kasnije vozač drugog automobila nastavlja kretanje stalnim ubrzanjem. Takvo kretanje traje 10 s i za to vreme drugi automobil dobije brzinu 54 km/h, a zatim se dalje kreće ovom brzinom. Posle koliko vremena od polaska drugog automobila će drugi automobil sustići prvi? Na kojoj je udaljenosti to mesto od semafora?

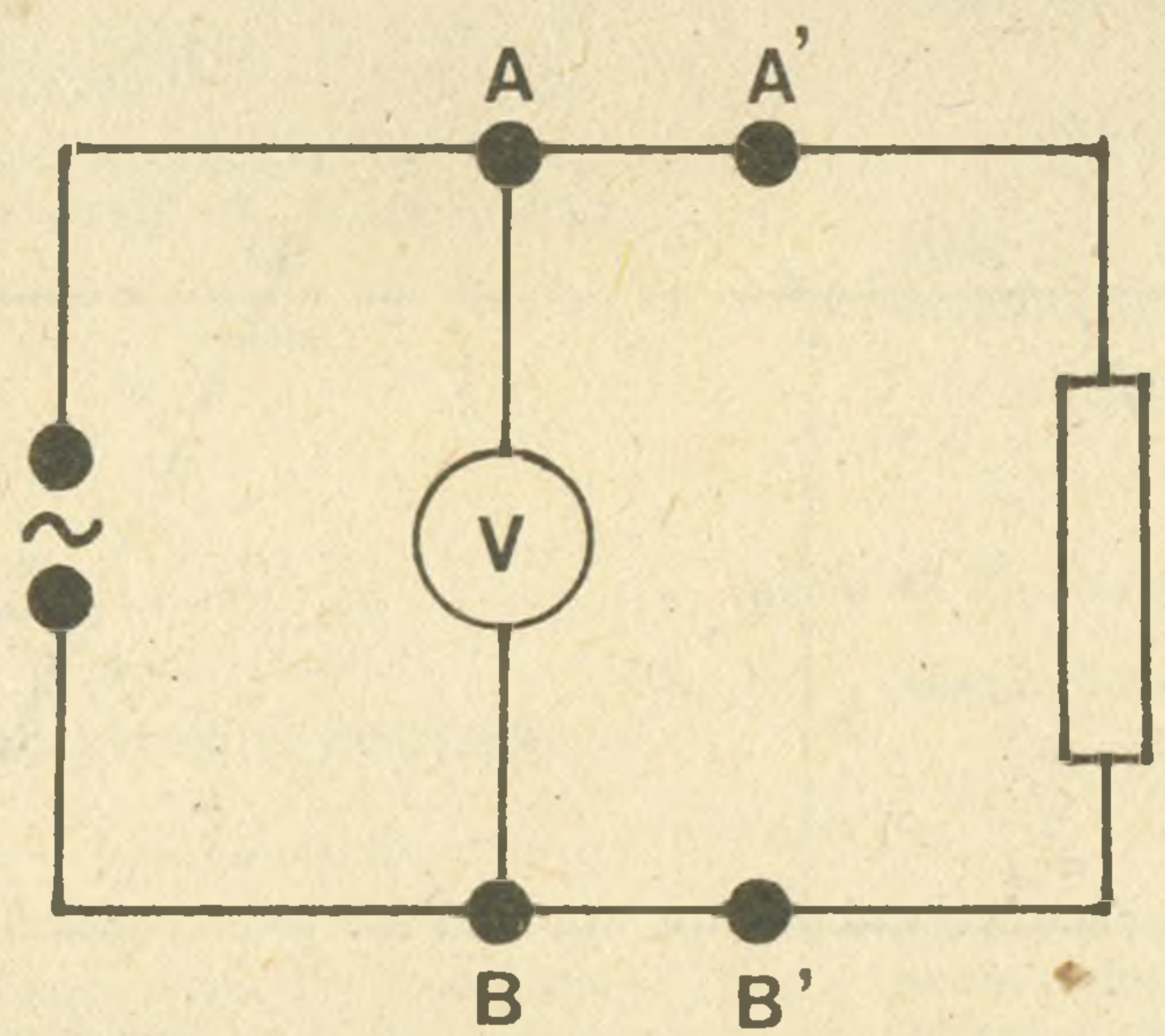
6. Trolejbus može da ima najveću brzinu 54 km/h, a najveće ubrzanje (ili usporenje) 1,5 m/s„.

a) Naći najkraće vreme za koje trolejbus prevali put između dve stanice d=450 m.

b) Nacrtati dijagıam kretanja trolejbusa.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 14

Ako voltmetar prvo vežete za tačke A i B (vidi sliku), a potom za tačke A' i B', malo udesno u odnosu na prvi položaj, moći ćete da očitate razlike potencijala V i V', respektivno. Ako je V>V', izvor struje je levo u odnosu na tačke A i B: vrednost očitana na voltmetru se smanjuje pri pomernju od A i B ka A' i B', s obzirom na pad napona duž AA', odnosno BB'. Slično, ako je V<V·, izvor struje je desno u odnosu na tačke A i B.



REŠENJE ZADATAKA

152. Rastojanje s koje će preći raketa za vreme $t=1$ min $=60$ s, krećući se stalnom brzinom $v=8$ km/s $=8000$ m/s (prva kosmička brzina), iznosi $s=vt=8000$ m/s $\cdot$ 60 s $=480000$ m $=$ $=480$ km.

153. Kod neravnomernog kretanja put s iznosi $s=v_{sr}t$, gde je v_{sr} -srednja brzina kretanja na datom putu, a t- vreme za koje je dati put pređen. Da bi odredili vreme t za koje automobil pređe zadani put $s=90$ km $=90\,000$ m, moramo prethodno odrediti njegovu srednju brzinu v_{sr}. Tokom prve polovine vremena aumobil se kretao brzinom $v_1=108$ km/h $=30$ m/s i prešao put $s_1=$ $=v_1\,t/2$, a u drugoj polovini vremena, krećući se stalnom brzinom $v_2=72$ km/h $=20$ m/s, prešao put $s_2=v_2\,t/2$. Kako je put s jednak zbiru puteva s_1 i s_2:

$$s=s_1+s_2=v_1t/_2+v_2t/_2=(v_1+v_2)\,t/2$$

sledi da je u ovom slučaju srednja brzina jednaka poluzbiru brzina v_1 i v_2:

$$v_{sr}=\frac{v_1+v_2}{2}=\frac{30\text{ m/s}+20\text{ m/s}}{2}=25\text{ m/s}$$

Vreme za koje automobil pređe ceo put iznosi

$$t=\frac{s}{v_{sr}}=\frac{90000\text{ m}}{25\text{ m/s}}=3600\text{ s}=1\text{ h}$$

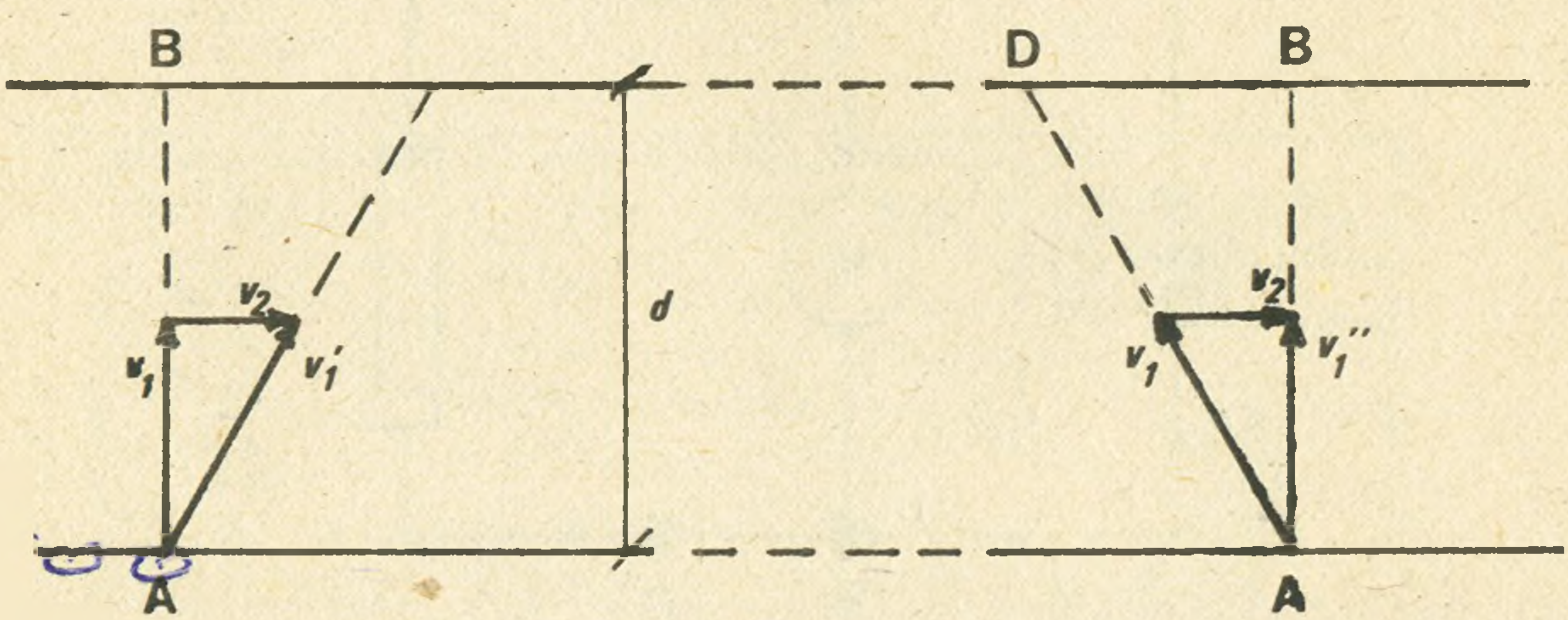
154. Brzina je vektorska veličina, tako da se u slučajevima složenog kretanja mora voditi računa ne samo o veličini već i o njihovom smeru. Tako, na primer, ukoliko su brzine istog pravca i istog smera one se sabiraju, a ako su istog pravca a suprotnog smera brzine se oduzimaju. Označimo sa v-brzinu kojoj bi se čamac kretao u stajaćoj vodi, a sa v_r — brzinu kretanja vode u reci u ododnosu na Zemlju. Pri kretanju čamca niz reku smerovi brzina su isti, tako da je u odnosu na zemlju brzina kretanja čamca v_1 jednaka zbiru brzine kojom bi se čamac kretao u stajaćoj vodi v_1 i brzini reke u odnosu na Zemlju v_r:$v_1=$ $=v+v_r$. Pri kretanju čamca uz reku, brzina kretanja čamca v_2 u odnosu na Zemlju jednaka je razlici brzina v i v_r: $v_2=v—v_r$. Odavde se lako dobija da je brzina kojom bi se čamac kretao u stajaćoj vodi jednaka poluzbiru brzina v_1 i v_2:

$$v=(v_1+v_2)/2=\frac{10\text{ m/s}+6\text{ m/s}}{2}=8\text{ m/s.}$$

Ako ovaj rezultat uzvrstimo u jedan od prethodnih izraza (npr. prvi) dobijamo: $v_r=v_1—v=10$ m/s — —8 m/s $=2$ m/s.

155. Vreme t za koje motociklista pređe ceo put u ovom slučaju jednak je zbiru vremena za koje pređe pojedine deonice puta:

$$t=t_1+t_2+t_3+t_4$$
$$=s_1/v_1+s_2/v_2+s_3/v_3+s_4/v_4$$



a)

б)

Kako su deonice puta međusobno jednake ($s_1=s_2=s_3=s_4=s/4$) sledi:

$$t=\frac{s}{4}\left(\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}+\frac{1}{v_3}+\frac{1}{v_4}\right)$$

Odavde se dobija da je srednja brzina kretanja motocikliste

$$\bar{v}=\frac{s}{t}=\frac{4\,v_1 v_2 v_3 v_4}{v_2 v_3 v_4+v_1 v_3 v_4+v_1 v_2 v_4}=$$

$$=9{,}6\,\frac{m}{s}$$

156. U prvom slučaju (sl. 1a) vreme potrebno da čamac pređe iz tačke A u tačku B iznosi:

$$t_1=\frac{d}{v_1}+\frac{\overline{BC}}{v_1+v_2}$$

Kako je $\frac{\overline{BC}}{d}$ sledi $\overline{BC}=d\,\frac{v_2}{v_1}$,

pa je

$$t_1=\frac{d}{v_1}+d\,\frac{v_2}{v_1\,(v_1-v_2)}=\frac{d}{v_1-v_2}=$$

$$=\frac{160\text{ m}}{2\,\frac{m}{s}-1{,}8\,\frac{m}{s}}=200\text{ s}$$

U drugom slučaju (sl. 1b), vreme potrebno da čamas pređe iz tačke A u tačku B isznosi

$$t_2=\frac{d}{v_1''}=\frac{d}{\sqrt{v_1^2-v_2^2}}=100\text{ s}$$

Znači, u drugom slučaju čamac prelazi reku (iz tačke A u tačku B) za dva puta kraće vreme. Odredimo sada veličinu rastojanja $\overline{BD}$. Prethodno smo dobili da je rastojanje

$$\overline{BC}=d\,\frac{v_2}{v_1}=96\text{ m}$$

Sa sl. 3b sledi

$$\frac{\overline{BD}}{d}=\frac{v_2}{v_1''}=\frac{v_2}{\sqrt{v_1^2-v_2^2}}$$

odakle dobijamo da je rastojanje

$$\overline{BD}=d\,\frac{v_2}{\sqrt{v_1^2-v_2^2}}=120\text{ m}$$

157. Dečaci prelaze različita rastojanja srazmerna brzinama: v_1t i v_2t. Ukupan pređeni put, koji doprinosi smanjenju njihovog međusobnog rastojanja, je v_1t+v_2t. Tako je vreme za koje se rastojanje među dečačacima skrati sa s_1 na s_2 jednako:

$$t=\frac{s_1-s_2}{v_1+v_2}.$$

Za to vreme lopta se kretala kroz vazduh brzinom v_3 i prešla put:

$$s=v_3\,t=v_3\,\frac{s_1-s_2}{v_1+v_2}=20\text{ m/s}\,\frac{20\text{ m}-10\text{ m}}{2\text{ m/s}+3\text{ m/s}}=$$

$$=40\text{ m}.$$

158. Put koji pređe zvuk do predmeta i nazad je $s_1=ct=340\text{ m/s}\cdot 70\text{ s}=$ $=23800$ m. Za to vreme telo prelazi put (slobodno padajući): $s_2=gt^2/2=$ $=9{,}81\text{ m/s}^2\cdot 70^2\text{s}^2/2=24031{,}5$ m. Odavde vidimo da je telo koje je padalo prešlo nešto duži put od puta zvuka.

159. Tražena brzina spuštanja nivoa tečnog dielektrika je $v=l/t$ gde je l--dužina ploče, t-vreme isticanje dielektrika. Vreme isticanja se određuje iz relacije: $t=\Delta Q/I$, gde je I — jačina struje u kolu, a ΔQ — promena količine naelektrisanja na kondenzatoru za vreme t, tj. razlika količine naelektrisanja pre i posle isticanja dielektrika. Dakle, $\Delta Q=$ $=Q_1-Q_2$, gde je $Q_1=EC_1$ i $Q_2=$ $=EC_2$. Kapacitet kondenzatora napunjenog dielektrikom je $C_1=\varepsilon\varepsilon_0\cdot\frac{S}{d}$ a praznog $C_2=\varepsilon\,S/d$. Tako je promena količine naelektrisanja

$$\Delta Q=\frac{\varepsilon_0\,(\varepsilon-1)\,ES}{d}$$

Uzimajući da je $S=l^2$, dobijamo za brzinu spuštanja tečnog dielektrika:

$$V=\frac{I\,d}{\varepsilon_0\,(\varepsilon-1)\,E\,l}=2{,}26\cdot 10^{-2}\text{ m/s}$$

160. a) Za napon među pločama kondenzatora imamo

$$u=\frac{q}{C}=\frac{0{,}3\cdot 10^{-6}\text{ C}}{6\cdot 10^{-12}\text{ F}}=0{,}5\cdot 10^5\text{ V}.$$

b) Da bi se našao napon U_2 mora se izračunati kapacitet C_2 kondenzatora kada se njegove ploče razmaknu na udaljenje $d_2=2d_1$, gde je d_1 prvobitni razmak između ploča kondenzatora. Za rastojanja d_1 i d_2 između ploča, kapaciteti kondenzatora iznose:

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{S}{d_1}, \; C_2 = \varepsilon_0 \frac{S}{d_2} = \varepsilon_0 \frac{S}{2d_1},$$

tako da je $C_1/C_2 = 2$ odnosno

$$C_2 = C_1/2 = 3\,\mathrm{pF}$$

Tako dobijamo za traženi napon

$$U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{0{,}3 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{C}}{3 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{F}} = 1 \cdot 10^{+6}\,\mathrm{V}$$

161. Naelektrisanje prvog kondenzatora je $q_1 = C_1U_1 = 20 \cdot 10^{-6}\mathrm{F} \cdot 1200\,\mathrm{V} = 0{,}024\,\mathrm{C}$. Pošto su kondenzatori vezani paralelno to je njihov ekvivalentni kapacitet $C = C_1 + C_2 = 20\,\mu\mathrm{F} + 5\,\mu\mathrm{F} = 25\,\mu\mathrm{F}$. Prema zakonu o održanju količine naelektrisanja, početno naelektrisanje q_1 jednako je naelektrisanju oba kondenzatora posle njihovog spajanja. Tada je $C_1U_1 = C\,U_2$, pa odavde sledi:

$$U_2 = U_1 C_1/C = q_1/C =$$

$$= 0{,}024\,\mathrm{C}/25 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{F} = 960\,\mathrm{V}.$$

162. Kamen pušten da slobodno pada iz tačke A iznad bunara pređe put $H + h$ za vreme t, dok kamen pušten iz tačke B pređe put H za kraće vreme $t - \tau$. Pri slobodnom padu pređeni put je dat izrazom $s = gt^2/2$, tako da je našem slučaju pređeni put kamena puštenog iz tačke A jednak

$$H + h = gt^2 \qquad \ldots (1)$$

a pređeni put kamena puštenog iz tačke B jednak

$$H = g(t-\tau)^2/2 \qquad \ldots (2)$$

Smenom H iz (2) u (1) dobijamo

$$g(t-\tau)^2/2 + h = gt^2/2$$

pa se posle sređivanja izraza dobija da je vreme padanja kamena iz tačke A do dna bunara

$$t = \frac{\tau}{2} + \frac{h}{g\tau} = 2{,}25\,\mathrm{s}$$

Smenom ove vrednosti za t u izraz (2) dobijamo da je dubina bunara jednaka

$$H = \frac{1}{2} g (t-\tau)^2 \simeq 15\,\mathrm{m}$$

163. Srednja brzina kretanja voza za vreme prolaza prvog vagona pored posmatrača iznosi $v_{s1} = (v_0 + v_1)/2$ gde su v_0 i v_1 brzine voza u trenutku nailaska i u trenutku prolaza prvog vagona pored posmatrača. Slično, srednja brzina kretanja voza za vreme prolaza drugog vagona pored posmatrača iznosi $v_{s2} = (v_1 + v_2)/2$ gde je v_2 brzina voza u trenutku prolaza drugog vagona pored posmatrača. Na osnovu definicije srednje brzine sledi:

$v_{s1} = l/t_1$ i $v_{s2} = l/t_2$, tako da je

$$\frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{l}{t_1} \qquad \ldots (1)$$

$$\frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{l}{t_2} \qquad \ldots (2)$$

Ako oduzmemmo jednačinu (2) od jednačine (1) dobijamo

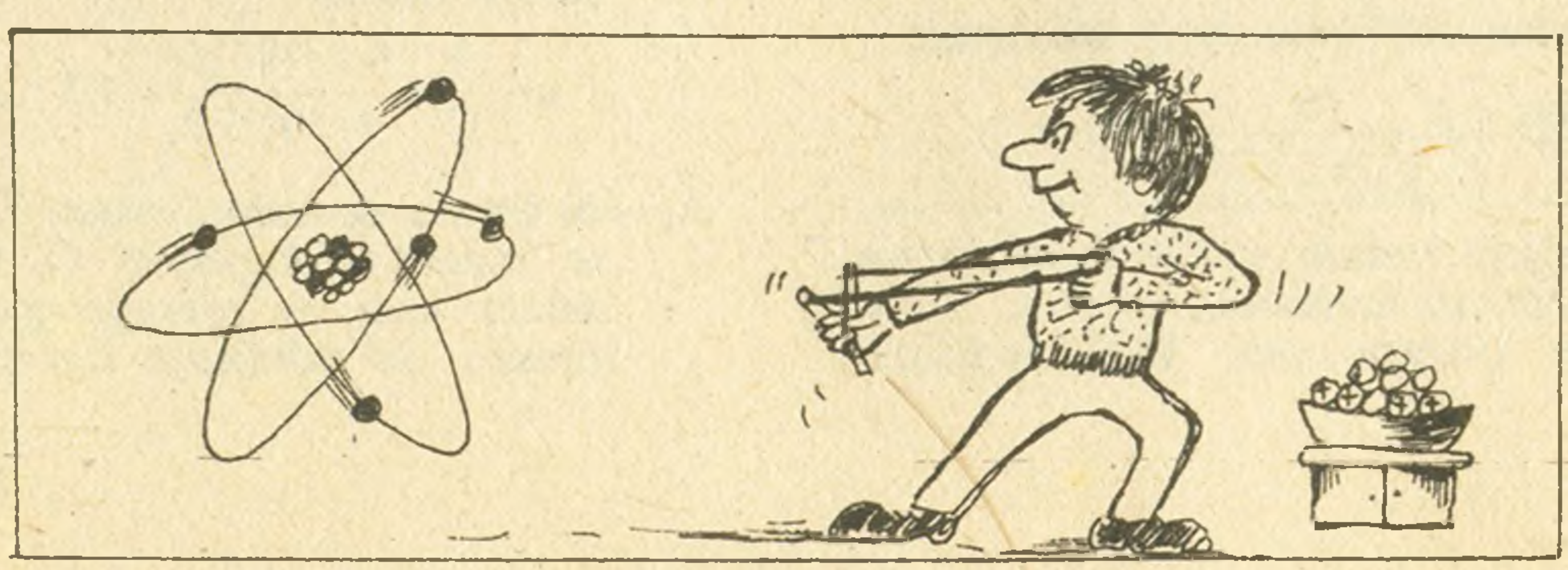
$$\frac{v_2 - v_0}{2} = l\left(\frac{l}{t_2} - \frac{l}{t_1}\right)$$

Odavde sledi da promena brzine voza u posmatranom vremenskom intervalu $t_1 + t_2$ iznosi

$$\Delta v = v_2 - v_1 = -2l\frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2}$$

tako da na kraju sledi da je ubrzanje voza jednako

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_1 - t_2} = -2l\frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)} =$$



$$= -4\frac{m}{s^2}$$

što znači da se voz u stvari usporava.

164. Ukupno ubrzanje pri krivolinijskom kretanju jednako je vektorskom zbiru tangencijalnog a_t i normalnog a_n ubrzanja: $\vec{a}=\vec{a}_t+\vec{a}_n$, a njegova brojna vrednost iznosi

$$a=|\vec{a}|=\sqrt{a_n^2+a_t^2}$$

S druge strane, poznata je zavisnost veličine normalnog ubrzanja od ugaone brzine ω i veličine tangencijalnog ubrzanja od ugaonog ubrzanja α: $a_n=\omega^2 r$; $a_t=\alpha r$, gde je r poluprečnik krivine.
Brojna vrednost ukupnog ubrzanja izražena preko veličina r, ω i α iznosi

$$a=r\sqrt{\omega^4+\alpha^2}$$

Na osnovu osnovnog izraza za jednako ubrzano rotaciono kretanja $\theta=\omega_0 t+\alpha t^2/2$, gde je ω_0 početna ugaona brzina, sledi da je ugaono ubrzanje jednako

$$\alpha=2\frac{\theta-\omega_0 t}{t^2}=2\pi\ \mathrm{rad/s^2}$$

Ugaona brzina u trenutku t=ls iznosi $\omega=\omega_0+\alpha t=3\pi$ rad/s tako, konačno dobijamo da je brojna vrednost ukupnog ubrzanja jednaka

$$a=r\sqrt{\omega^4+\alpha^2}\cong 4{,}4\frac{m}{s^2}$$

165. Talasna dužina posmatrane svetlosti iznosi $\lambda=x/N=0{,}01$ mm$/20=5\cdot10^{-}$ m, a njena frekvencija $\nu=c/\lambda=2{,}8\cdot 10$ m/s$/5\cdot10^{-7}$ m$=5{,}6\cdot10^{14}\,s^{-1}$.

166. Pri pomeranju kotura sa tegom na rastojanje x ukupna deformacija opruga je 2x, tj. $x_1+x_2=2x$, gde su x_1, x_2 — deformacije opruga sa konstantama k_1 i k_2 respektirvno. Elastične sile koje se javljaju u oprugama jednake su po apsolutnoj vrednosti sili zatezanja niti T: $F_1=k_1x_1=T$, $F_2=k_2x_2=T$. Odavde sledi da je $x_1=T/k_1$ i $x_2=T/k_2$, odnosno

$$2x=\frac{T}{k_1}+\frac{T}{k_2}$$

Odavde sledi:

$$T=2\frac{k_1 k_2}{k_1+k_2}x.$$

Sila koja deluje na teg F jednaka je po intenzitetu dvostrukoj sili zatezanja, tj.

$$F=\frac{4k_1k_2x}{k_1+k_2}$$

Iz gornje relacije sledi da opruge sa konstantama k_1 i k_2 mogu da se zamene jednom ekvivaelntnom oprugom čija je konstanta $k'=4k_1k_2/(k_1+k_2)$. Tada je $F=kx$ i period oscilovanja ima vrednost:

$$T_0=2\pi\sqrt{m/k'}=$$
$$=\pi\sqrt{m(k_1+k_2)/k_1k_2}=8{,}125\ 10^{-2}\ s.$$

167. Nit, o koju je okačen teg, osciluje zajedno sa oprugom. Ona će ostati sve vreme zategnuta ukoliko je oscilovanje tega i opruge harmonijsko. Ukoliko je to ispunjeno, tada se pomeranje tega od ravnotežnog položaja menja sa vremenom po zakonu $x=A\cos\omega t$, a njegovo ubrzanje $a=A\omega^2\cos\omega t$, gde je A-amplituda oscilovanja, ω-učestanost i t-vreme. Intenzitet ubrzanja ima maksimalnu vrednost u krajnjim tačkama i ona zavisi od amplitude ($a_{max}=A\omega^2$). S druge strane, da bi nit ostala zategnuta, a time i oscilovanje bilo harmonijsko, maksimalna vrednost ubrzanja tega ne može biti veća od ubrzanja zemljine teže g, odnosno mora biti:

$$a_{max}=A\omega^2\leqslant g.$$

Odavde vidimo da amplituda oscilovanja tega (rastojanje na koje se povlači teg nadole pre početka oscilovanja) mora da ispunjava uslov $A\leqslant g/\omega^2$. Kako je učestanost harmonijskog oscilovanja tega jednaka frekvenci osiclovanja opruge, odnosno kako je $w=\sqrt{k/m}$, onda je maksimalna vrednost anmplitude oscilovanja jednaka:

$$A_{max}=\frac{g\cdot m}{k}=\frac{9{,}81\ m/s^2\cdot 1\ kg}{300\ N/m}=$$
$$=3{,}27\cdot10^{-2}\ m.$$

Od ovog broja »Mladi fizičar« će objavljivati sadržaje prethodna četiri broja časopisa. Na ovaj način Uređivački odbor želi da izađe u susret onim čitaocima koji su propustili pretplatu i eventualno su zainteresovani za neki od ranije objavljenih tekstova. Porudžbine prethodnih brojeva slati na adresu:

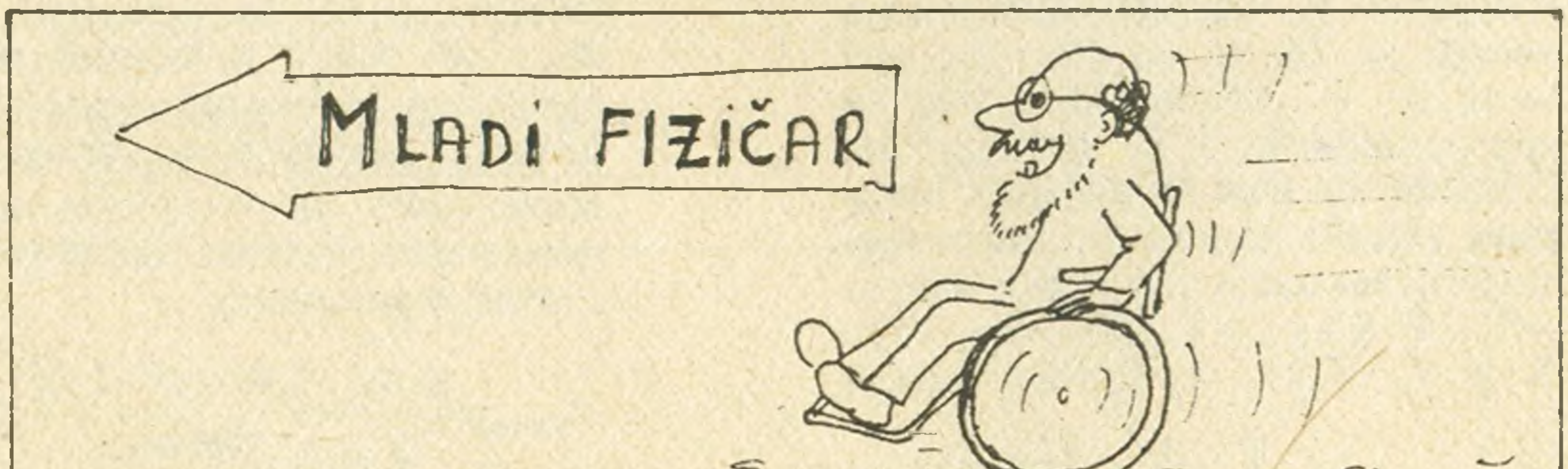
Društvo Matematičaraa, fizičara i astronoma SR Srbije
za časopis **Mladi fizičar**
Knez Mihailova 35/IV, p.p. 791., 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 01-638-263.

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 14

Pored zadataka, zadataka-pitanja i testova, u ovom broju objavljen je i Izvešaj sa II republičkog takmičenja iz fizike, zajedno sa odgovarajućim rešenim zadacima.

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA«, BROJ 15

Kao i u ostalim brojevima, objavljen je veći broj zadataka, zadataka — pitanja i testova, uz rešenja zadataka iz prošlog broja.



SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 16

Pored pobrojanih tekstova, objavljeno je više zadataka, zadataka—pitanja i testova, kao i rešenja zadataka iz prošlog broja.

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 17

U ovom broju su, pored zadataka za učenike osnovne škole, objavljeni i zadaci za učenike zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja.

DRUŠTVO MATEMATIČARA, FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE
REPUBLIČKI ZAVOD ZA UNAPREĐIVANJE VASPITANJA I OBRAZOVANJA

Preliminarno obaveštenje o održavanju Seminara o nastavi fizike 1981.

Obaveštavamo profesore i nastavnike fizike da će se održati Seminar o nastavi fizike u okviru „Januaıskih dana prosvetnih radnika 1981.“

Seminar će se održati 29, 30 i 31. januara, nəjverovatnije na Prirodno-matemdtičkom fakultetu u Bεogradu, Studentski trg 14.

Seminar će raditi u dve sekcije:

a) sekcija za nastavu fizike u srednjoj školi, i

b) sekcija za nastavu fizike u osnovnoj školi.

Naknadna obaveštenja o Seminaru, biće dostavljena preko Prosvetno-pedagoškog zavoda regiona.

U Beogradu
15. XI 1980.

Za Upravni odbor Društva
Draško Grujić, s.r.

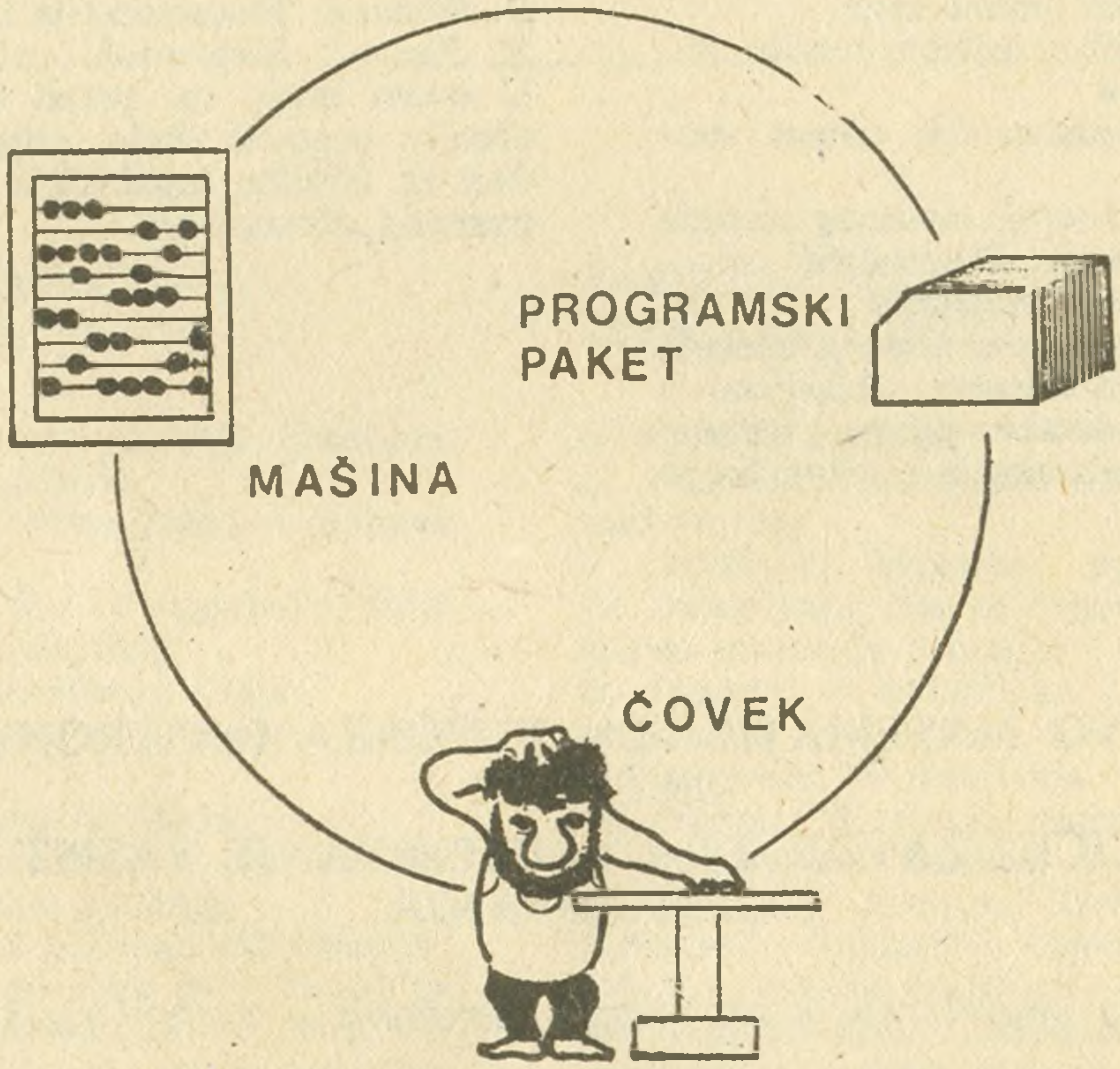
Za republički zavod
Emilo Danilović, s.r.

KAKO RADI RAČUNAR *

STANKO POPOVIĆ (Beograd)

Zato što je nov, brz i nepogrešiv čovekov pomoćnik na izuzetno širokom polju primene, elektronski računar je još uvek obavijen velom tajanstvenosti. A u suštini to je duhovito organizovan spoj jednostavnih elektronskih kola i programskog »paketa« koji upravlja radom tih kola.

Međutim, sam računar nije dovoljan — neophodan je čovek. Bez njega, na današnjem stepenu razvoja, računar bi bio nekorisna gomila elektronskih elemenata. Kako taj sistem čovek — računar rešava postavljeni zadatak?



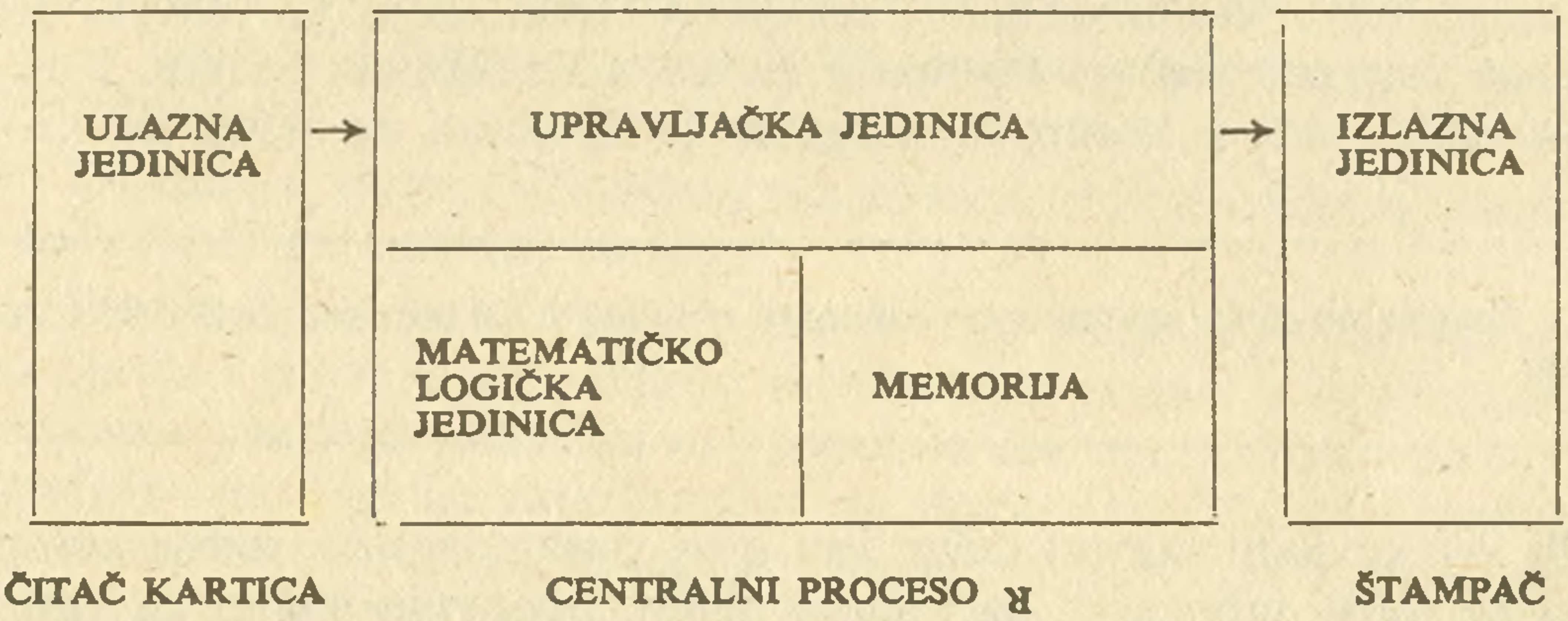
Razmotrimo najjednostavniji slučaj: sabiranje dva broja. Kada to radi sam, čovek prvo brojeve A i B napiše jedan kraj drugog povezujući ih znakom za sabiranje (A+B). Istovremeno, iz pamćenja aktivira pravila sabiranja naučena još u 1. razredu osnovne škole, sabira brojeve i piše rezultat iza znaka jednakosti (A+B=C). Na sličan način radi i računar, ali mu prethodno čovek mora napisati uputstva, program, za izvršenje zadatka.

Program za sabiranje dva broja bi mogao da ima izgled:

```
      ČITAJ   A
      ČITAJ   B
A     VIŠE    B      JE     C
      ŠTAMPAJ C.
```

Iz programa vidimo da su najmanje tri jedinice potrebne računaru da bi mogao obaviti traženi posao: ulazna jedinica za čitanje podataka, jedinica za izvođenje same obrade i izlazna jedinica za saopštavanje rezultata.

Ali računar je elektronska mašina, a to znači da instrukcije i podaci koji se obrazuju moraju biti predstavljeni u obliku koji ona može da prepozna i čuva tokom vremena. U tu svrhu se koristi nivo električnog napona, odnosno stanje namagnetisanosti. Elektronska kola računara razlikuju dva stanja: nema ili ima napona, materijal je namagnetisan u jednom ili drugom smeru, stanja 0 i 1. Instrukcije i podaci moraju biti predstavljeni kombinacijama ta dva stanja. Ovaj najniži element informacije se naziva BIT. Uobičajeno je da se u računaru bitovi grupišu u grupe od po osam elemenata u tzv. BAJT koji omogućava, sa svojih 256 različitih kombinacija 0 i 1, predstavljanje svih brojeva, slova i drugih znakova koje koristimo (tačka, zarez, +,=, i sl.). Tako je u bajtu, koristeći brojni sistem sa samo dve cifre (0 i1), broj 1=11110001, broj 5=11110101, a slovo B kombinacija 11000010.



Zato, program bušimo na kartice. Raspored rupica čini odgovarajuću kombinaciju koju ulazna jedinica računara, čitač kartica, pomoću foto-ćelije pretvara u seriju električnih impulsa. Na mestu gde nema rupice neće biti ni impulsa (stanje 0), dok će na mestu rupice biti proizveden impuls (stanje 1). Program se na taj način transformiše u oblik koji računar može da primi i smesti u svoju memoriju.

Naš program smo izbušili na kartice i njih postavili na čitač koji je u direktnoj vezi sa računarom. Na scenu stupa programski »paket«. Od momenta uključivanja radom računara upravlja tzv. operacioni sistem — »paket« većeg broja međusobno povezanih i usklađenih programa napravljenih od strane proizvođača i stalno smeštenih u memoriji, koji koordiniraju rad svih jedinica (čitača, centralne jedinice za obradu i štampača). Kontrolni program, jedan iz »paketa«, će narediti čitaču da počne sa učitavanjem i celokupni sadržaj sa kartica će biti prenet u memoriju. Potom iz »biblioteke« operacionog sistema kontrolni program poziva tzv. program prevodioc i predaje mu kontrolu. Ovaj uzima iz našeg programa prvi iskaz, analizira ga, prepoznaje u njemu ČITAJ A i dodeljuje mu odgovarajuću šifru. Onda prelazi na sledeći iskaz i tako do poslednjeg nastavlja analizu, sve dok instrukcije pisane jezikom bliskim nama ne prevede u seriju brojeve, mašinski jezik blizak računaru. Rezultat prevođenja bi mogao biti (zavisno od mašine) za naš program u obliku 014050 024050 101000 054047. Jasno, brojevi su predstavljeni kombinacijama stanja 0 i 1. Tek sada računar ima u svojoj memoriji upotrebljivo uputstvo za rad, ali A i B još nisu sabrani.

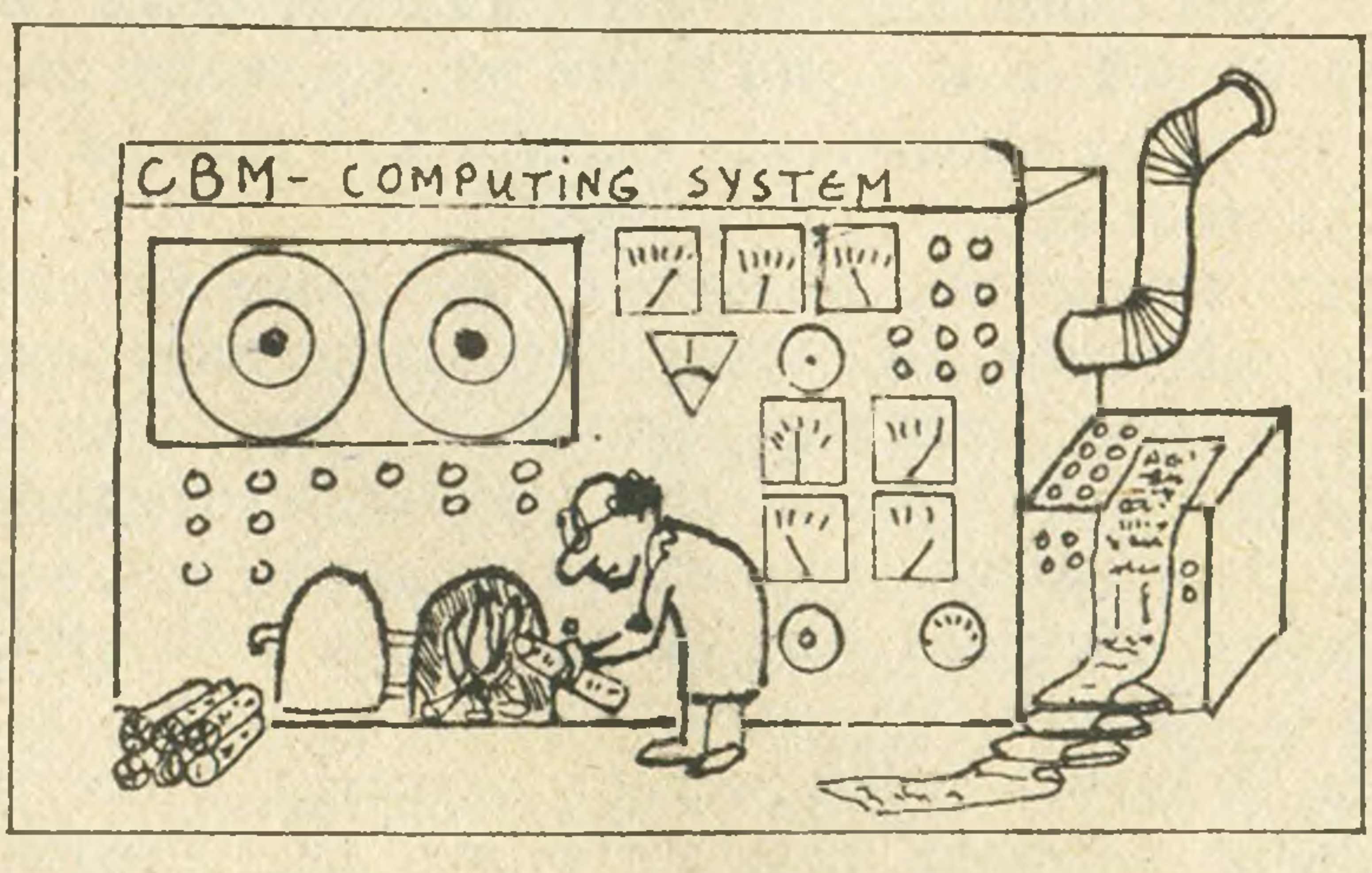
Kontrolni program ponovo uzima kontrolu i prenosi prvu instrukciju u mašinskom jeziku iz memorije u jedinicu za obradu. Ona u instrukciji prepoznaje zahtev za čitanjem, poziva čitač kartica i učitava broj A koji prelazi ceo ceo onaj put od arapski napisanog broja do kombinacije električnih impulsa.

Vreme pristupa do nekog podatka smeštenog u memoriji savremenog računara je svega 100 nanosekundi. Da bi ste stekli predstavu o intervalu: nanosekunda prema sekundi stoji u istom odnosu kao sekunda prema 30 godina!

To isto će uraditi i za broj B. Došavši do instrukcije VIŠE centralna jedinica šalje brojeve u aritmetičko-logičku podjedinicu koja raspolaže elektronskihm kolima sa sposobnošću da kombinaciju dva električna impulsa sa svog ulaza sabira dajući novu kombinaciju — rezultat C. Instrukcija ŠTAMPAJ prenosi rezultat na štampač koji ga štampa u za nas uobičajenom obliku. Naš program završava rad, a kontrolni program je spreman da učita novi.

Integralno kolo savremenog računara veličine 6×6 mm sadrži 256.000 tranzistora.

Za ovako jednostavan račun sav ovaj posao izgleda suviše komplikovan, ali ne treba zaboraviti da računar jednu operaciju izvodi za samo milioniti deo sekunde. I ako će te sami brže sabrati dva broja ili upotrediti dva podatka nego obaviti opisani postupak, sigurno će te promeniti mišljenje ako budete morali to uraditi milion ili više puta.



Štampači poslednje generacije izlaznih jedinica štampaju do 450 linija u sekundi. S tom brzinom oni su u stanju da za samo jedan minut odštampaju knjigu od 225 stranica.

* Ovaj članak je u skraćenom obliku objavljen u „Politici za decu“ od 4. decembra 1980.

(Nastavak sa 16. strane)

vaču radi dalje analize. Ne retko su ovakvi eksperimenti povezani sa posebnim malim računarima koji automatski analiziraju i vode eksperiment.

Dakle da ponovimo, da bi mogli da ispitujemo jednostruke elektron-atomske sudare potrebno je:

— obezbediti vakuum u odgovarajućoj komori

— formirati snop elektrona određene energije

— formirati snop atoma ili molekula

odrediti

— broj, energiju i pravac kretanja rasejanih elektrona

— broj, masu, energiju i pravac kretanja stvorenih jona

— talasnu dužinu i raspodelu po pravcu emitovanog elektromagnetnog zračenja.

U jednom eksperimentalnom uređaju se obično određuje samo po neki od navedenih parametara sudara.

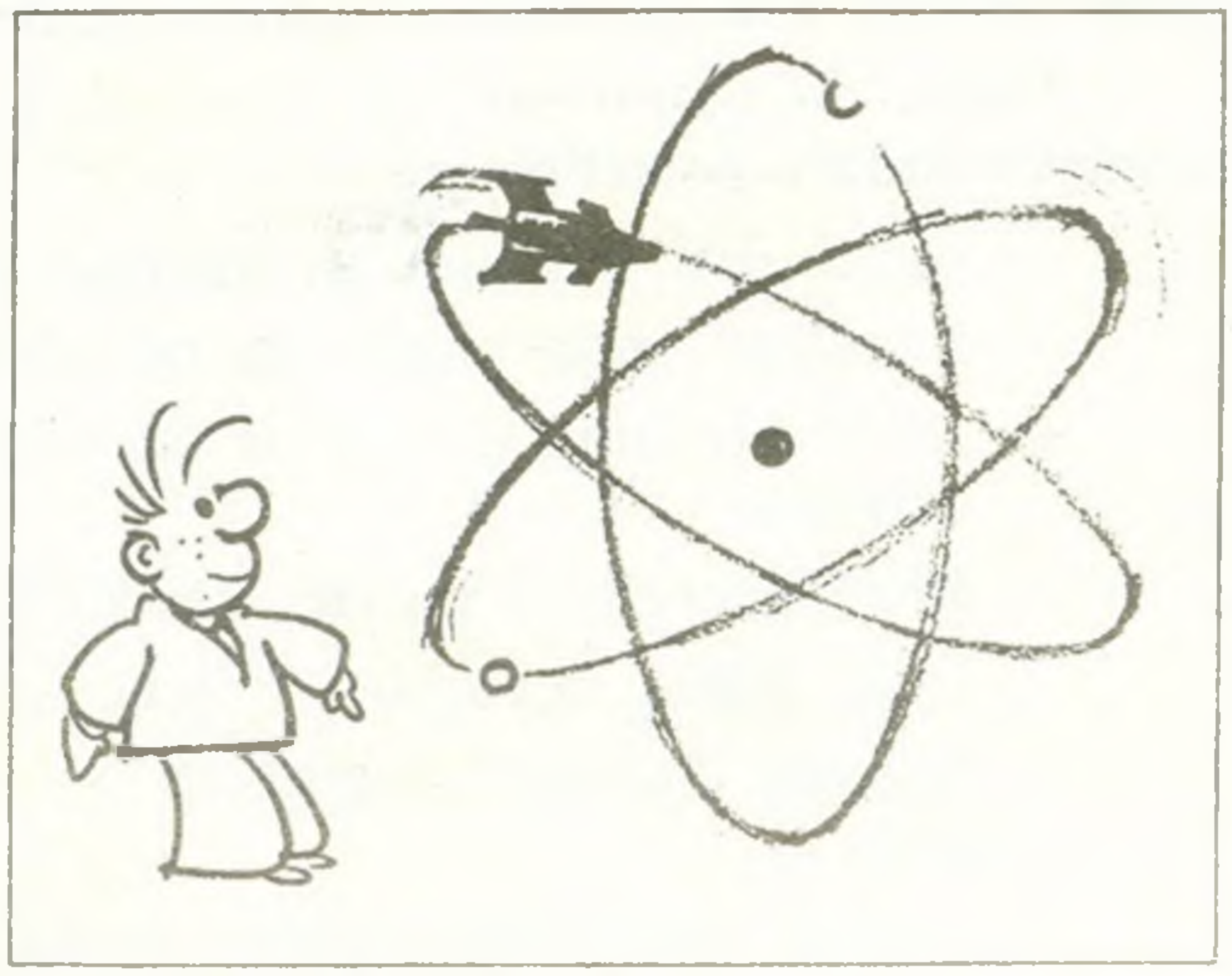
Konačno, kada se eksperiment izvede, kada se posle mnogobrojnih ponavljanja i proveravanja dobiju verodostojni podaci o ispitivanim karakteristikama rasejanja elektrona na atomskim česticama, rezultati se objavljuju u naučnim časopisima, saopštavanju na skupovima fizičara, obrađuju postojećim teorijskim modelima, a ukoliko to nije moguće, razvijaju se nove teorije. Na taj se način dodaje jedan novi mali kamenčić u prekrasnom velikom mozaiku našeg poznavanja prirode u kojoj živimo. Ova znanja nam zatim pomažu da bolje razumemo svet oko sebe i da olakšamo i ulepšamo svakodnevni život.

U narednim brojevima »Mladog fizičara« opisašćemo neke od eksperimentalnih tehnika koje se koriste u istraživanjima elektro-atomskih sudara kao i neke konkretne uređaje.

Lomonosov i Franklin prvi su neposredno pokušali da odrede veličinu atoma; prvi 1742., a drugi 1777. godine. Lomonosov je primetio da dobri zlatari uspevaju da izvaljaju listiće zlata debljine od samo 10^{-4} cm. Zaključio je da atomi zlata ne mogu biti veći u prečniku od toga. Franklin je uočio da se kašičica ulja (oko 5 cm^3) razlije po površini mirne vode tako da pokrije oko 200 m^2 ili $2\ 10^7$ cm^2. Podelivši zapreminu ulja (5 cm^3) sa površinom ($2\ 10^7$ cm^2) zaključio je da prečnik molekula ulja ne može biti manji od $2{,}5\ 10^{-7}$ cm.

Lj. R.

FIZIKA DANAS



TEORIJA RELATIVNOSTI

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Razmatranjem Majkelson-Morlijevog ogleda započela je u prošlom broju Mladog fizičara serija članaka o teoriji relativnosti i nekim od njenih najupečatljivijih implikacija. U ovom broju upoznaćemo se sa opštim i specijalnom teorijom relativnosti, ne pomoću komplikovanih jednačina glomaznog matematematičkog aparata, nego pokušavajući da razjasnimo šta ona kaže i kakve pojave iz toga slede.

Klasična fizika, fizika Njutna i Galileja, tvrdila je da čovek koji se nalazi unutar tela koje se kreće po pravoj liniji stalnom brzinom (ravnomerno, na primer, u vagonu bez prozora, tako da ne možemo da vidimo pejsaž koji promiče) ne može dokazati pomoću mehaničkog eksperimenta da li se to telo kreće ili miruje. Ako čovek u vagonu baci neki predmet uvis, predmet će se za njega kretati po pravoj liniji bez obzira da li se vagon kreće ili miruje. Zamislite šta bi bilo da nije tako. Kako bi mogao da se igra fudbal, tenis i ostale igre sa loptom ako bi se, svaki put kada lopta poleti u vazduh, Zemlja pomerala ispod nje brzinom od 30 km/s.

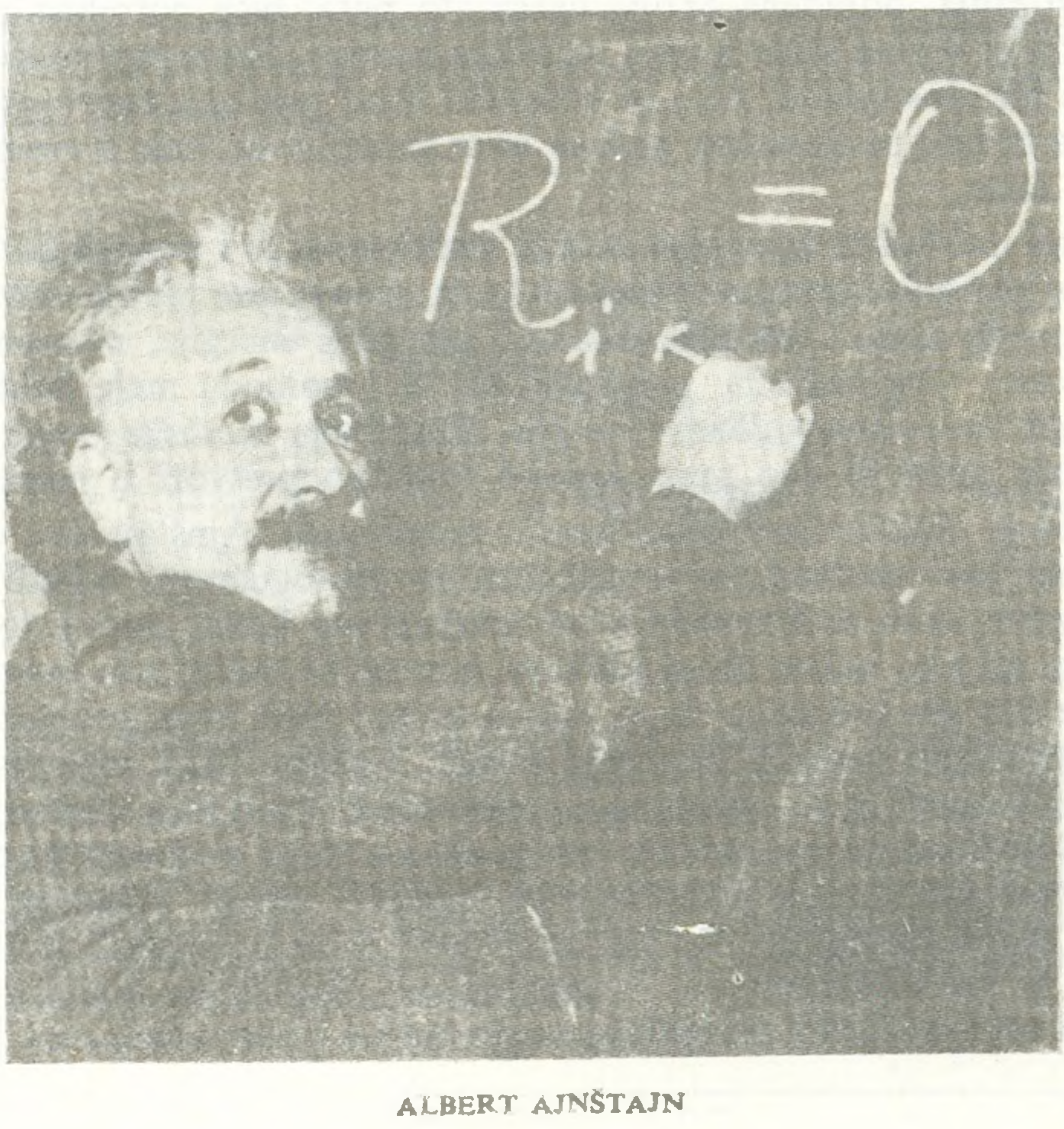
Godine 1905. mladi službenik Švajcarskog patentnog biroa, Albert Ajnštajn, objavio je čuveni članak u kome je izložio osnove takozvane Specijalne teorije relativnosti. Ona kaže da čovek u unutrašnjosti vagona ne može da ustanovi njegovo ravnomerno kretanje ne samo pomoću mehaničkog ogleda, nego ni optičkim putem. Da bi ustanovili da li se vagon kreće, moramo da pogledamo kroz prozor, ali ni tada ne možemo da kažemo da li se kreće vagon ili objekti koje vidimo. Najbolji zaključak je da se vagon i pejsaž nalaze u stanju relativnog ravnomernog kretanja.

Ovakve posledice neposredno proizilaze iz zaključaka koje Ajnštajn naziva osnovnim postulatima svoje teorije:

1. *Nema načina da se ustanovi da li se telo nalazi u stanju mirovanja ili ravnomernog kretanja.*
2. ***Svetlost se kroz vakuum uvek kreće konstantnom brzinom nezavisno od kretanja izvora.***

Ova dva postulata su prema mišljenju većine tadašnjih fizičara protivrečila jedan drugom. Na osnovu njih, može se zaključiti da vreme i dužina nisu apsolutni, nego da zavise od relativnog kretanja objekta i posmatrača. Sa stanovišta klasične fizike, ovakav zaključučak je izgledao kao odstupanje od zdravog razuma. Fizičari su smatrali da se samo po sebi razume da u celom kosmosu teče jedno, univerzalno vreme. To ih je onemogućavalo da formulišu jednu takvu teoriju, ali ne i Ajnštajna, koji je shvatio da eksperimentalne činjenice koje se nisu uklapale u zakone klasične fizike, postaju objašnjive ako se napusti pojam apsolutnog vremena.

Ajnštajn je pokazao da ima smisla govoriti samo o mesnim vremenima. Svi se mi, zajedno sa Zemljom, krećemo kroz prostor jednakom brzinom i naši satovi pokazuju isto vreme, koje se zove sopstveno vreme posmatranog objekta. Zato na Zemlji, pojam istovremenosti dva događaja ima smisla. Međutim ako su događaji prostorno veoma udaljeni, u kosmičkim razmerama, često je nemoguće reći koji se događaji desio »pre« a koji »posle«, jer odgovor zavisi od kretanja posmatrača u odnosu na ova dva događaja. Zamislimo da su sa neke zvezde, udaljene tri svetlosne godine, lansirana prema Zemlji dva kosmička broda, od kojih se jedan kreće brzinom malom u odnosu na svetlosnu ,dok je brzina drugog bliska ovoj brzini. Ako se na Zemlji, godinu dana posle lansiranja, desi neki događaj, po prispeću »sporog«



ALBERT AJNŠTAJN

broda, njegova posada će smatrati da se događaj odigrao posle njenog polaska na put. Za posadu broda koji se kreće brzinom bliskoj svetlosnoj, put će prema časovnicima na brodu trajati znatno kraće, možda nekoliko nedelja ili nekoliko meseci. Kada na Zemlji čuju da se posmatarni događaj odigrao pre više od dve godine, smatraće da je to bilo pre njihovog polaska na put, što se ne slaže sa zaključkom prve posade.

Osim vremena, relativna je postala i dužina nekog objekta. Na primer, ako se dva kosmička broda mimoilaze, posmatrač sa svakog od njih će smatrati da se drugi brod skratio u pravcu svog kretanja. Pri brzinama kojima se krećemo u našem svetu, rezultat ove pojave je zanememarljiv, ali kada brzine počinju da se približavaju svetlosnoj, skraćenje posmatranog objekta se uvećava. Može da se postavi pitanje: Kako je to moguće da je svaki od posmatranih brodova kraći od drugog? Ali to nije dobro pitanje. Teorija ne kaže da je neki brod kraći, nego da će posmatrači na oba broda prilikom merenja doći do rezultata da je onaj drugi brod kraći. To je kao da između dva posmatrača stavimo ogromno sočivo udubljeno sa obe strane. Svaki od posmatrače će primetiti da se onaj drugi smanjio.

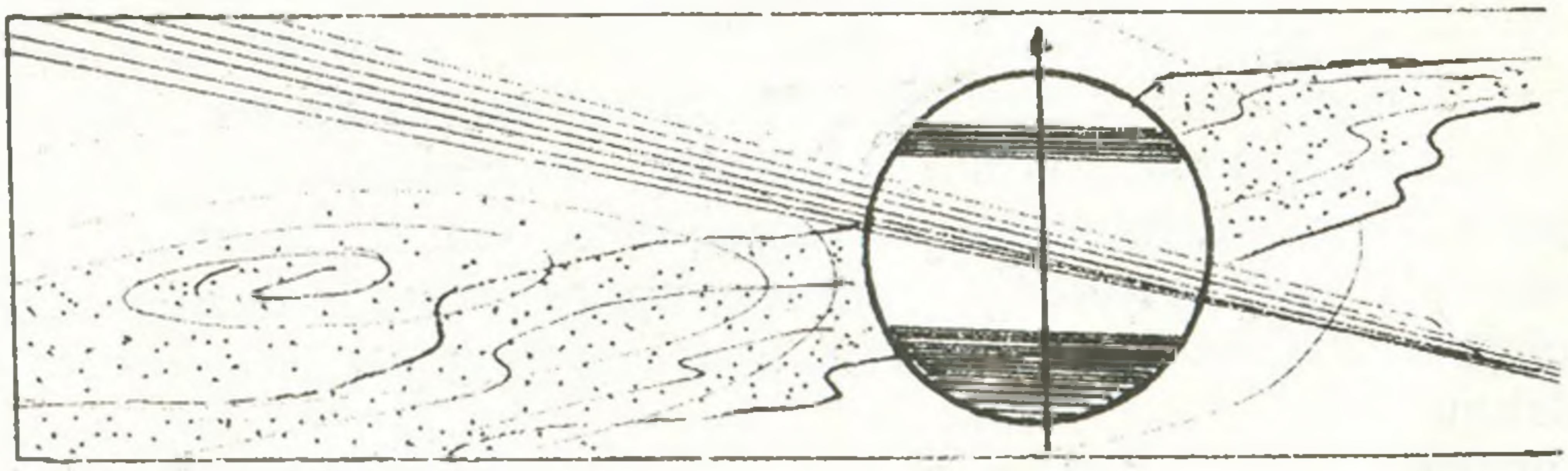
Pored relativističkih promena vremena i dužine, javlja se i promena mase. Ako se masa ne bi menjala sa uvećanjem brzine, neprekidno dejstvo sile (na primer potisak raketnih motora) dovelo bi do stalnog uvećanja brzine, koja bi mogla da nadmaši svet.osnu. Međutim, to se neće desiti. Što se telo brže kreće, njegova relativistička masa će se uvećavati u istoj meri u kojoj se skraćuje njegova dužina i usporava vreme. Ako se na primer njegova masa posle dostizanja određene brzine uveća sto puta, biće potrebna i sto puta veća sila da bi brzina rasla u istoj meri kao i ranije. Sama brzina svetlosti nikada neće biti dostignuta. Ako bi kosmički brod postigao takvu brzinu, njegova masa bi bila beskonačna, dužina bi se smanjila do nule a vreme bi unutar broda stalo.

Važan zaključak Specijalne teorije realtivnosti je i mogućnost pretvaranja mase u energiju i obratno. Ajnštajn je na osnovu ove teorije dobio čuvenu relaciju između mase i energije ($E=mc^2$ gde je E energija, m masa, a c brzina svetlosti). Ova relacija pokazuje da se i pomoću male količine mase može dobiti čudovišna količina energije. Eksplozija atomske bombe, na primer, nastaje kada se deo mase bombe trenutno pretvori u energiju.

Pošto je objavio Specijalnu teoriju relativnosti, Ajnštajn je i dalje nastavio da se bavi problemom mogućnosti ili nemogućnosti određivanja apsolutne brzine. Ako se kosmički brod ravnomerno kreće, putnik to ne mora da primeti, ali ako počne da se ubrzava, putnik će osetiti silu inercije. Da li postojanje ove sile dokazuje da se raketa kreće? Nad ovim problemom Ajnštajn je razmišljao sledećih jedanaest godina. Godine 1916. objavio je Opštu teoriju relativnosti koja razmatra i relativnost ubrzanog kretanja. Opšta teorija ralativnosti je mnogo šira od Specijalne, koju obuhvata kao poseban slučaj. Često ovu teoriju rezimiraju na sledeći način: Klasična fizika je pokazala da ne postoji mehanički ogled koji m bi posmatrač utvrdio da li miruje ili se kreće ravnomerno i pravolinijski . Specijalna teoija relativnosti je uopštila ovaj zaključak na optičke eksperimente (elektromagnetno zračenje).

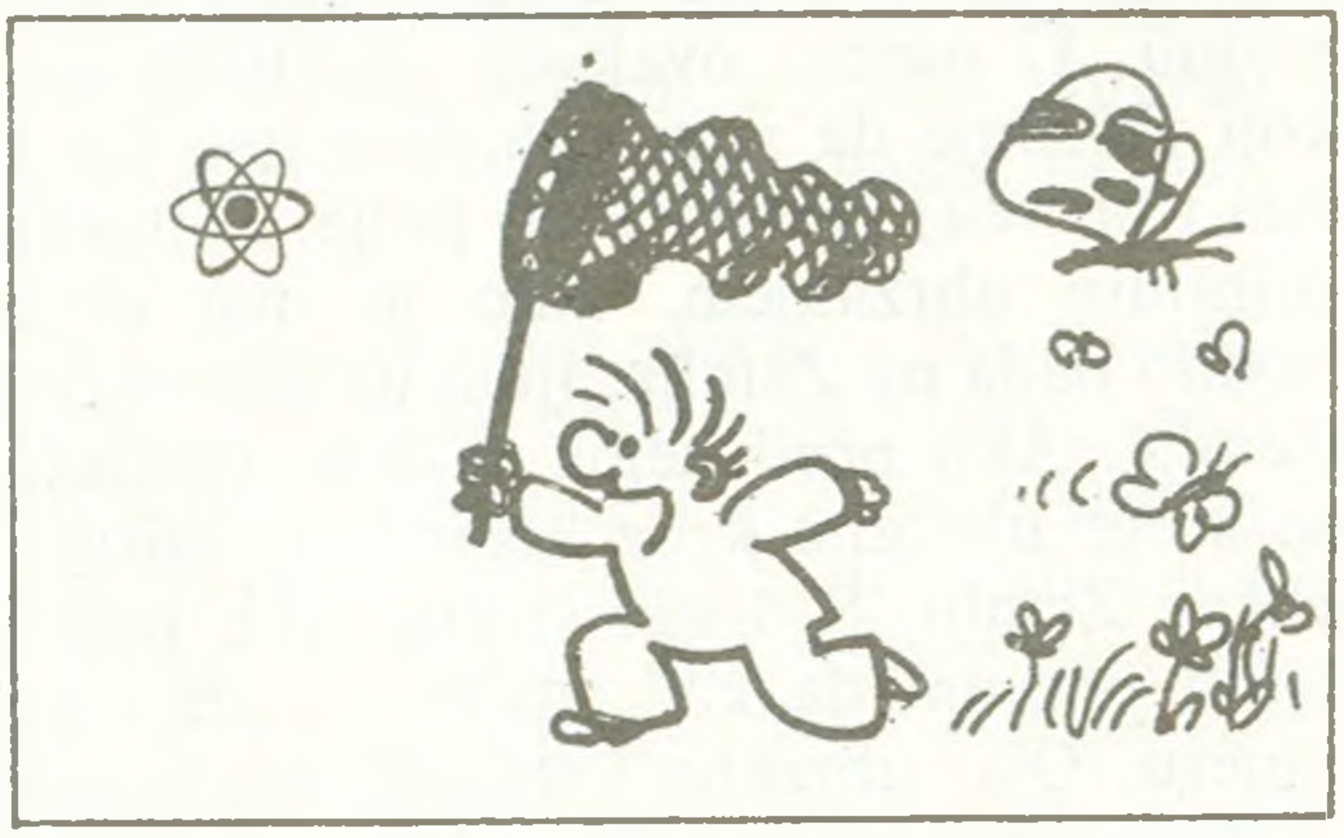
Opšta teorija relativnosti razmatra slučaj neravnomernog kretanja, zaključujući da ne postoji eksperiment koji bi pomogao posmatraču da ustanovi da li se nalazi u stanju apsolutnog mirovanja ili da odredi svoju apsolutnu brzinu. U osnovi ovakvog zaključka leži takozvani princip ekvivalentnosti, koji utvrđuje da je sila inercije isto što i homogeno (tj. konstantno po veličini i pravcu) gravitaciono polje. Zamislite kosmički brod koji se kreće konstantnim ubrzanjem. Ako je ovo ubrzanje jednako ubrzanju tela koje slobodno pada na Zemlju, ljudi na brodu će se osećati kao u gravitacionom polju Zemlje. Ako brod nema veze sa spoljašnjim svetom, posada neće znati da li se kreće ubrzano kroz kosmos ili miruje u gravitacionom polju neke planete slične Zemlji. S druge strane, ako posada pogleda izvan broda, moći će sa istim pravom da kaže da se zvezde i galaksije kreću ubrzano u suprotnom smeru. Ovo ubrzano kretanje stvara gravitaciono polje koje deluje na ljude u brodu. Posadi je jednostavno zgodnije da smatra da je Vasiona u miru. U stvari nema nikakvog apsolutnog kretanja. Postoji samo ralativno kretanje broda i ostalih objekata oko njega. Usled takvog relativnog kretanja nastaje polje, koje možemo da smatramo inercionim ili gravitacionim u zavisnosti od toga gde se nalazi posmatrač.

Iz svega proizilazi da ni aposolutna brzina, kao ni apsolutno mirovanje, ne mogu da se utvrde. Ne postoji ni apsolutno, univerzalno vreme. Često se može čuti da je teorija relativnosti srušila sve »apsolutnosti« u fizici.To nije tačno. Ona je samo relativizirala pojmove koji su ranije smatrani kao apsolutni, uvodeći pri tome nove apsolutnosti. U klasičnoj fizici, brzina svetlosti je bila relativna, jer se očekivalo da se ona menja u zavisnosti od kretanja posmatrača. U teoriji relativnosti, brzina svetlosti je postala apsolutna. Bez obzira kako se kreću izvor svetlosti i pomatrač, brzina svetlosti u odnosu na posmatrača je uvek ista.



Dobitnik Nobelove nagrade za fiziku 1965. godine R. Fejnman izjavio je jednom prilikom:»Ako bi zbog neke svetske katastrofe sva stečena naučna saznanja bila odjednom uništena, i kada bi budućim pokolenjima živih bića bila predana samo jedna jedina rečenica, koje bi, onda, tvrđenje sastavljeno od najmanje reči, moglo dati najviše informacija? Smatram da je to atomska hipoteza (zvali je tako ili drugačije-to u suštini ništa ne menja): Sva tela se sastoje od atoma, sićušnih čestica koje se neprestano kreću; na malim raspojanjima one se privlače ,ali se međusobno odbijaju ako jednu od njih neposredno približimo drugoj«.

Lj. R.



O CIRKULACIJI KRVI

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

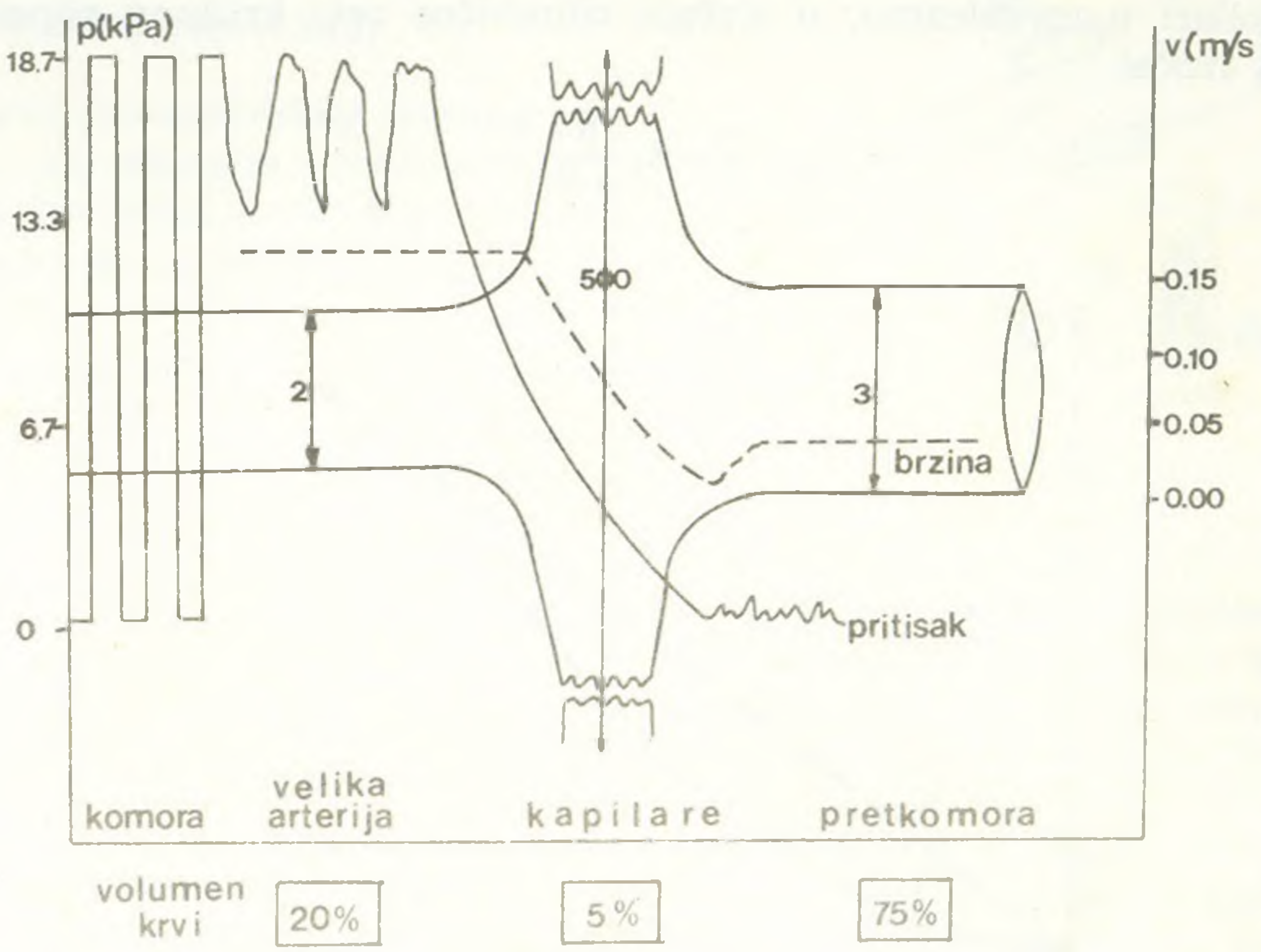
Cirkulacija krvi kroz sistem krvnih sudova u organizmu odvija se po fizičkim zakonima strujanja tečnosti, uz ograničenja uslovljena osobina same krvi (koja je neidealan, nehomogen fluid) i osobinama cirkulatornog sistema (elastičnost krvnih sudova, periodičnost rada srca itd.). Normalno proticanje krvi u organizmu omogućeno je neprekidnim srčanim kontrakcijama. Međutim, iako su ove kontrakcije periodične, protok krvi je neprekidan (kontinuiran) i ravnomeran, što je posledica elastičnosti krvnih sudova.

Pri grčenju srčanih komora vrši se rad, odnosno oslobađa energija potrebna za istiskivanje određene zapremine krvi.* Jedan deo ove energije (kinetička energija) troši se na savlađivanje viskoznih sila između slojeva krvi i između krvi i zidova krvnih sudova. Taj utrošak obezbeđuje određenu brzinu proticanja krvi. Pri tome brzina strujanja v zavisi od površine poprečnog preseka S (prema jednačini kontinuiteta $vS=$const.), s tim što se u ovom slučaju uzima u obzir ukupna površina poprečnog preseka krvnih sudova. Zbog toga je brzina proticanja krvi najveća u aorti, a najmanja u kapilarima, dok u arterijama brzina varira u ritmu srčanog rada (vidi sl. 1). Drugi deo oslobođene energije (potencijalna energija) se ispoljava u vidu pritiska koji krv vrši na elastične zidove krvnih sudova, težeći da ih deformiše. Zidovi sa svoje strane deluju na krv silom koja je potiskuje dalje niz krvotok, u područje manjeg pritiska (sl. I). To znači da se krv kroz krvotok potiskuje ne samo radom srca, već i radom krvnih sudova kroz koje protiče.

Rad koji vrši srce pri istiskivanju krvi u krvotok, može da se prikaže kao zbir dva člana: jednog koji je jednak proizvodu zapremine istisnute krvi V i srednjeg arterijskog pritiska p i drugog, koji predstavlja kinetičku energiju određene mase krvi m

$$A=\bar{p}\,V+\frac{1}{2}m\,\overline{v^2}$$

* U toku jedne kontrakcije (grčenja), srce odrasle osobe ubaci u krvotok oko 70 cm^3 krvi (0.00007 m^3), što iznosi oko 6 litara krvi u minuti.



sl. 1 Shematizovan prikaz krvotoka koji pokazuje pritiske, relativne brzine protoka, relativne poprečne preseke i relativni volumen krvi u pojedinim delovima krvotoka

gde je $\bar{v}$ srednja brzina krvi. Veličina drugog člana u gornjem izrazu obično ne prelazi 5% ukupne vrednosti rada, pa se može zanemariti, sem u slučajevima intenzivnog mišićnog rada. Prosečna vrednost srčanog rada obračunata po kilogramu mase kod odrasle osobe iznosi oko 30.7×10^{-3} J.

Protok krvi (zapremina krvi koja u jedinici vremena prođe kroz cilindričnu cev kružnog preseka poluprečnika r i dužine l, a na čijim krajevima vlada razlika pritisaka Δ p) može se, prema Puazejevom zakonu, prikazati izrazom

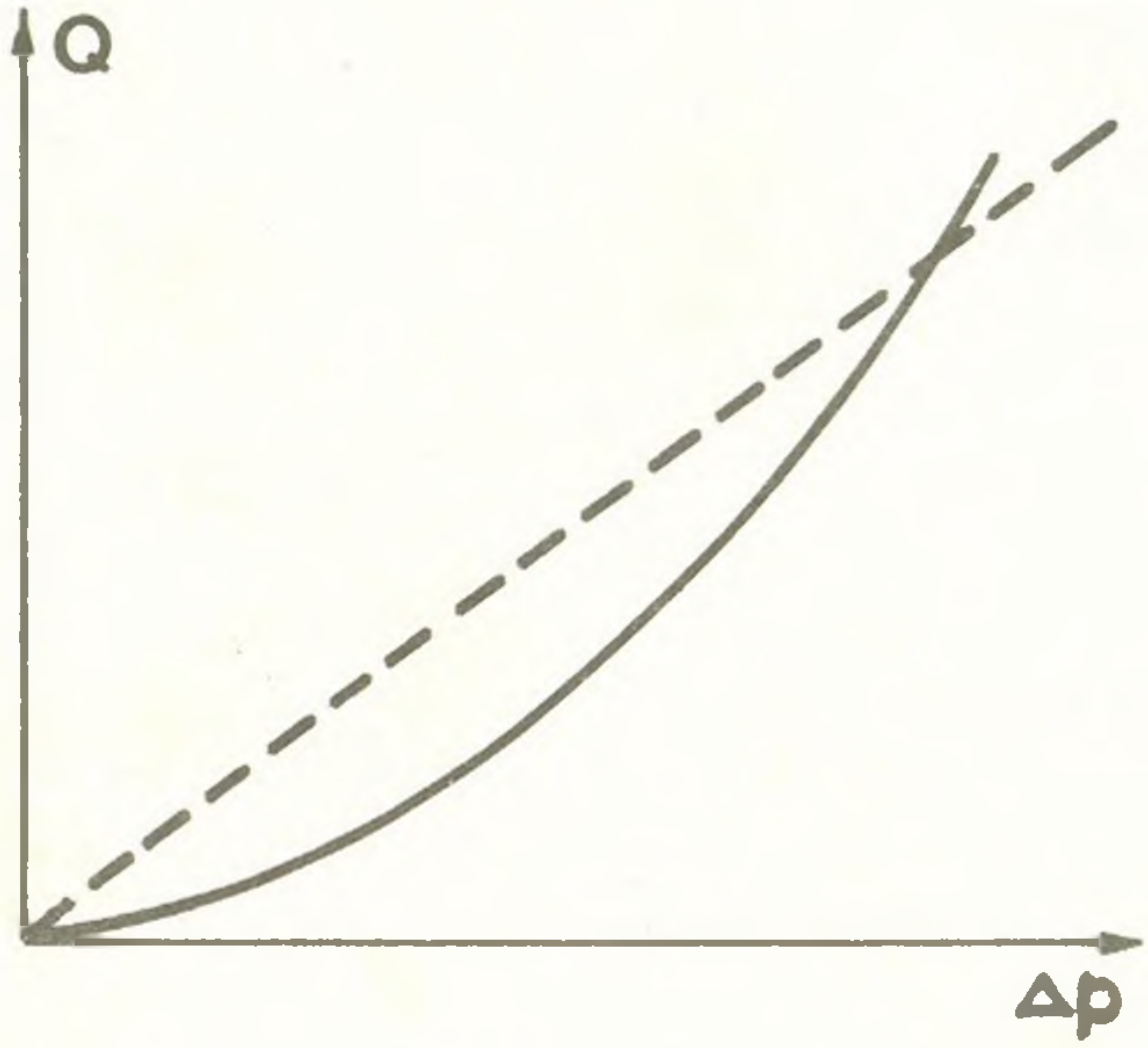
$$Q = \frac{\Delta p \cdot r^4 \pi}{8 \eta l} = \frac{\Delta p}{R}$$ (η je koeficijevt viskoznosti krvi)

odnosno kao količnik razlike pritisaka i veličine R koja se naziva otpor strujanja krvi. Iz gornjeg izraza se vidi da je otpor strujanju krvi kroz krvne sudove upravo proporcionalan dužini sudova i koeficijentu viskoznosti krvi, a obrnuto proporcionalan četvrtom stepenu poluprečnika suda. Međutim, obzirom da je gornji izraz izveden za slučaj proticanja fluida kroz čvrste cevi, eksperimentalno dobijena zavisnost veličine protoka od razlike pritisaka pri proticanju krvi kroz elastične krvne sudove nije linearna (vidi sl. 2).

Proticanje krvi kroz krvotok je pretežno laminarnog karaktera, sem u aorti.

Srednja kritična brzina proticanja tečnosti pri kojoj laminarno strujanje prelazi u turbulentno, u slučaju cilindrične cevi kružnog poprečnog preseka iznosi

$$\bar{v}_c = R_c \frac{\eta}{\rho \cdot d}$$



sl. 2 Zavisnost protoka od pritiska: pri proticanju tečnosti kroz čvrste cevi (isprekidana kriva) i cevi sa elastičnim zidovima (puna linija)

gde je ρ gustina tečnosti, d — dijametar cevi, η — koeficijent viskoznosti tečnosti, a R — neimenovan broj tzv. Rejnolds-ov broj. Zamenom odgovorvarajućih vrednosti u gornji izraz (gustine krvi, dijametra aorte i eksperimentalno dobijene vrednosti Rejnolds-ovog broja), dobija se da kritična brzina krvi, pri kojoj tok prelazi iz laminarnog u turbulentan iznosi

$$\bar{v}_c = 0{,}216 \text{ m/s}$$

Dobijeni podatak potvrđuje činjenicu da je tok u aorti pretežno turbulentan, dok je u ostalim delovima krvotoka laminarnog karaktera, sem u slučaju nekih poremećaja u cirkulaciji. Time se brzina strujanja krvi pokazuje i kao dijagnostički parametar.

Živin manometar za merenje krvnog pritiska prvi je upotrebio francuski lekar i prirodnjak Puazej (Poisseuille), 1828 godine, koji se i inače bavio izučavanjem zakonitosti cirkulacije krvi.

D. P.

KAKO MERITI KRVNI PRITISAK

PETAR VUCA (Novi Sad)

Merenje arterijskog krvnog pritiska podrazumeva određivanje pritiska krvi unutar određene arterije.

Metoda određivanja može da bude:

1. Indirektna — auskulatatotorna (Korotkovljeva metotoda)
   — oscilometrijska
2. Direktna

Auskulatorno merenje izvodi se pomoću aparata koji se sastoji iz četiri dela: sl. 1.

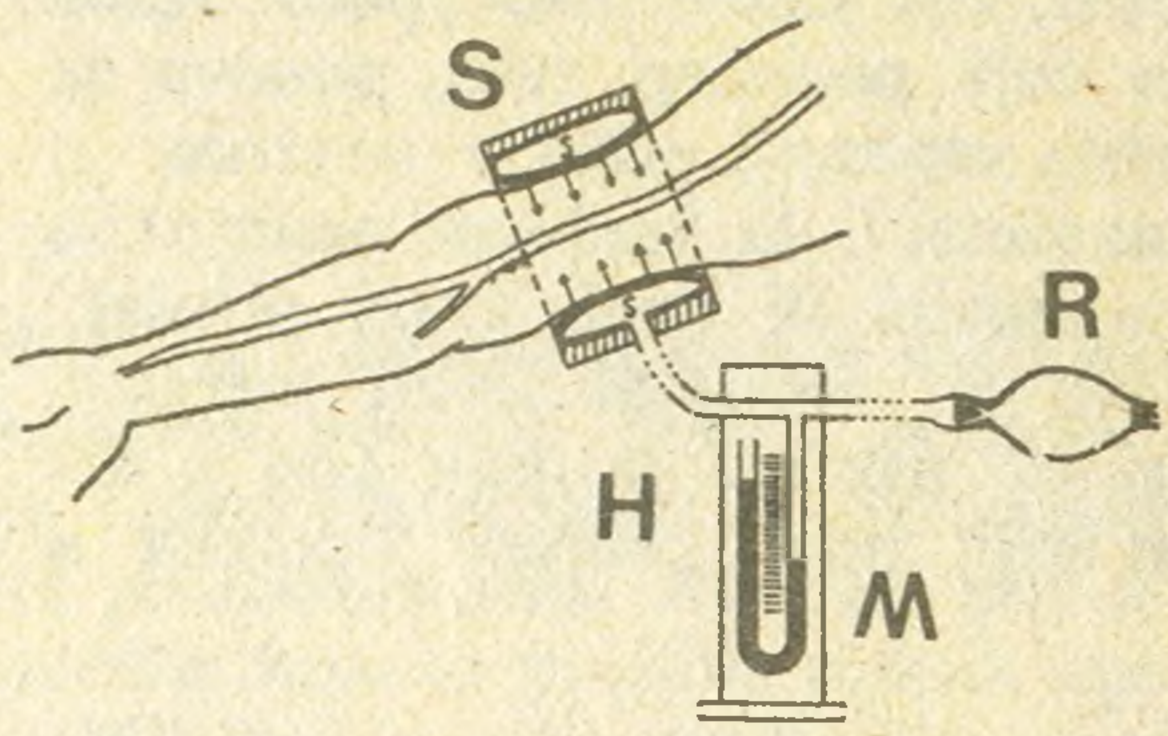
1. manžetne (jastučeta), S
2. manometra, M
3. slušalica (stetoskopa), K i
4. gumene pumpe, R

Manžetna u postupku služi da izvrši potpunu kompresiju određene arterije, odnosno da zaustavi protok krvi kroz nju.

Sa manometra očitavamo vrednost pritiska vazduha u manžetni, a indirektno u arteirji.

Pomoću stetoskopa slušamo pojavu i iščezavanje zvukova iznad arterija.

Gumena pumpa služi za pumpanje vazduha u manžetnu. Kompresija krvnog suda vrši se pomoću manžetne, koja se obavija oko mišice pacijenta, tako što se pomoću gumene pumpe vrši ubacivanje vazduha u manžetnu. Pritisak vazduha u njoj raste i sve više steže mišić. Njena spoljašnja strana građena je od neelastičnog materijala za razliku od unutrašnje, koja je elastična i širi se. U jednom momentu pritisak vazduha u manžetni nad-



Slika 1

vlada pritisak krvi u krvnom sudu i tako zaustavlja cirkulaciju u njemu. Zbog toga se na stetoskopu, koji se naslanja na arteriju i lakatnom pregibu, ne čuje zvuk, niti se može opipati puls na ruci. Sada se pomoću pumpe, koja je snabdevena ventilom, polako ispušta vazduh iz manžetne. Usled toga pritisak vazduha postepeno opada i u momentu kada se izjednači sa pritiskom u krvnom sudu na stetoskopu se čuje početni zvuk. On je posledica ponovnog proticanja krvi kroz arteriju, koja nije više potpuno komprimovana. Tada počinje da se pojavljuje i puls.

U momentu kada se čuje početni zvuk na manometru se očita vrednost pritiska vazduha u manžetni. On je približno isti sa pritiskom u krvnom sudu i zato tu vrednost smatramo za vrednost maksimalnog ili gornjeg pritiska u arteriji.

Ispuštanje vazduha iz manžetne vršimo i dalje i istovremeno slušamo zvuke. Pored zvukova čuju se i šumovi, koji nekada mogu biti jači od tonova. Oni se javljaju kao posledica turbulentnog kretanja krvi kroz suženi deo arterije.

Kako pritisak vazduha u manžetni opada, šumovi se polako gube i na kraju se ponovo čuju samo to-novi, čija jačina brzo opada. Kađa se čuje poslednji zvuk, ponovo se očita vrednost pritiska vazduha u manžetni i ta vrednost predstavlja minimalni ili donji krvni pritisak. Ovo je indirektni način merenja, jer ne merimo pritisak krvi u ar-arteriji, nego pritisak vazduha u manžetni. Određivanjae arterijskog pritiska *oscilometrijom* daje nam veću mogućnost procene kako gornjeg (maksimalnog) tako i donjeg (minimalnog). Na oscilogramu može da se zapazi više zona oscilacija.

Prvo se javljaju oscilacije sa malim amplitudama, minimalne oscilacije, zatim sledi porast amplituda, koje označavaju maksimalni osnosno gornji pritisak. Jnterval velikih osiclacija odgovara srednjem arterijskom pritisku. Posle porasta nastaje postepeno opadanje amplituda oscilacija, čiji kraj odgovaıa minimalnom pritisku (donjem). Poslednji interval oscilacija karakterišu oscilacije sa jako malom amplitudom. Veličina oscilacija je veoma izražena kod mladih osoba.

Direktno merenje se vrši uvođenjem sonde u krvni sud. Sonda je vezana za manometar, tako da direktno očitavamo visinu pritiska u krvnom sudu.

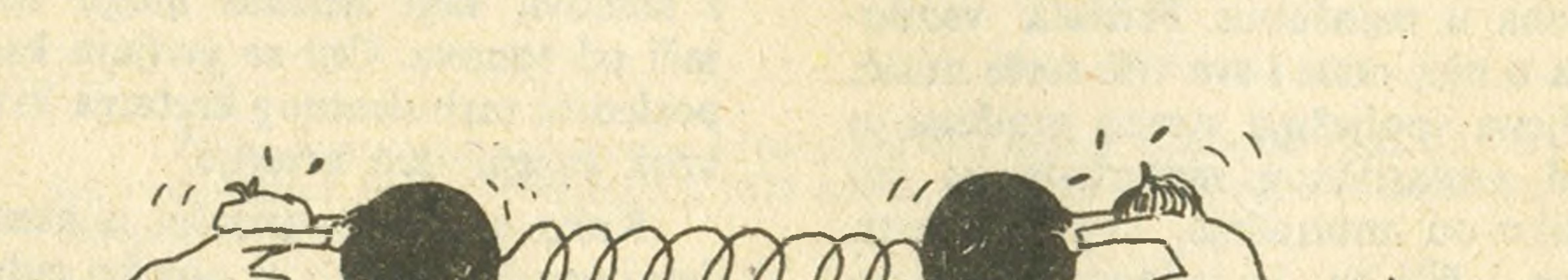
U novije vreme pri hirurškim zahvaitma primenjuje se sonda, koja na svom kaju ima minijaturni elektromanometar.

Prvo merenje krvnog pritiska izvršio je engleski prirodnjak Stefan Heils (Stephan Hales), 1732 godire: on je u arteriju konja uveo metalnu cevčicu, povezanu guščijim crevom sa vertikalnom staklenom cevi. Visina stuba krvi u staklenoj cevi predstavljala je meriu veličine krvnog pritiska. Heils je takođe zapazio da visina stuba u cevi, odnosno veličina krvnog pritiska varira u ritmu pulsa.

D. P.

Savremeni aparat za indirektno merenje krvnog pritiska je ustvari samo tehnički savršenija verzija Riva-Rocci-evog sfigmomanometra iz 1896 godine, dok je najstariji aparat za merenje pritiska izrađen još 1834 godine.

D. P.



ČAROLIJA U VREMENU

BUDIMIR RADOJEVIĆ (Sarajevo)

U jednom od poslednjih brojeva »Mladog fizičara« pisano je o visokofrekventnoj telefoniji. Čitaoci su tom prilikom upoznali proces prenošenja više istovremenih i različitih informacija (govornih poruka, muzike, telegrafskih saopštenja . . .) po jednom istom *prenosnom putu. Prenosni put ili linija je*, podsetimo se, fizička sredina unutar koje se prostiru signali veze. *Signali veze*, podsetimo se opet, fizički oblik koji u sebi sadrži sliku originalne informacije. *Signal veze u električnim telekomunikacijama (vezama na daljinu) može biti struja ili elektromagnetni talas (radio-talas).* Signal veze je, dakle, oblik pogodan za prenos. Na primeru telefonije, prenosa govora na daljinu, primena izrečenih stavova dovodi nas do zaključka da je govor originalni oblik prenešene informacije, a da su promenljive struje i radio-talasi signali veze koji u sebi nose sliku originalnog oblika prenešene informacije (govora).

Od svih mogućih frekvencija koje su prisutne u ljudskom govoru, koje zauzimaju opseg od oko 100 Hz do oko 10 000 Hz, dovoljno je preneti samo opseg od 300 Hz do 3400 Hz da bi se zadovoljili kriterijumi za kvalitet prenosa: *razumljivost (prepoznavanje sadržaja govorne poruke) i vernost reprodukcije (identifikacija autora govorne poruke).*

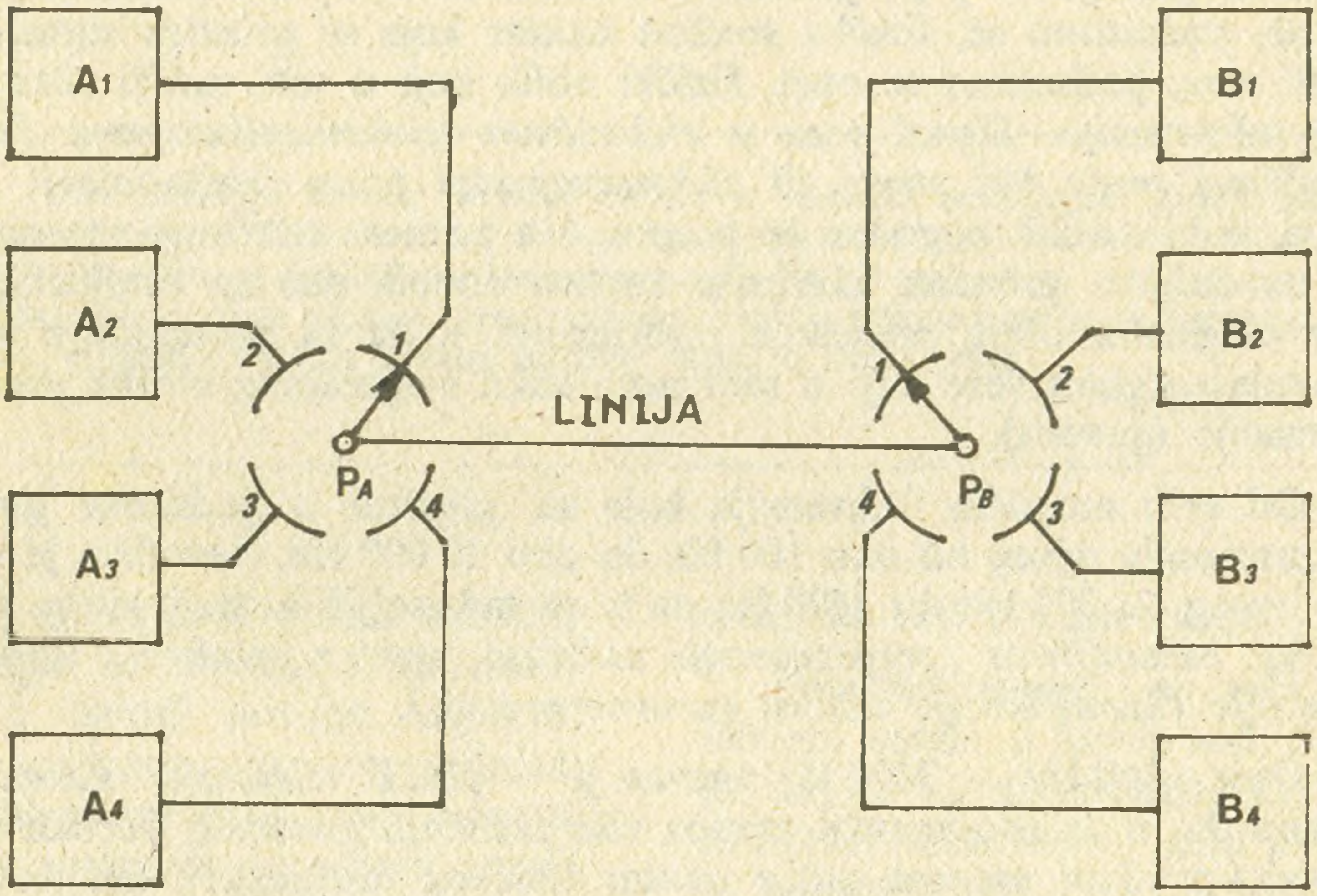
Opseg 300 Hz — 3400 Hz nazvan je — *fizički telefonski kanal.* Utvrdili smo da bi za istovremeni prenos više različitih govornih poruka od kojih svaka prilikom prenosa ostaje unutar fizičkog telefonskog kanala trebalo onoliko vodova (pari provodnika ili parica) koliko ima poruka. Takav sistem prenosa više različitih poruka zove se — *prostorni multipleks.* U sistemu prostornog multipleksa signali veze zauzimaju istu frekventnu poziciju, ali na različitim mestima u prostoru (tačnije, u različitim provodnicima).

Za prenos više različitih poruka po jednom istom paru provodnika signali veze ne mogu ostati prilikom prenosa u istom frekventnom opsegu (300 Hz — 2400 Hz), jer bi se tom prilikom izmešali bez mogućnosti da ih na prijemu razdvojimo. Iz pomenutog razloga signali se pre izlaska na liniju izmeštaju iz svog prirodnog (fizičkog) frekventnog položaja i premeštaju u nove, više i različite frekventne položaje. Novi frekventni položaji signala veze su, zaprravo, novi frekventni opsezi koji se međusobno ne preklapaju pa ih je na prijemu pomoću filtara moguće razdvojiti. Ovakav sistem prenosa zove se — *frekventni multipleks*, svojevrsna »čarolija« pomoću koga je ostvareno »čudo« prenosa vrlo mnogo različitih telefonskih razgovora preko istog voda što je znatno unapredilo razvoj telefonije i drugih električnih telekomunikacija.

U dosadašnjem izlaganju moguće je uočiti da se u svim pomenutim sistemima istovremenog prenosa više različitih poruka operisalo sa tri ključna pojma:

a) prostorna pozicija,
b) frekventna pozicija i
c) vremenska pozicija.

Pojam vremenske pozicije bio je uveden posredno, jer se i u slučaju prostornog i u slučaju frekventnog multipleksa govorilo o *istovremenom* prenosu različitih poruka, što znači da je u oba slučaja pojava posmatrana u *istom* trenutku. Ovaj zaključak izražavamo izrazom: (t=const).



U sistemu prostornog multipleksa frekventna i vremenska pozicija su iste (konstante) za sve signale, a prostorna pozicija je varijabila (promenljiva) i menja se od signala do signala.

U sistemu frekventnog multipleksa konstante su vremenska i prostorna pozicija svih prenešenih signala, a menja se frekventna pozicija i drukčija je za svaki signal.

Čitalac već sam uviđa da preostaje još jedna mogućnost: frekventna i prostorna pozicija svakog signala na liniji veze (ne zaboravimo da pojavu posmatramo na liniji veze!) je ista, a menja se vremenska pozicija.

Uočimo, dakle, da pojavu više ne posmatramo u istom trenutku vremena nego u različitim vremenskim intervalima. Videćemo, kasnije, da intervala posmatranja pojave ima onoliko koliko i različitih poruka. Ovi intervali, poput analognih (odgovarajućih) prostornih (različite parice) i frekven tnih intervala (račličiti frekventni opsezi) se međusobno ne preklapaju. I, konačno, naglasimo već sada, u jednom trenutku na liniji može biti prisutan samo jedan signal koji sobom nosi samo jednu poruku.

Znači, više nije reč o istovremenom prenosu više različitih poruka. *Poruke se, naprotiv, prenose u različitim trenucima. Ali i na jednoj i na drugoj strani veze ova se neistovremenost uopšte ne primećuje.*

Ovakav sistem prenosa više istovremenih poruka zove se *vremenski multipleks.*

Teorijska prethodnica vremenskom multipleksu bila je čuvena *teorema o odabiranju.* Ova čisto matematička teorema daje odgovor na pitanje o mogućnosti predstavljanja jedne kontinualne vremenske funkcije njenim vrednosti.-tima u diskretnim (razdvojenim) trenucima vremena. Kontinualna (neprekidna) vremenska funkcija je ona funkcija koja u bilo kom trenutku vremena ima konačnu vrednost. Analiza kontinualnih vremenskih funkcija pokazuje da se svaka od njih može predstaviti konačnim brojem protstoperiodičnih funkcija od kojih svaka ima učestanost veću od nule, a manju ili jedanku nekoj najvišoj učestanosti F_m. Ako se uoči interval vremena definisan sa $T = \frac{1}{2 \times F_m}$ onda će kontinualna vremenska funkcija biti poznata i definisana u svakom trenutku ako su poznate njene vrednosti u trenucima $t_n = \frac{n}{2 \times F_m}$, gde je n prirodan broj. Ova teorema je navela istraživače da postave pitanje o mogućnosti prenosa kontinualnih signala tako što će se prenositi samo neke vrednosti tih signala u tačno određenim vremenskim intervalima. Istraživanja i eksperimenti su pokazali da je tako nešto moguće i radi ilustracije pojavu ćemo objasniti na nama bliskom primeru.

Fizički telefonski kanal se može predstaviti kontinualnom funkcijom u čijem spektru učestanosti (300 Hz — 3400 Hz) učestanost $F_m = 3400$ Hz je najviša. Prema teoremi odabiranja sve vrednosti fizičkog telefonskog kanala biće poznate ukoliko poznajemo vrednosti u trenucima

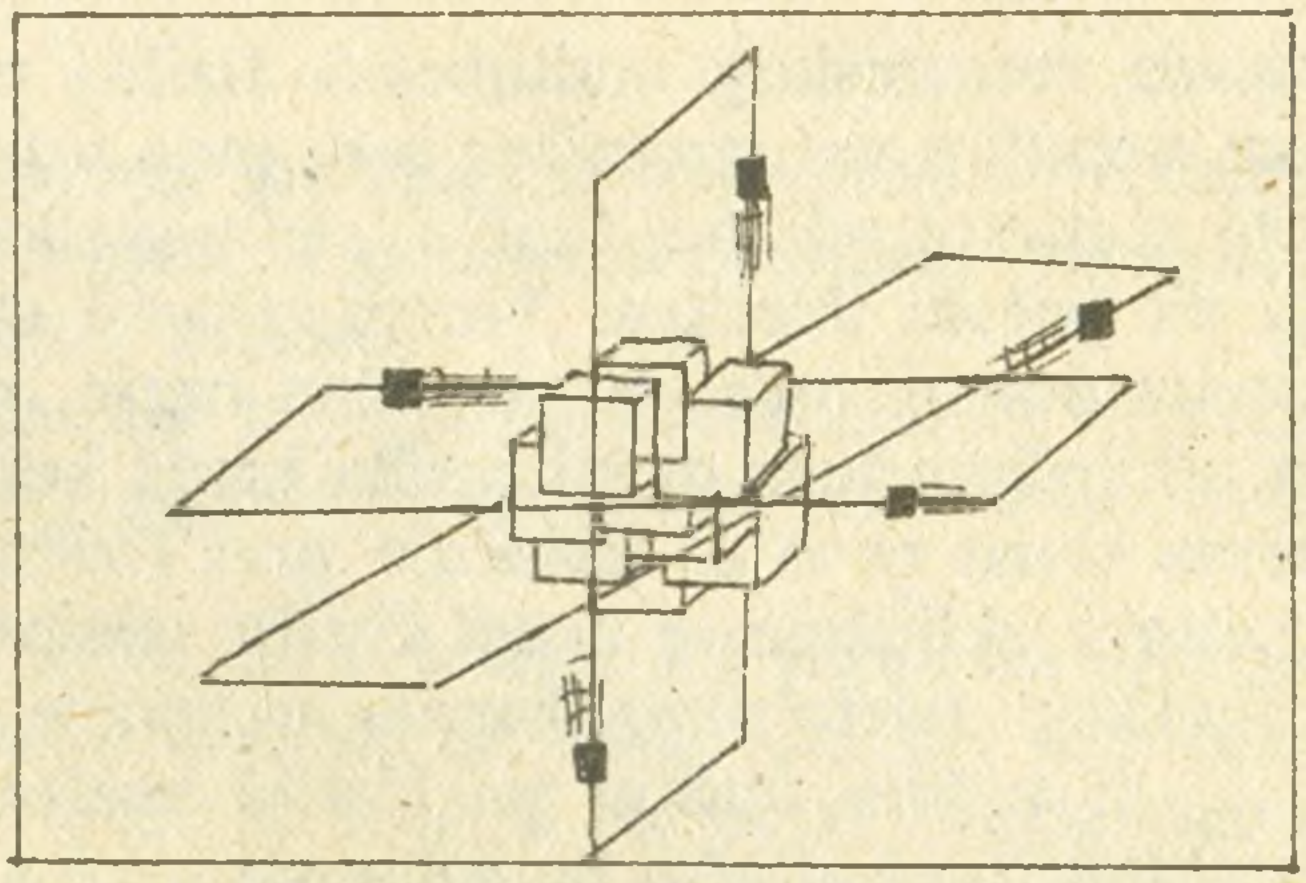
$$t = n \times (1:2 \times 3400\ \mathrm{Hz}) = n \times 14{,}7\ \mu s \quad \text{pri čemu je } n = 1, 2, 3, 4, \ldots$$

Znači, u sistemu vremenskog multipleksa fizički telefonski kanal ne prenosi se u svakom trenutku već ograničen broj puta u toku svake sekunde. Najmanje 6800 puta u svakoj sekundi fizički telefonski kanal se vrlo kratko pojavljuje na liniji pa potom iščezava. Vreme između dva pojavljivanja je vrlo kratko, ali sasvim dovoljno da, na pogodan način, pomoću brzih elektronskih prekidača, uključimo neki drugi fizički kanal kojim se prenosi neka druga poruka. Prema tome prvo se uklučuje prvi fizički telefonski kanal, po njegovom isključenju uključuje se drugi fizički telefonski kanal, po isključenju drugog fizičkog telefonskog kanala uključuje se treći fizički telefonski kanal ..... U našem slučaju svi fizički telefonski kanali moraju se jedan za drugim uključiiti i isključiti po jedanput u toku 147 mikrosekundi. Sve se ponavlja i narednih 147 mikrosekundi što znači da se preoces uzastopnog uključianja i isključivanja različtih fizičkih telefonskih kanala mora dogoditi najmanje 6800 puta u svakoj sekundi. Rekli smo — najmanje jer broj ovih ponavljanja može biti i veći, tada je kvalitet prenosa bolji.

Iz izloženog je jasno da se u jednom trenutku na liniji može naći samo signal jednog fizičkog kanala i da se sukcesivno jedan za drugim uključuju različiti parovi sagovornika. Na priloženom crtežu prikazana ja četvorokanalna veza u sistemu vremenskog multipleksa,. Na jednoj srani veze su korisnici A_1, A_2, A_3 i A_4, a na drugoj strani su njihovi sagovornici B_1, B_2, B_3 i B_4. Vrlo brzi elektronski prekidači P_a i P_b u prvom trenutku dovedu u međusobnu vezu korisnikae A_1 i B_1. Nakon kraćeg uključenja i isključenja korisnika A_1 i B_1 u sledećem se trenutku dovode u međusobnu vezu korisnici A_2 i B_2. i,.t.d. Za signal koji se prenosi u sistemu vremenskog multipleksa kaže se da je *diskretiziran* u vremenu što znači da je predstavljen skupom svojih vrednosti u različitim vremenskim trenucima. Normalno je postaviti pitanje kako se na prijemu signal koji je stigao u diskretiziranom vidu ponovo pretvara u kontinualan signal! Pre nego što diskretiziran signal, zapravo fizički telefonski kanal dopre do slušalice ili zvučnika koji će ga pretvoriti u zvuk on prolazi kroz niskopropusni filter. Jedna od osobina ovog filtera j da na svom izlazu daje kontinualan signal ukoliko se na njegov ulaz dovede diskretiziran signal.

Vratimo se ponovo prostornoj, frekventnoj i vremenskoj poziciji u različitim sistemima multipleksa. Svaki od sistema multipleksa ostvaren je tako što su se dve od tri vrste pozicija koje mogu imati signali veze učinile istim za svaki signal. Treća pozicija se menjala od signala do signala, a prema njoj je multipleks dobijao ime. Zianteresovanim čitaocima predlažemo da razmisle o fizičkoj izvodljivosti variranja sve tri pozicije svakog od signala.

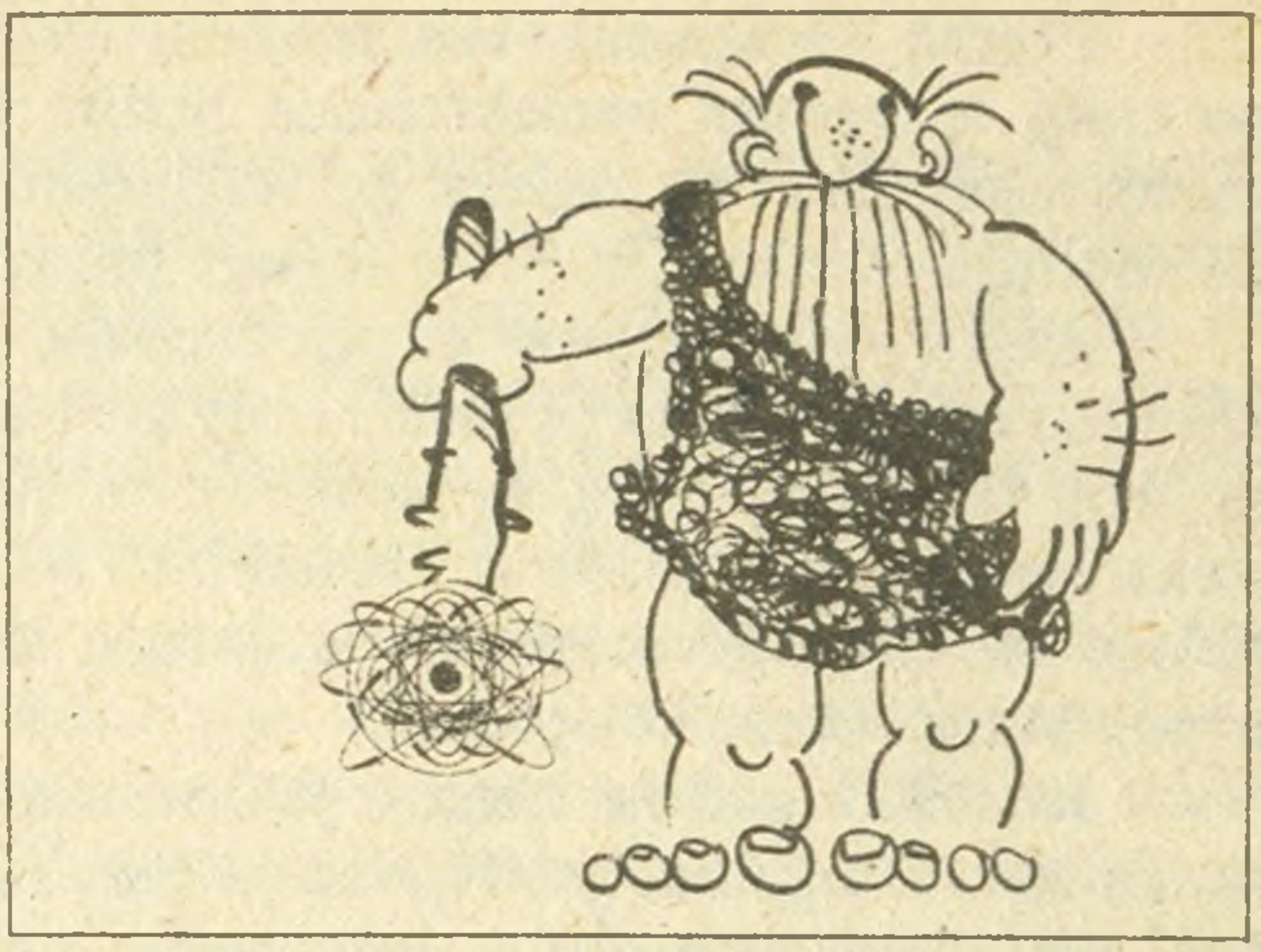
Zanimljivo je da je tehničkoj realizaciji vremenskog multipleksa prethodila i neposredno je uslovila jedna »nepraktična« matematička teorema o odmeravanju. Podsetimo se da je i Bulova oaglebra u vreme svog zasnivanja, takođe važila kao nepraktična. Danas, međutim, bez poznavanja i primene Bulove algebre ne bi bio moguć rad računskih mašina i automata. Takvih primera ima mnogo. Zaista, *ništa nije praktičnije od teorije.*



Indijski filozof Kanada (Kanada na sanskritu znači »gutač atoma«) još pre početka nove ere govorio je da je beskonačna deljivost materije apsurd, jer je u tom slučaju i najmanje zrno jednako planini, zato što je »... beskonačno uvek jednako beskončnom«. Najsitnija čestica u prirodi, govorio je Kanada, je zrnce prašine u Sunčevom zraku (Smatrao je da Sunčeve zrake čine vrlo sitna zrnca prašine); ona se sastoji od šest atoma, od kojih su po dva spojena u par »voljom božjom ili još nečim«.

Lj. R.

IZ ISTORIJE



MODELI ATOMA

VLADIMIR ADAMOVIĆ (Kučevo)

U 19. veku mnogi naučnici su postavili pitanje, kako voda u kojoj je rastopljena so — natrijum hlorid — provodi električnu struju. Odgovor na ovo pitanje dao je Svante Arenius 1884. godine. On smatra da atomi mogu biti pozitivno naelektrisani, negativno naelektrisani ili neutralni. Dalje, Arenius objašnjava, da je molekul natrijum hlorida elektro neutralan, ali se sastoji iz pozitivnog natrijumovog atoma i negativnog hlorovog atoma. Kada se natrijum hlorid rastvori u vodi, dolazi do raspada neutralnog molekula na pozitivne i negativne atome, i u tom slučaju rastvor postaje provodnik. Arenius je naelektrisane atome nazvao jonima.

Međutim, u ovoj interpretaciji odmah se javila poteškoća kad je upoređen naelektrisan i neutralan atom. Naelektrisan atom mora imati nešto više od neutralnog atoma, ili nema nešto što pak neutralan atom ima. Ako naelektrisan atom stvarno nema nešto što neutralan atom ima, onda je atom deljiv, a to se protivilo tadašnjem shvatanju, koje potiče još od Leukipa i Demokrita, da je atom nedeljiv.

Rešenje ovog problema bilo je potpomognuto eksperimentima koji su izveli Masson, Gassiot i Crookes.

Godine 1853. Masson primećuje da električna varnica skače na većoj udaljenosti u cevi iz koje je isisan vazduh nego u vazduhu van cevi. Godinu dana kasnije Gassiot eksperimetniše sa Geisslerovim cevima napunjenim raz ličitim gasovima. Gassiot je primetio da se prilikom prolaska jake električne struje kroz gas, pojavljuje obojena svetlost karakteristična za gas kojim je cev napunjena. William Grookes 1878. godine stavio je u cev sa gasom točkić sa lopaticama. Prilikom propuštanja električne struje kroz gas, točkić se okretao. Grookes je zaključio da iz katode izlaze neke čestice koje udaraju u lopatice točkića i zato se on okreće. Ubrzo je bilo utvrđeno da su te čestice negativno naelektrisane, pa ih je G. J. Stoney 1891. godine nazvao elektroni.

Posle navedenih eksperimenata, Areniusovi zaključci o jonima upućivali su na to da su elektroni sastavni deo atoma. Međutim, kako je atom elektro neutralan, a elektroni negativno naelektrisani, bilo je jasno da u atomu mora postojati nešto što je pozitivno naelektrisano.

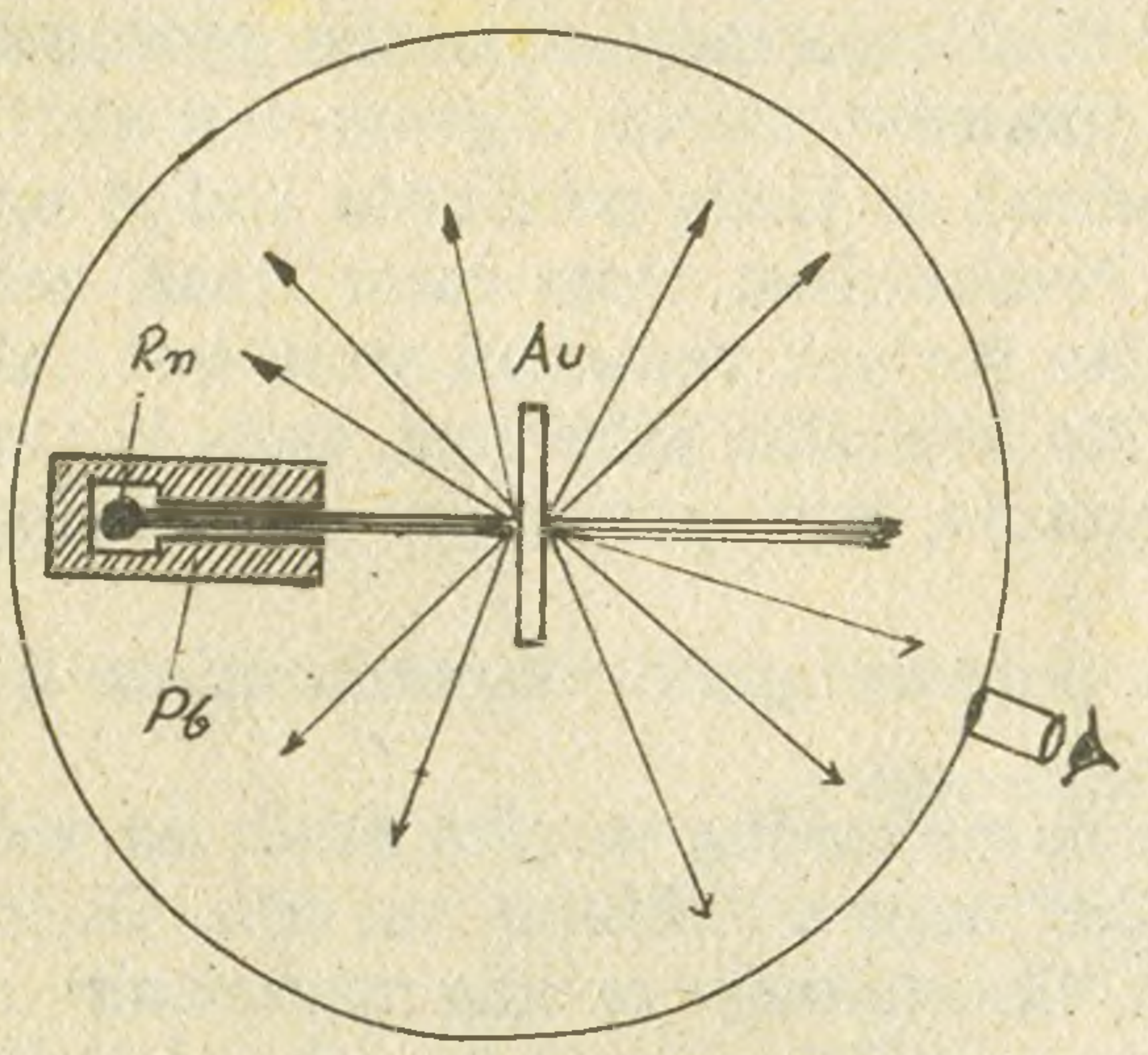
W. Thomson 1902. godine predlaže prvi model atoma. Ovaj model atoma razrađuje J. J. Thomson 1904. godine i on se danas zove (Thomsonov ili statički model atoma.

Prema Thomsonovom modelu atom bi bio sfera, koja je ravnomerno po celoj zapremini naelektrisana pozitivnim naelektrisanjem. U toj pozitivno naelektrisanoj sferi, nalaze se negativno naelektrisani elektroni, koji mogu da osciluju oko svojih ravnotežnih položaja.

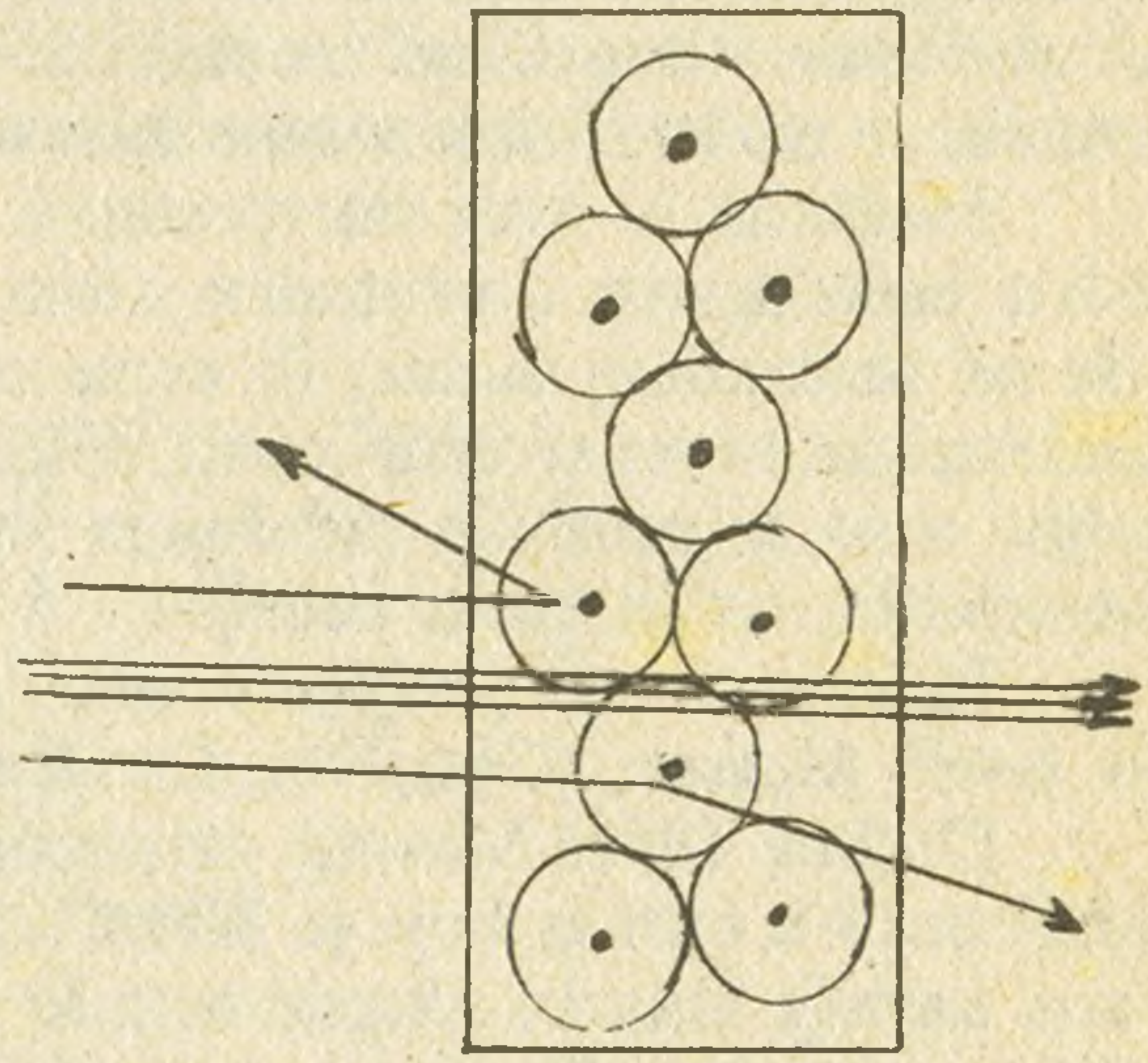
Atom vodonika po ovom modelu ima jedan elektron koji se nalazi u središtu sfere i ako se pomeri iz tog položaja, on će oscilovati oko ravnotežnog polžaja. Pomoću ovog modela atoma sa uspehom objašnjavamo emitovanje elektromagnetnih talasa iz atoma kao oscilatora i dr. Međutim, ovakvim modelom atoma, nije se moglo objasniti niz drugih eksperimentalnih činjenica a pre svega atomski spektri.

Još 1903. godine Lenard je konstatovao da beta zraci prolaze kroz tanke listiće nekih supstancija. Njemu je bilo čudno kako beta zraci, koji su u suštini elektroni, tako lako prolaze kroz supstanciju, jer po Thomsonu atomi su, kao što smo videli, pozitivno naelektrisane sfere u kojoj se nalaze elektroni. Imajući u vidu Thomsonov model atoma, Lenard je dao hipotezu da pozitivni deo atoma zauzima vrlo mali deo zapremine atoma.

Krajem prve i početkom druge decenije 20. veka Ernest Rutherford izvodi eksperiment sa alfa čeşticama, koji je imao odlučujući doprinos za uspostavljanje tačnijeg modela strukture atoma. Rutherfordov eksperiment, sl. 1. sastojao se u sledećem.



Slika 1


Slika 2

Radioaktivni radon (Rn) je stavljen u olovno kućište (Pb), sa uskim otvorom da bi se dobio paralelan snop alfa čestica. Snop alfa čestica je usmeren na tanak listić zlata (Au). Pošto su alfa čestice nevidljive, Rutherford j kao detektor koristio ekran prekivren slojem cink-sulfida. Kada alfa čestice udaraju u ekran, izazivaju na njemu svetlucanja-scintilacije. Scintilator je mogao da se pomera po krugu, čiji je centar na mestu udara alfa čestica o lis tić. Rutherford je došao do iznenađujućeg rezula.at. Najveći broj alfa čestica prolazi nesmetano kroz metalni listić, manji deo skreće a neznatan bro se vraća nazad kao da se elastično odbijaju od listića.

Analizirajući rezultate eksperimenta, Rutherford je 1911. godine predložio svoj model atoma. Prema njegoviom modelu, skoro sva masa atoma je pozitivno naelektrisana i predstavlja jezgro atoma, a zauzima mali deo njegove zapremine. Oko jezgra atoma kruže elektroni, koji su raspoređeni po celoj zapremini atoma. Zbog postojanja atomskog jezgra — nukleusa ovaj model je nazvan nuklearni model atoma. Ovaj model podseća na Sunčev planetarni sastav, gde jezgro odgovara Suncu a elektroni planetama, zbog čega se ovaj model naziva još i planetarni model atoma.

Na slici 2, prikazan je uvećan presek metalnog listića koji se bombarduje alfa česticama. Kružići predstavljaju atome prema Rutherfordovom modelu atoma, a tačke u sredini predstavljaju jezgra atoma. Pošto su dimenzije atomskog jezgra male, lako je shvatiti zašto najveći broj alfa čestica nesmetano prolazi kroz listić. One alfa čestice koje prođu u neposrednoj blizini atomskog jezgra, biće skrenute pod dejstvom snažnog elektrostatičkog polja, a one koje idu pravo na jezgro odbiće se od njega i vratiće se nazad. Masa elektrona je oko 7000 puta manja od mase alfa čestice, zato oni ne predstavljaju nikakvu prepreku.

Rutherfordov model atoma ubrzo je upao u nepremostive poteškoće, jer se nije mogla objasniti njegova stabilnost, a njime se nisu mogli objasniti ni linijski spektri. Izlaz iz nastale situacije našao je Nils Bor 1913. godine po cenu uvođenja novih pretpostavki. Borove pretpostavke sadržane su u Borovim postulatima o kojim je nešto rečeno u časopisu MLADI FIZIČAR br. 16 na 11 strani.

OBAVEŠTENJA UREDNIŠTVA

1. *Mladi fizičar* objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i unapređenju njihova već stečena znanja i shvatanja, a koji su stručno i didaktički prilagođeni njihovom uzrastu. Namenjen je učenicima i svim ostalim 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 A4 (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 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 66 dinara.** Naručiocima više od 20 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, fičiziara i astronoma SR Srbije broj 60806-678-10766, Beograd, sa obaveznom naznakom *za Mladi fizičar.*

4. Narudžbenice, 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 osala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 16,50 DIN