OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

MLADI FIZIČAR objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i svima koje interesuju prirodne nauke.

PRILOZI KOJE NAM ŠALJETE, osim rešenja zadataka, treba da budu otkucani sa dvostrukim proredom na hartiji formata A4 i ne treba da budu duži od pet kucanih strana. Crteži moraju biti izrađeni tušem na posebnoj hartiji. Na odvojenom listu treba ispisati ime i prezime, zvanje i zanimanje, adresu i broj žiro računa, odnosno potpisanu izjavu da se ne poseduje žiro račun.

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

MLADI FIZIČAR izlazi četiri puta godišnje, a **GODIŠNJA PRETPLATA ZA SVA ČETIRI BROJA IZNOSI 100 DINARA.** Možete da postanete pretplatnici kada to poželite. Potrebno je samo da nas običnim pismom obavestite o broju kompleta na koje se pretplaćujete, da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro račun Društva fizičara Srbije,

60806-678-77766

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

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

MOŽETE NARUČITI I KOMPLETE RANIJIH GODIŠTA.

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

Knez Mihailova 35/IV, p. p. 791., 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 25 DIN

22
81/82

mladi fizičar

časopis iz fizike za učenike

DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR

časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina VI
broj 22
(1981/82)

YOUNG PHYSICIST
Magazine for elementary and secondary school students

JEUNE PHYSICIEN
Journal pour les éleves des l'école élémentaires et secondaires

JUNGER PHYSIKER
Zeitschrift für Volks — und Mittelschüler

МОЛОДОЙ ФИЗИК
Журнал учеников основной и средних школ

IZDAJE
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/IV
p. p. 791

Ljubo RISTOVSKI
glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN
urednik

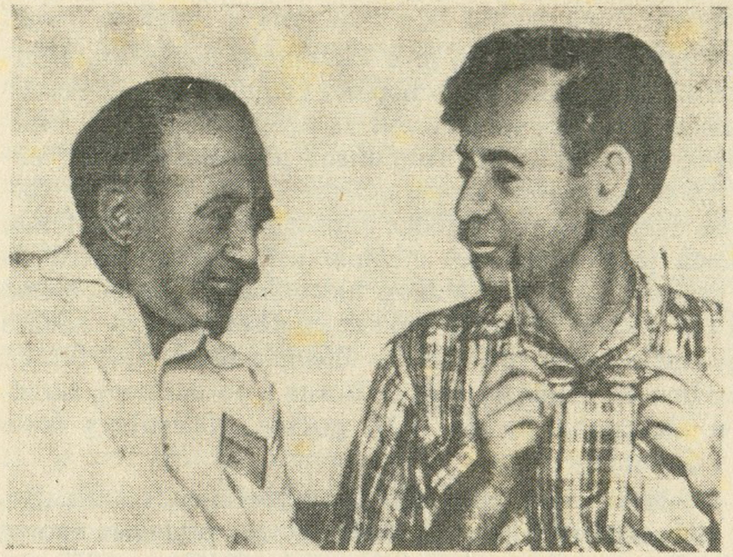
Uređivački odbor
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Milan DIMITRIJEVIĆ
Jablan DOJČILOVIĆ
Draško GRUJIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Dragana POPOVIĆ
Budo RADOJEVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Aleksandar SREĆKOVIĆ

SADRŽAJ

D. Koledin: Fizička matematika Vernera Hajzenberga 1
LJ. Ristovski: Hajzenbergova relacija neodređenosti 4
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama II .. 8
V. Adamović: Otkriće prirodne radioaktivnosti.... 12
D. Filipović: Koronalno pražnjenje I 15
Razbijanje atoma 18
Proveravanje Omovog zakona 20
V. Živanović: Provea zakona o održanju energije 23
S. Planić: Određivanje ubrzanja Zemljine teže 24
T. Senćanski: Pokretni fizički kabinet 27
L. Rak: Fotografija (I deo) 29
Biblioteka »Mladog fizičara« 32
Konkursni zadaci Z145
E — zadatak Z148
Nagradni zadatak Z149
Zadaci — pitanja Z149
Takmičarski zadaci Z150
Rešenje zadataka Z153

Vinjete: *Nedeljko Ubović* i *Milan Zec*

ŽIVOT I DELO



WERNER HEISENBERG i LAV LANDAU (1959)

FIZIČKA MATEMATIKA VERNERA HAJZENBERGA

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Još je Galilej prikazivao brzinu jačinom, pravcem i smerom, tvorevinom koju danas nazivamo *vektorom* i koja je mnogo smislenija od njene uobičajene »likovne« interpretacije — usmerene duži. Matematičari, savremenici i zemljaci Galilejevi, uveli su u algebru složene, tzv. *kompleksne brojeve* za čija su potpuna određenja neophodna dva uređena podatka. Tek kada su kompleksni brojevi »preneti« na ravan crteža, dva stoleća kasnije, matematičari su sagledali mogućnost »računanja« sa geometrijskim objektima — dužinama. Fizičari su upravo tu algebru upotrebili za operativnije opisivanje kretanja tela u ravni. Irski astronom i matematičar Hamilton segao je dalje: ukazao je na mogućnost računanja, a otuda i opisivanje složenijih kretanja, s *celinama sačinjenim od tri ili više delova.* Odgovarajuće računske operacije odvijaju se u *prostoru* sa tri ili više dimenzija, a odgovarajuća algebra odlikuje se bitnom izuzetnošću — *proizvod višekomponentnih celina, u oznakama A i B, na primer, ne mora biti komutativan, tj. AB ne mora biti jednako BA*! Pomenuti Hamilton iz Dablina, više od ilustracije računa s višekomponentnim celinama, uveo je u matematiku po pravouglu raspoređene brojeve —

simbole koje je Kejlej sredinom prošlog veka nazvao *matricama*. Godine 1925. Hajzenberg je fizički osmislio *nekomutativnost matrica* i tako zasnovao kvantnu mehaniku.

Inače, Verner Karl Hajzenberg rođen je u Vircburgu, Nemačka, 1901. godine. U to vreme *kvant energije* je bio »star« nepunu godinu. Kada je Verner proslavio četvrti rođendan, Ajnštajn je objasnio *fotoefekat*, opisujući svetlost kao roj čestica. Otprilike, kada je Bor folmurisao *postulate kvantne teorije* i postavio dobrim delom prihvatljiv *model atoma*, Verner je završio četvrti razred osnovne škole. Studije teorijske fizike započeo je kod Zomerfelda, u Minhenu, u doba kada je *Komptonovim efektom* još jednom potvrđeno da je svetlost i čestične prirode. Rešenjem jednog hidrodinamičkog problema Verner Hajzenberg je 1923. godine odbranio doktorsku disertaciju, a godinu dana kasnije de Brolji je smelo i duhovito razrešio *dilemu o talasu i(ili) čestici*. Od tada, kada je postavljen za asistenta Maksa Borna i Jordanovog saradnika na Univerzitetu u Getingenu, pa do 1927. godine, Hajzenberg često odlazi u Kopenhagen i dopunjuje Bora.

Naime, o Boru — »čoveku genijalne intuicije i prefinjenih osećanja«, sam Hajzenberg, koji je matematičkim aspektima teorije pridavao veoma veliki značaj, piše: »*Za Bora je shvatanje odnosa među fizičkim veličinama sledilo ne iz matematičke analize teorijskih pretpostavki, već iz intenzivnog proučavanja samih pojava, što mu je omogućavalo pre intuitivno shvatanje, nego formalno izvođenje ovih odnosa.*« Ipak, Borova klasična kvantna teorija otkrivala je pred eksperimentalnim, uglavnom spektroskopskim podacima čak o helijumu, po jednostavnosti izgradnje drugom elementu, dublje, ne samo formalne nedostatke.

Fizika je i stroga nauka: »... *onda, kada možete meriti ono o čemu govorite i izraziti ga brojevima, vi o tome znate nešto*«, zapisao je još lord Kelvin. Hajzenberg je eksperimentalno dostupne, dakle, *fizičke veličine* koje karakterišu prelaz između dva stacionarna atomska stanja (vidi »Kvantni skok«, Mladi fizičar, br. 20) zapisao u kvadratne šeme. Zapravo, od pred kraj prošlog veka, pa do Hajzenbergovih dana, u atomskoj fizici su uglavnom »merili i izražavali brojevima« frekvencije i intenzitete linija u atomskim spektrima. Tako, primera radi, Hajzenbergova šema frekvencija izgledala bi

$$\begin{Vmatrix} \nu_{11} & \nu_{12} & \nu_{13} & \cdots \\ \nu_{21} & \nu_{22} & \nu_{23} & \cdots \\ \nu_{31} & \nu_{32} & \nu_{33} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \end{Vmatrix}$$

gde frekvencija ν_{12}, recimo, odgovara prelazu između stacionarnih putanja 1 i 2. Bitno je, međutim, da je Hajzenberg svakoj fizičkoj veličini pridružio jednu ovakvu šemu, a da je Born u njima prepoznao pomenute matematičke tvorevine — *matrice*. Računanjem s ovim matematičkim objektima — algebru matrica — matematičari su do 1925. godine već uveliko razradili. Kvantna mehanika je, tako, formalno zasnovana.

Široka i operativna matematička osnova teorije iznudila je novo razumevanje fizičkih zbivanja. »*Bog se ne kocka*«, izjavio je Ajnštajn, suprotstavljajući se Boru, a Hajzenberg je godinu dana kasnije, 1927., zapisao: »... *možda bi trebalo postulirati da priroda dozvoljava postojanje samo onih eksperimentalnih situacija koje se mogu opisati u okvirima kvantnomehaničkog formalizma. To bi, očevidno, značilo da se, polazeći od matematičkog formalizma, ne mogu istovremeno odrediti položaj i brzina čestice.*« Zaista, »polazeći od matematičkog formalizma«, imamo sledeću »neformalnu« situaciju: ako položaj mikročestice opišemo matricom X, a njenu brzinu, odnosno impuls, matricom P, onda $XP \neq PX$, ili, $PX - XP = ih/2\pi$, gde je h Plankova konstanta ($6{,}62 \cdot 10^{-34}$Js); s druge strane, ako istovremeno merimo položaj i impuls čestice, čineći pri tome odgovarajuće greške ΔX i ΔP, »polazeći od matematičkog formalizma«, dobijamo:

$$\Delta X \Delta P \geqslant h/4\pi,$$

što je tzv. *relacija neodređenosti*.

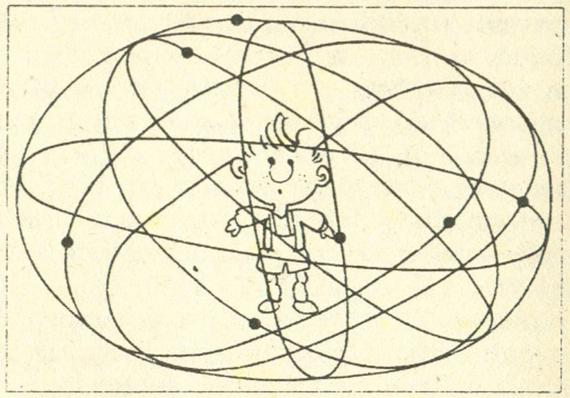
Diskusija i zaključak: Potpuno tačno određen položaj čestice plaća se cenom potpune neodređenosti njenog impulsa, kao i obrnuto. Slično, potpuno tačno određena energija sistema plaća se cenom potpune neodređenosti vremena njegovog »života«, kao i obrnuto... *Elektron, dakle, nema trajektoriju, pa otuda ni bilo koje druge dinamičke karakteristike*!? *Uopšte, za sistem sačinjen isključivo od mikročestica nemoguće je izgraditi ma kakvu celovitu mehaniku*!? Iskustvo Bora, Hajzenberga i njihovih saradnika još jednom je potvrdilo da je često teže dokazati nemogućno, nego mogućno. Ovoga puta Hajzenberga je dopunio Bor: miali i veliki sistemi, »deo i celina«, ukratko — kvantna i klasična mehanika *korespondiraju*. Korespondencija je punim sadržajem otelotvorena u činu merenja. Smisao merenja, u najdubljem značenju, opisao je Bor.

Za sve prethodno Verner Hajzenberg je 1932. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku.

»Fizička matematika« Vernera Hajzenberga osvedočila se i u drugim oblastima. Hajzenberg je, naime, među prvima imao ideju da je sadržaj *simetrija* u fizici bogatiji i upotrebljiviji od vizuelnog i geometrijskog značenja tog pojma. Uz to, za vreme Drugog svetskog rata sarađivao je na vojnim projektima razvoja nuklearnog oružja. Držao je do antičke filozofije, naročito do Platona.

Verner Hajzenberg je umro 1976. godine.

ŠTA JE...



HAJZENBERGOVA RELACIJA NEODREĐENOSTI

LJ. RISTOVSKI *(Beograd)*

Izgleda pomalo paradoksalno, ali činjenica je da savremena fizika svoje najkompletnije i najlepše teorije duguje onim otkrićima koja su rezultirala određenim zabranama. Kada se došlo do saznanja da je »*nemoguće konstruisati perpetuum mobile*«, stvorena je termodinamika. »*Nemoguće je premašiti brzinu svetlosti*« označava rađanje teorije relativnosti. »*Nemoguće je zračiti energiju u proizvoljno malim količinama, već samo u kvantima*« je kamen temeljac na kome počinje izgradnja impozantne zgrade kvantne teorije, a »*nemoguće je istovremeno tačno odrediti položaj i brzinu* (*impuls*) *mikročestica*«, označava početak kraja te izgradnje i stvaranje nove, savremene teorije merenja u fizici.

To su činjenice, a još od Njutnovog vremena, kada se verovalo u svemoć klasične mehanike, učili su nas, a ponegde i danas to čine, da je nauka svemoguća. To sigurno nije istina, kao što je istina da je nauka moćna, a njena moć se ogleda ne samo u sposobnosti da otkrije i upotrebi prirodne zakone, nego i u sposobnosti da u potpunosti sagleda svoju ograničenost. Jedino tako može da se shvati njena moć, a to saznanje je neophodno. Bilo je trenutaka kada je »nauka«, ne umevši da sagleda ili ne želeći da shvati to, činila velika zla, pre svega sebi, a i svetu uopšte, jer je bila korišćena kao oružje za razne mračne ciljeve.

Čovek, po svemu sudeći, ne voli reč nemoguće. Ima takvih koji se i danas trude da konstruišu perpetuum mobile, mnogi pokušavaju da sruše teoriju relativiteta i kvantnu teoriju. Da nije bilo reči nemoguće, verovatno ne bi bilo toliko jalovih pokušaja. I smešno je i tužno što čovek svako »nemoguće«, čak kada je ono principijelnog karaktera, oseća kao atak na svoje osećanje svemoćnosti. Zato, sve što dira u to osećanje obično se automatski i neargumentovano odbacuje. Takvu je sudbinu doživela i kvantna mehanika na koju se često nepravedno gledalo kao na apstraktnu fizičku teoriju, koja je pre spekulativna, nego konkretna. Njen poseban greh je što se usudila da protivreči nekim shvatanjima i da negira neke od

naučnih pogleda koji su vekovima neprikosnoveno vladali naukom. Među najveće grehove kvantne mehanike ubrajalo se i njeno *tumačenje fizičkog eksperimenta*, o kome će ovde biti reči.

Fizičko merenje, ili kraće, merenje, jeste *međudelovanje mernog uređaja i objekta* (*sistema*) na kome se merenje vrši. Merenje temperature vode, na primer, je međudelovanje termometra (mernog uređaja) i vode (objekta). Rezultat tog međudelovanja je, pre svega, promena stanja termometra, tj. podizanje nivoa živinog stuba na osnovu čega i određujemo temperaturu.

Kao što objekt na kome se vrši merenje deluje na merni uređaj, tako i merni uređaj deluje na objekt merenja. Osnovni zahtev preciznog fizičkog merenja je da se što je moguće više umanji ovaj uticaj. Da bismo ovo ilustrovali, vratićemo se na merenje temperature vode. Zamislimo da treba da izmerimo temperaturu vode koja se nalazi u maloj bočici. Ovo merenje moramo izvršiti termometrom malih dimenzija, odnosno termometrom čiji je rezervoar sa živom znatno manji od dimenzija bočice u kojoj se nalazi voda. Ako ovaj zahtev ne poštujemo i upotrebimo neprigodan termometar, dobićemo neprihvatljive rezultate. Termometar sa velikim rezervoarom žive može predati, ili primiti od vode tako veliku količinu toplote da to dovede do znatne promene temperature koju treba meriti. Što je rezervoar sa živom manji, to će biti i manja promena temperature vode usled međudelovanja sa termometrom.

Usled delovanja mernog uređaja menja se i stanje objekta merenja. Zbog toga se merenjem određuju parametri koji definišu ovo promenjeno stanje objekta merenja. *Da li je onda moguće meriti vrednosti koje karakterišu pravo stanje objekta merenja*? Prema shvatanjima klasične fizike — jeste. Smatra se da je to samo neprincipijelan problem i da se uticaj mernog uređaja može proizvoljno umanjiti i, u principu, potpuno otkloniti, ili precizno odrediti. Prema tome, klasična fizika priznaje potpuno tačno merenje, tj. dopušta mogućnost (principijelnu) određivanja pravog stanja ojekta merenja. To što se u praksi takvo merenje ne može obaviti, posledica je nesavršenosti mernih uređaja kojima se raspolaže. Ovo je jedno od shvatanja kome će se suprotstaviti kvantna mehanika.

Kada kažemo da klasična fizika dopušta mogućnost preciznog određivanja pravog stanja objekta merenja, imamo na umu da je stanje određeno sa više fizičkih veličina i da se sve one mogu tačno meriti. Tako, ako se eksperimentalno ispituje mehaničko stanje sistema, onda se, prema klasičnoj fizici, mogu istovremeno tačno meriti i položaj (koordinate) i impuls, ili energija tela. Ili, ako se određuje stanje gasa, onda se mogu istovremeno tačno meriti i pritisak i temperatura i zapremina. I ovom shvatanju, shodno kome je moguće istovremno i sa proizvoljnom tačnošću meriti više fizičkih veličina, suprotstavila se kvantna mehanika.

Kvantna mehanika je mehanika mikročestica. S obzirom na ekstremnu minijaturnost objekta čijim se ispitivanjem bavi, razumljivo je da se merenja u kvantnoj fizici odlikuju mnogim specifičnim

karakteristikama. Kao i u svakom merenju, postavlja se problem izbora mernog uređaja i problem njegovog međudelovanja sa objektom merenja-mikročesticom. Očigledno je da ulogu mernog uređaja mora odigrati neka druga mikročestica. Ako se merenje vrši na elektronu, onda ulogu mernog uređaja može odigrati foton, ili neka druga neutralna čestica čija je masa što je mogućno manja. Ovakav izbor nameće uslov da međudelovanje mernog uređaja i objekta merenja bude što manje. Međutim, ovaj zahtev nije moguće zadovoljiti, bar ne na način kako se to čini u klasičnoj fizici, jer to ne dopušta kvantna priroda objekta merenja.

Razmotrimo, primera radi, *merenje položaja elektrona.* Neka se elektron nalazi u sastavu nekog atoma. Imajući na umu gore pomenuti zahtev, ozračimo elektron snopom fotona što je mogućno manje energije. Ali, elektron je »probirljiv«! On interreaguje samo sa fotonima koji su u stanju da promene njegovo kvantno stanje, odnosno, slikovito rečeno, sa fotonima koji su u stanju da ga prebace sa niže na višu orbitu. Prema tome, mi i ne možemo da po volji regulišemo međudelovanje elektrona i fotona, pa ga zato i ne možemo učiniti proizvoljno slabim. Izgleda da jedino možemo izabrati fotone koje će elektron prebaciti u prvo više kvantno stanje, koje i određuje granicu do koje možemo, našom voljom, umanjivati međudelovanje objekta merenja (elektrona) i mernog uređaja (fotona). Međutim, takvim izborom, ma kako to čudno bilo, nećemo poboljšati, nego pogoršati kvalitet merenja; dobićemo lošije rezultate. Ova prividna protivrečnost ima jednostavno objašnjenje i uzork.

To što foton jako interreaguje sa elektronom i nije, bar tako se zasad čini, najveći problem pri određivanju položaja elektrona. Postoji još jedan vrlo važan problem. To je talasna priroda mikročestica, a to znači i fotona. Da bismo što tačnije odredili položaj elektrona, potrebno je da ga ozračimo fotonima što je mogućno manje talasne dužine. Međutim, što je manja talasna dužina, to je veća energija fotona, jer je $E = \frac{hc}{\lambda}$, pa je međudelovanje sa elektronom jače. Zato, kada elektron ozračimo fotonima male talasne dužine, i tako odredimo njegov položaj, elektron će, usled međudelovanja sa fotonom, toliko promeniti svoju energiju (impuls), da o merenju impulsa više ne može biti reči. Odavde sledi vrlo važan principijelan zaključak da se *ne mogu istovremeno meriti i tačno izmeriti položaj i impuls mikročestice*. Ako je merenje položaja izvršeno s velikom tačnošću (malom preškom), a to znači da smo koristili fotone vrlo male talasne dužine, to će naknadno merenje impulsa moći da se izvrši sa znatno manjom tačnošću (većom greškom), jer su fotoni prilikom prvog merenja doveli do velike promene stanja mikro čestice. Ova ograničenost tačnosti merenja položaja i impulsa mikročestica iskazana je *Hajzenbergovim principom neodređenosti*, kojim je, pored ostalog, ustanovljena i veza između neodređenosti koordinate Δx i impulsa Δp, ili, može se i tako reći, između greške Δp, koja se čini pri merenju impulsa, i greške Δx, koja se čini pri merenju položaja. Ta veza je sledećeg oblika

$$\Delta x \cdot \Delta p \geqq h/4\pi,$$

gde je h Plankova konstanta. To je poznata *relacija neodređenosti.*

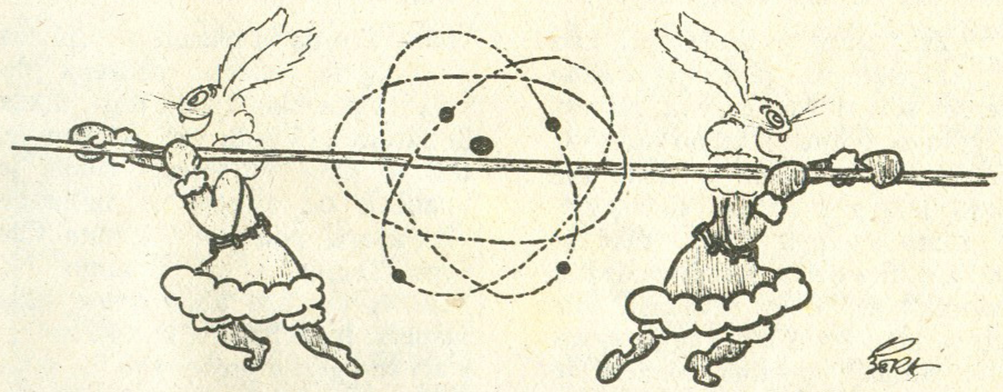
Relacija neodređenosti, iako naizgled jednostavna, izuzetno je sadržajna i govori vrlo mnogo. Pre nego što je malo proanaliziramo, važno je uočiti da je ona *strog prirodni zakon*, a ne posledica nesavršenosti mernih uređaja. Ona tvrdi da je *u principu nemoguće istovremeno odrediti impuls i položaj mikročestice tačnije nego što dopušta napisana nejednakost.*

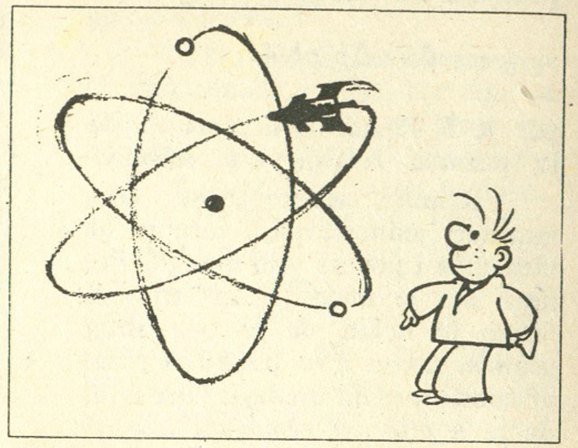
Ako se uzme u obzir da se impuls čestice može povezati sa talasnom dužinom λ $\left(p = \frac{h}{\lambda}\right)$ talasa kojim se opisuju njena talasna svojstva, onda se relacija neodređenosti može i ovako iskazati:

Ne mogu se istovremeno i tačno odrediti položaj i talasna dužina mikročestice.

Ovakva interpretacija relacije meodređenosti nije formalnog karaktera. Ona kazuje da se ne mogu istovremeno precizno odrediti čestična i talasna priroda mikročestica. Talasnu prirodu, naravno, određuje talasna dužina λ, a čestičnu koordinata (položaj). Zato, *istovremena upotreba pojmova »talas« i »čestica« ima ograničen smisao.*

Da bismo ilustrovali ono što relacija neodređenosti tvrdi i pokazali o kolikoj se neodređenosti radi, navešćemo i neke podatke koji se odnose na određivanje položaja i impulsa elektrona u atomu. Ako želimo da znamo da li se elektron nalazi ili ne nalazi u atomu, treba da izvršimo merenje položaja sa neodređenošću Δx koja ne sme biti veća od dimenzija atoma. Ako je u pitanju atom vodonika, čiji je prečnik oko 10^{-10} m, onda će biti $\Delta x = 10^{-10}$ m. U tom slučaju, iz relacije neodređenosti sledi da je neodređenost impulsa jednaka $\Delta p = 6 \cdot 10^{-19}$ gcm/s. Da li je to mnogo? Odgovor je potvrdan; izuzetno mnogo, jer ako je neodređenost impulsa tolika, onda je neodređenost kinetičke energje elektrona jednaka $\Delta E_k = 1{,}8 \cdot 10^{-3}$ J. To je 10 puta veća vrednost od vrednosti energije koja bi elektronu bila dovoljna da se otrgne od jezgra (protona). Znači, rezultat merenja, čiji je cilj samo da utvrdi da li se elektron nalazi u atomu, potpuno je razaranje atoma.





NOVO O STARIM PLANETAMA II: SATURN

MILAN S DIMITRIJEVIĆ *(Beograd)*

Saturn je dugo čekao našu posetu. Vekovima je ova planeta označavala granicu Sunčevog sistema i mada su je ljudi od davnina gledali kako se kreće među zvezdama, u svoj svojoj lepoti predstavila se tek kada se u XVII veku čovekovo oko naoružalo teleskopom. Sistem prstenova oko planete koji se tada ukazao podsticao je maštu mnogih sanjara koji su razmišljali o sreći da ih dosegnu. Sada je taj trenutak konačno došao.

Posle prolaska Pionira 11 septembra 1979. i Vojadžera 1 novembra 1980, pored Saturna je 26. avgusta 1981. proleteo i Vojadžer 2. Obilje izvanrednih snimaka i izmerenih podataka, dobijenih u toku ova tri susreta, zaokružilo je našu predstavu o planeti okruženoj prstenovima.

Susret Vojadžera 2 sa Saturnom predstavlja kraj jedne izuzetno plodonosne etape u razvoju astronautike, u kojoj su kosmički aparati posetili sve planete koje su do XVIII veka činile Sunčev sistem. U ovom broju Mladog fizičara upoznaćemo se sa Saturnom, planetom o kojoj se naše znanje mnogostruko uvećalo od prošle školske godine do danas.

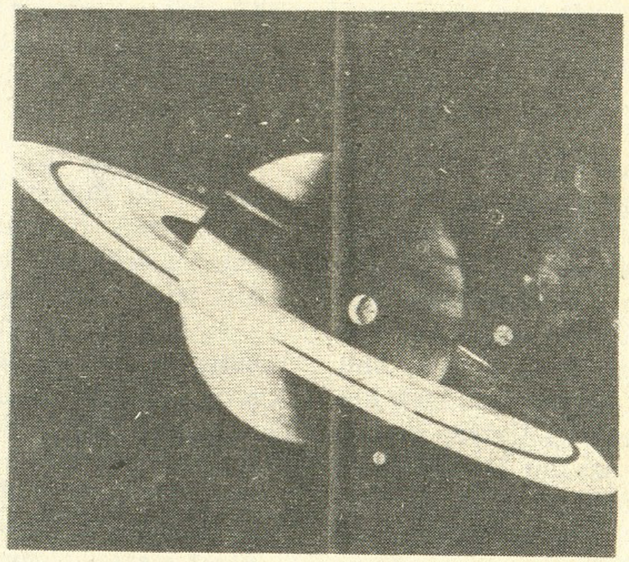
Za Saturn se može reći, kao i za Jupiter, da je to *promašena zvezda.* Kao i Jupiter, ova planeta je gotovo potpuno tečno telo. U centru planete nalazi se malo kameno jezgro prečnika 20 000 km, okruženo slojem leda debljine 5000 km. Sve ovo nalazi se u okeanu vodonika sa nešto helijuma, čija dubina ide i do 35000 km na ekvatoru. Srednja gustina planete je 704 kg/m^3, što je znatno lakše od vode, tako da bi planeta potopljena u dovoljno prostran »bazen« plivala na površini. Usled toga, mada je Saturn 815 puta veći od Zemlje, teži je samo 95 puta. Planeta je udaljena od Sunca 1,4 milijarde kilometara, odnosno 9,5 puta više nego Zemlja i prima samo 1% Sunčeve energije koju prima naša planeta. Ipak, Saturn, kao i Jupiter, zrači energiju u prosor i to 2,8 puta više nego što je prima. Planeta je

znatno spljoštena, prečnik na polovima iznosi 108 000 km a na ekvatoru 119 300 km, što se objašnjava delovanjem snažne centrifugalne sile.

Saturn se okrene oko svoje ose za 10 časova i 14 minuta. Usled ovako velike brzine rotacije, u ekvatorijalnim predelima Saturna duvaju stalni vetrovi u pravcu obrtanja planete. U prošlom broju Mladog fizičara rekli smo da su najjači uragani na Zemlji najobičniji povetarci u odnosu na meteorološke pojave u Jupiterovoj atmosferi, gde vetrovi duvaju brzinama koje dostižu 400 km/h. To utoliko pre važi za Saturn gde ekvatorijalni vetrovi stalno duvaju fantastičnom brzinom od 1800 km/h. I u atmosferi Saturna su posmatrane tvorevine slične Velikoj crvenoj pegi na Jupiteru, »oka« džinovskog tornada koji traje već 400 godina. Tako je 16 stepeni od severnog pola udaljena »Velika smeđa pega«, slična onoj na Jupiteru, samo živahnijih boja i manjih dimenzija. Atmosfera Saturna je mnogo složenija od Jupiterove, što se vidi iz same činjenice da ima pet do šest puta više »pruga« sa slojevima promenljive visine. Vidljivu »površinu« Saturna predstavljaju oblaci kristalića amonijaka pomešanih sa kapljicama metana, kojima živopisne boje daju ugljovodonici, sumpor i fosfor. Ovi oblaci plutaju nad slojem aerosola debljine 80 km koji ublažava obrise i doprinosi pastelnim tonovima boja.

Duboko u unutrašnjoti planete, nalazi se sloj metalnog vodonika, doveden u ovakvo stanje ogromnim pritiscima. Ovaj sloj stvara magnetno polje planete, koje je hiljadu puta jače od Zemljinog, a 20 puta od Jupiterovog. Saturnovo magnetno polje je jedinstveno u Sunčevom sistemu. Ose magnetnih polja ostalih planeta su nagnute u odnosu na osu rotacije planete, dok se kod Saturna ove dve ose poklapaju, čineći, kako je to primetio jedan astronom, *»upravo lepo organizovano magnetno polje«.*

Vojadžeri su otkrili i postojanje džinovskog torusa neutralnog vodonika oko planete. On se proteže od orbite Titana, na koji se ukazuje kao na najverovatniji izvor



Bliski »susret« sa Saturnom

neutralnog vodonika u torusu. Unutar orbite Ree leži još jedan manji torus koji sadrži *plazmu*.

Saturn je najlepša planeta za atmosfersko posmatranje zbog njegovih prstenova koji se vide i pomoću slabijeg teleskopa. Prema klasičnoj podeli, *sistem Saturnovih prstenova* se sastoji od tri glavna podprstena koja se označavaju slovima A, B i C. Ovi prstenovi leže u ekvatorijalnoj ravni u sloju koji se prostire od 12 600 do 77 400 km iznad vrhova oblaka. Četvrti prsten, koji je dobio oznaku D, otkrili su francuski astronomi 1970. godine. Još 1966. se pretpostavljalo da postoji još jedan prsten, ali je postojanje drugih prstenova potvrdio tek prolet Pionira 11 pored Saturna. Ova letilica je otkrila i peti, F prsten, koji se nalazi 2000 km dalje od A prstena, a širok je 500 km. Osim toga, podaci sa Pionira 11 ukazivali su na postojanje još dva prstena, G i E, što su u potpunosti potvrdili tek rezultati misije Vojadžer 1. Tako se do nedavno smatralo da se sistem Saturnovih prstenova sastoji od šest članova: D, C, B, A, F, G, i E u poretku udaljavanja od planete. Ipak, posle letova Vojadžera 1 i 2, ovih šest prstenova se pred očima iznenađenih naučnika raščlanilo na više stotina. Praćenje prolaza lika prstenova preko lika zvezde Delta Bika i Delta Škorpiona (okultacije), pokazalo je da su prstenovi izdiferencirani ne samo radijalno, nego i po dubini, tako da je praćenje ovih okultacija otkrilo na jednom delu prstena sedam slojeva, koji se prostiru jedan iznad drugog.

Poseta Pionira i Vojadžera Saturnu bila je istovremeno i poseta njihovim *satelitima* o kojima smo prilikom ovih misija saznali neuporedivo više nego tokom cele ljudske istorije. Otkriveno je sedam novih satelita, tako da je sa sedamnaest meseca Saturn postao telo sa najviše prirodnih pratioca u Sunčevom sistemu. Najveći od njih Titan je telo planetarnih dimenzija. Sa prečnikom 5 150 km, on je veći od dve planete Sunčevog sistema: Merkura i Plutona. Proučavanje ovog satelita ima naročit značaj, s obzirom da on ima atmosferu slične gustine kao i Zemlja. Prvi prolazak Vojadžera otkrio je u njenom sastavu pored azota i desetak organskih jedinjenja kao što su metan, propan, acetilen, cijanovodonik..., tako da postoji mogućnost stvaranja i složenijih ugljovodonika.

OSNOVNI PODACI O SATURNU

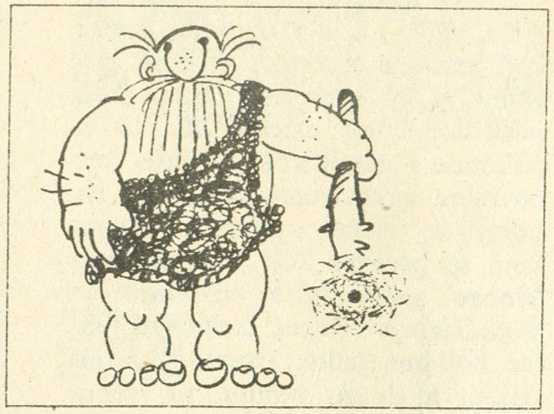
rasojanje do Sunca	9, 5 puta veće nego rastojanje Sunce—Zemlja
prečnik na ekvatoru	119 300 km
prečnik na polovima	108 000 km
period obrtanja oko Sunca (Saturnova godina)	29,5 godina
period obrtanja oko sopstvene ose (Saturnov dan)	10 h 14 m
temperatura	—170°C

Na fotografijama meseca Mimasa vidi se jedan ogromni krater koji zahvata četvrtinu njegove površine, a na suprotnoj strani (kao posledica istog uzroka) nalaze se pukotine i manji krateri. Tetis ima površinu prekrivenu kraterima na kojoj se ističe ogromna brazda koja se proteže 270° oko satelita. Mnoge svoje tajne razotkrio je Vojadžerima i Japet, čudnovati mesec koji ima jednu stranu izuzetno sjajnu, a drugu tamnu, pri čemu se satelit uvek kreće tamnom stranom napred. Naučnici su ponudili tri mogućna objašnjenja za ovu pojavu. Možda se površina satelita sastoji uglavnom od leda, a tamni materijal je izbačen erupcijama iz njegove unutrašnjosti, što bi objasnilo i pojavu tamnih kratera na sjajnom delu površine. Možda je satelit izgubio na jednom kraju svom sjajni pokrivač u sudarima sa različitim česticama, ili je dobio delimično crnu površinu usled delovanja nekog spoljašnjeg izvora. Susedni satelit Febe je taman i mogućno je da se materijal sa njega vremenom nataložio na prednjoj hemisferi Japeta?

Jedan od kosmičkih brodova pomenutih u članku, Vojadžer 2, još nije završio svoju misiju Sunčevom sistemu. On se kreće prema Uranu pored koga će proći 24. januara 1986. godine. Mi ćemo ga ipak preteći i posetićemo ovu planetu već u sledećem broju Mladog fizičara.

SATURNOVI SATELITI

Ime	Dijametar (km)	Srednja udaljenost od centra planete (km)	Period (h)	Godina otkrića
1980 S28	60	137 670	14	1980
1980 S27	140 × 80	139 353	15	1980
1980 S26	110 × 70	141 700	15	1980
1980 S1	220 × 160	151 422	17	1980
1980 S3	140 × 100	151 472	17	1980
Mimas	390	185 600	23	1789
Encelad	510	238 100	33	1789
Tetis	1050	294 700	45	1684
1980 S25	50	294 700	45	1980
1980 S13	60	294 700	45	1980
Diona	1120	377 500	66	1684
1980 S6	60	378 060	66	1980
Rea	1530	527 200	108	1672
Titan	5150	1 221 600	382	1655
Hiperion	410 × 220	1 483 000	511	1848
Japet	1440	3 560 100	1900	1671
Febe	200	12 950 000	13180	1898



OTKRIĆE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI

VLADIMIR ADAMOVIĆ *(Kučevo)*

Godine 1896., na jednoj sednici francuske Akademije nauka, francuski matematičar, fizičar i filozof *Anri Poenkare* održao je predavanje sa demonstracijama o zracima, koje je otkrio nemački fizičar *Konrad Rendgen*, 1895. godine. Ovom predavanju prisustvovao je i francuski naučnik, fizičar *Anri Bekerel* koji je pretpostavio da i tela koja spontano fluoresciraju, emituju zrake slične onima koje je otkrio Rendgen. Sa ciljem da proveri svoju pretpostavku, on izvodi *prve eksperimente sa solima uranijuma* i *kalijuma*. Fotografsku ploču umotanu u crnu hartiju, preko koje je stavio tanak kristal kalijum-uranijumsulfata, koji je imao sposobnost da fluorescira, izložio je Sunčevoj svetlosti. Kasnije, posle razvijanja fotografske ploče, primetio je da je ona eksponirana. Za Bekerela, ovo je bio ubedljiv dokaz da uranova so emituje prodorne zrake koji mogu da prođu i kroz crnu hartiju. Emisiju prodornih zraka tada je tumačio kao posledicu izlaganja uranove soli Sunčevoj svetlosti.

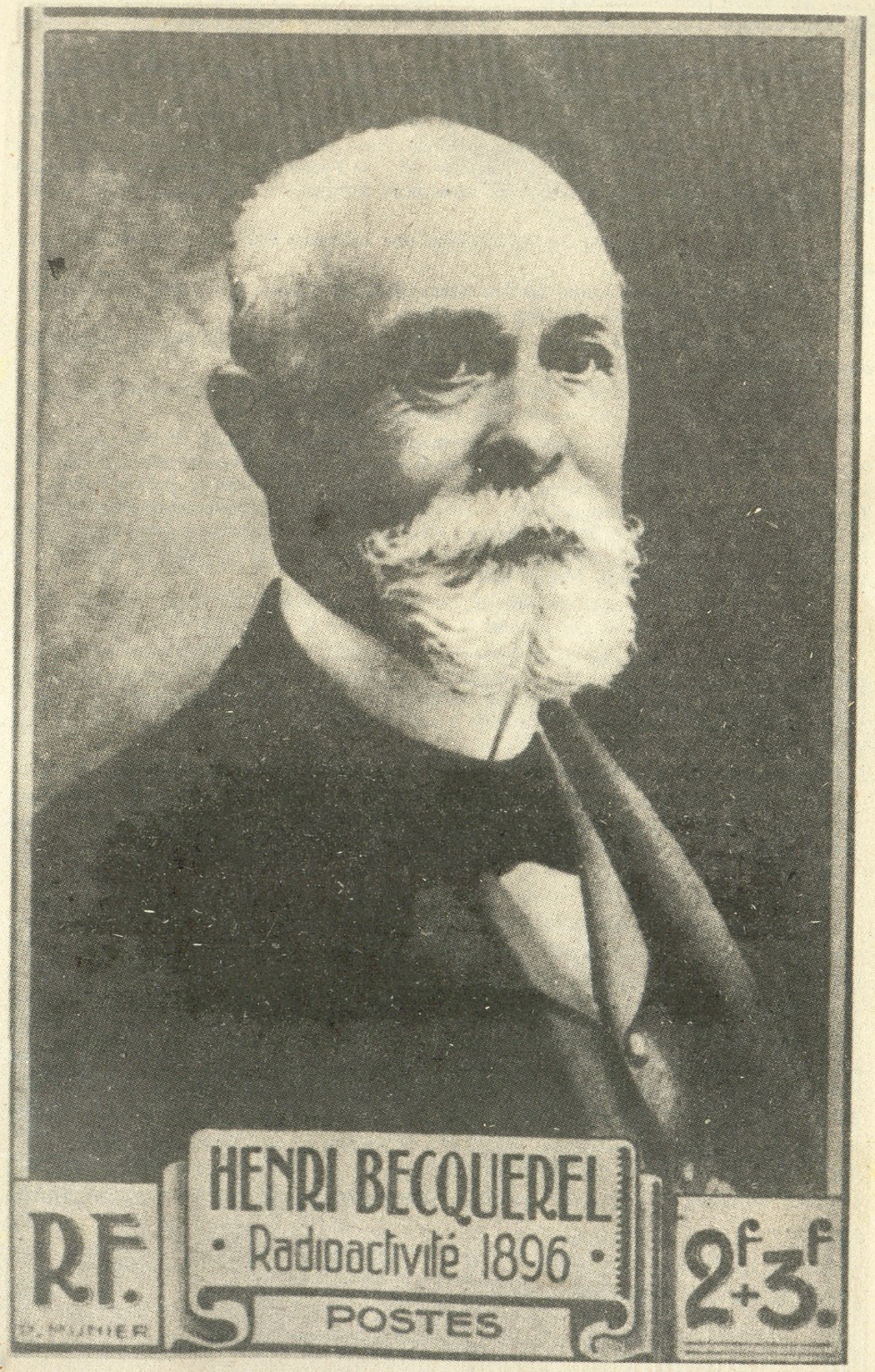
Krajem februara iste godine Bekerel je rešio da ponovi eksperiment. Tačnije, 26. II 1896. godine, pripremljene fotografske ploče preko kojih je stavio uranovu so, želeo je da izloži Sunčevoj svetlosti. Tog dana nebo je bilo oblačno, Bekerel je rešio da odustane od eksperimenta, pa je pripremljene ploče sa uranovom soli vratio u zamračenu kasetu. Prvog marta nebo je bilo vedro i Bekerel se pre nego što je produžio eksperiment, ipak odlučio da razvije fotografsku ploču, iako je očekivao vrlo blede senke, jer uranova so nije bila izložena Sunčevoj svetlosti. Na svoje veliko iznenađenje, ova ploča ni po čemu se nije razlikovala od ploče u prethodnom eksperimentu, kada je uranova so bila izložena Sunčevoj svetlosti. Bekerel, uvidevši da ovo zračenje nema nikakve veze sa svetlošću, uvodi hipotezu da je ono slično fosforoscentnom zračenju.

Zraci koje emituje uranova so, u to vreme, nazvani su *Bekerelovim zracima.*

Za Bekerelove eksperimente zainteresovali su se supružnici *Marija Sklodovska Kiri* i *Pjer Kiri*. Marija je za dokrotsku tezu izabrala izučavanje Bekerelovih zrakova. Ona je potvrdila pojavu koju je uočio Bekerel i zaključila da intenzitet zrčenja ne zavisi od temperature, već samo od količine urana u soli.

Četvrtog aprila 1989. godine u Erlangenu, *Šmit* je otkrio da i element *torijum* (Th) zrači isto kao i uran. Do istog otkrića došla je i Marija Kiri, a o tome je obavestila Akademiju nauka u Parizu 12. aprila 1898. godine. Pored saopštenja o zračenju elementa torijuma, Marija je tom prilikom saopštila i sledeće:

»*Dva uranova minerala: uranit* (*uranov oksid*) *i halkolit* (*fosfat bakra i uranita*) *mnogo su aktivniji od samog urana. Ta činjenica navodi nas na pomisao da ti minerali možda sadrže neki element koji je mnogo aktivniji od urana.*«



Za novim elementima tragaju zajedno Marija i Pjer. Želja im se ubrzo ostvaruje, otkrivaju element koji je pokazao 60 puta veću aktivnost od urana. Marija je u čast svoje domovine nazvala ovaj element *polonijum* (Po).

Termin *radioaktivnost* pojavljuje se prvi put u saopštenju Marije i Pjera Kiri, koje je Akademiji nauka u Parizu podneo 18. jula 1898. godine Bekerel.

Dvadest i šestog decembra 1898. godine supružnici Kiri podneli su novo saopštenje:

»*Tokom naših istraživanja mi smo naišli na drugu jako radioaktivnu supstanciju i po svojim hemijskim osobinama potpuno različitu od prve* (*polonijum*): *polonijum se potpuno taloži u amonijaku, dok nova radioaktivna supstancija hemijski veoma mnogo liči na barijum i ne taloži se u amonijaku. . .*«

»*Dobili smo hloride ove supstancije koja ima aktivnost* 900 *puta veću od aktivnosti uranijuma.*«

»*Demarse je izvoleo ispitati spektar naše supstancije i našao je u njemu liniju koja izgleda ne potiče ni od jednog poznatog elementa.*«

»*Intenzitet ove linije povećava se naporedo sa radioaktivnošću hlorida obogaćenog ovom supstancijom, za koju predlažemo da se nazove radijum.*«

Marija je dalje predložila da se elementi koji zrače Bekerelove zrake nazovu *radioaktivni zraci*. Bekerelovi zraci se od tada nazivaju *radioaktivni zraci*.

U cilju da izdvoje čist element radijum i tako nepobitno dokažu njegovo postojanje, Marija i Pjer su se obratili austrougarskoj Vladi za pomoć. Posredstvom nekog bivšeg bečkog saradnika dobili su besplatno dva vagona otpadaka *pehblende* iz češkog rudnika u Joahimštalu, jer su mislili da se uranijum nalazi u pehblendi u težinskoj proporciji reda jednog stotog. Hemijsku preradu pehblende Kiri su vršili pod teškim uslovima u laboratoriji smeštenoj u jednoj baraci u dvorištu škole za fiziku i hemiju, u kojoj je Pjer tada bio profesor. U svojim biografskim zapisima Marija piše:

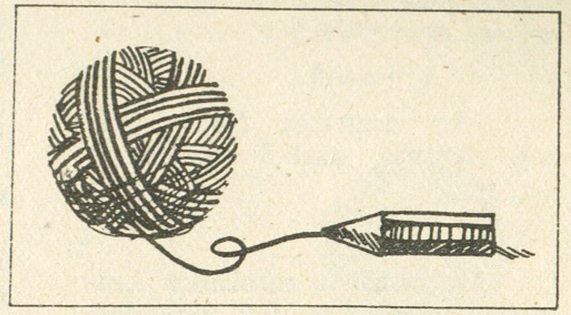
»*Nismo imali novca, ni laboratorija, ni bilo kakve pomoći da bismo uspešno priveli kraju ovaj važan i težak naučni zadatak.*«

Međutim, Marija i Pjer su ipak uspeli, godine 1902. dobili su 0,1 g radijumovog preparata u obliku radijum-bromida. Godine 1910. Marija je uspela da elektrolizom $RaCl_2$ dobije radijum amalgam i da njegovom destilacijom izdvoji čist element *radijum* (Ra). U međuvremenu, francuski naučnik *Debiern* je otkrio radioaktivni element i nazvao ga *aktinijum* (Ac).

Kao što se vidi, početkom 20. veka bilo je poznato pet radioaktivnih elemenata.

No, da se vratimo na doktorsku disertaciju Marije Kiri. Na prvo pitanje svoje disertacije: *Šta je uzrok novim zracima*?, Marija nije odgovorila. Oskudne prilike u kojima je radila sprečile su je da nešto više sazna o suštini radioaktivnosti.

Na jednom skupu fizičara, *Hajzenberg* je iskreno izjavio da i sam ne zna šta je najvažnije i osnovno za kvantnu teoriju. Ipak, mnogim filozofima su prvi rezultati istraživanja u kvantnoj mehanici bili povod za često preuranjene komentare i zaključke. Engleski astrofizičar *Edington* duhovito je dočarao takvu situaciju. Smatrao je, naime, da bi na novu naučnu »zgradu« trebalo postaviti natpis:»U gradnji. Radoznalim filozofima pristup zabranjen!«



KORONALNO PRAŽNJENJE (I DEO)

D. FILIPOVIĆ *(Beograd)*

Oduvek se čovek interesovao za fizičke pojave u prirodi. Svetleći oreol na vrhovima brodskih jarbola u vreme atmosferskih nepogoda dugo vremena ga je zbunjivao i ulivao strahopoštovanje. Zavisan od ćudi prirode, stvorio je natprirodno objašnjenje, nazvavši ga plamenom svetog Elma.

Razumevanju ovog svetljenja, koje se danas naziva *koronalno pražnjenje*, ili prosto *korona*, doprinelo je proučavanje elektriciteta.

Nemački fizičar *Gerike*, u ogledima sa sopstvenom elektrostatičkom mašinom, među prvima je zapazio različite svetlosne efekte, među njima i koronu. Korak dalje učinio je ruski fizičar *Popov*, radeći sa šiljcima različitih materijala i oblika.

Pojave atmosferskog elektriciteta, u koje spada i korona, proučavali su *Franklin*, *Lomonosov*, *Rihman* i mnogi drugi.

Jonizacija atoma i molekula gasa

Gasove čine atomi i molekuli bez uzajamnih veza, usled čega se nalaze u stalnom haotičnom kretanju.

Atom je čestica koju čine pozitivno naelektrisano jezgro i elektronski omotač. U celini, to je električno neutralan sistem, jer su količine pozitivnog i negativnog naelektrisanja jednake. Više atoma vezuje se u molekul, pa je i on električno neutralan.

Pod određenim uslovima može doći do otkidanja jednog ili više elektrona od atoma ili molekula. Ovaj proces, uzrokovan produktima radioaktivnog raspada, fotonima, elektronima, visokom temperaturom i slično, naziva se jonizacija, a ostatak atoma ili molekula pozitivan jon. Simbolički:

$$A \xrightarrow{\text{uzročnik}} A^k + ke \quad (k=1,2\ldots).$$

Elektroni nastali u procesu jonizacije mogu biti posle izvesnog vremena zahvaćeni od nekog pozi-

tivnog jona. Tada se govori o procesu neutralizacije:

$$A^+ + e \rightarrow A.$$

Ako neutralna čestica pripoji elektron, nastaje negativan jon, tj.

$$A + e \rightarrow A^-.$$

U prisustvu uzročnika jonizacije u gasu će biti slobodnih pozitivnih i negativnih jona. Takav gas se u električnom polju ponaša kao provodnik električne struje. Sam proces provođenja naziva se električno pražnjenje u gasu.

Provođenje može da se znatno pojača ako je električno polje tako jako da elektronima i jonima saopšti energiju dovoljnu da u sudarima sa neutralima iz gasa i površinama elektroda proizvode nove elektrone i jone. Stepen jonizacije gasa izražava se brojem naelektrisanih čestica u jedinici zapremine.

Pojave pražnjenja u gasovima mogu biti veoma raznovrsne, zavisno od pritiska, temperature i sastava gasa, kao i rastojanja, oblika, materijala i stanja površina elektroda kojima se obezbeđuje postojanje polja, te raspodele potencijala između elektroda.

Uslovi za rađanje korone

Da bismo opisali koronu sažeto, a ipak precizno, ograničimo se na uslove kakvi su u čovekovoj prirodnoj okolini. Dakle, pri atmosferskom pritisku u vazduhu, sa metalnim elektrodama i jakim poljima kakva su u blizini šiljaka na površini Zemlje, tog velikog sfernog kondenzatora sa razlikom potencijala od oko 360 000 volti između tla i gornjih slojeva atmosfere.

(Nastavak na str. 17)

Vazduh nije idealan izolator. Tri su glavna uzročnika razdvajanja neutrala na jone:

— radioaktivno zračenje gasa radona u atmosferi,

— prirodno radioaktivno zračenje tla i

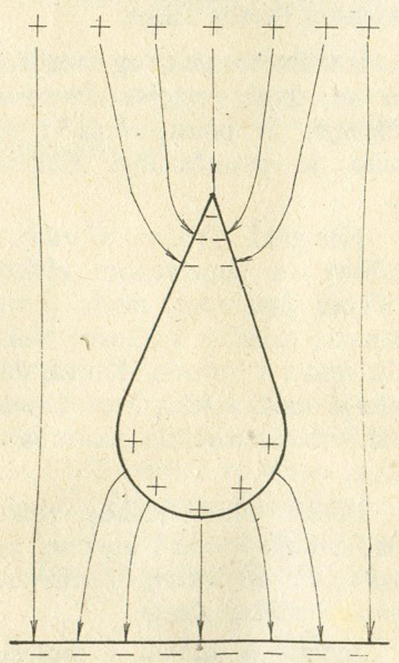
— kosmičko zračenje.

Pod njihovim dejstvom dolazi do stvaranja oko 10 jonskih parova po kubnom centimetru u sekundi.

Metalni šiljci su mesta gde se najčešće zapaža korona. Razmotrimo stoga električno polje u okolini provodnog šiljka.

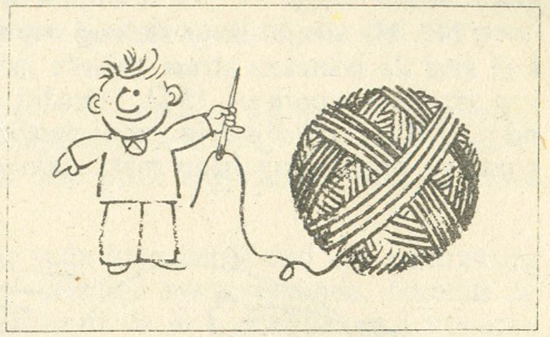
Nosioci elektriciteta u metalu su elektroni. Oni se vrlo brzo kreću sa mesta nižeg ka mestu višeg potencijala. U prostoru bez spoljašnjeg polja ne zapaža se premeštanje elektrona te je, kao što se i očekuje, čitav metalni predmet na istom potencijalu (tj. nultog polja).

Kada se provodnik unese u električno polje (a to može biti i



Sl. 1

KONKURSNI ZADACI
NAGRADNI ZADATAK
ZADACI PITANJA
E — ZADATAK
TAKMIČARSKI ZADACI



KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

232. Za koje vreme prođe voz kroz tunel dužine $L = 900$ m, ako je njegova brzina stalna i iznosi $v = 20$ m/s, a njegova dužina $L_1 = 150$ m?

233. Kolika je zapremina čovekovog tela mase $m = 80$ kg, ako je njegova srednja gustina 950 kg/m^3? Koliki pritisak na podlogu vrši ovaj čovek ako stoji i ako je površina jednog njegovog stopala $S = 200$ cm^2?

234. Na tronošcu (stolica s tri nogara) čija je težina 30 N stoji čovek težine 750 N. Koliki je pritisak na podlogu ako je poprečni presek jednog nogara kvadrat strane 2 cm? Nogari su normalni na podlogu.

B) Za učenike VII razreda

235. Automobil težine 19,62 N pokreće se iz stanja mirovanja. Krećući se po horizontalnom putu kroz 10 s od početka kretanja dostiže brzinu 108 km/h. Odrediti silu vuče njegovog motora. Zanemariti sile otpora kretanju.

236. Vagon mase 10^4 kg, koji se otkačio od kompozicije voza, kreće se jednako usporeno i za 20 s prelazi put od 20 m posle čega se zaustavlja. Odrediti veličinu sile trenja, koeficijent trenja i početnu brzinu vagona.

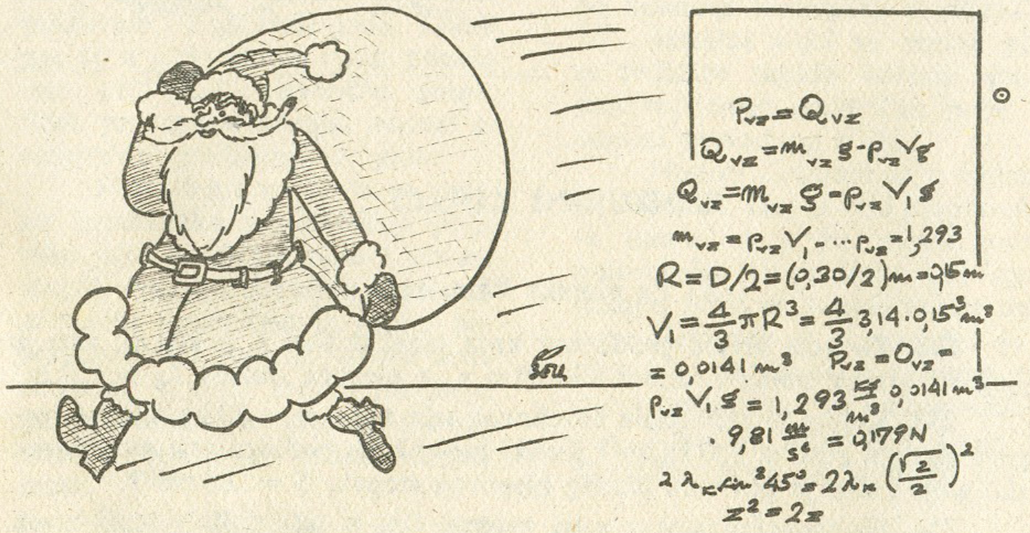
237. Koliki rad treba utrošiti da bi telu mase 1 kg povećali brzinu kretanja od 2 m/s do 6 m/s na putu od 10 m? Duž celog puta deluje konstantna sila trenja od 2 N. (36 J)

C) Za učenike VIII razreda

238. Za zagrevanje 4,5 l vode, od temperature 23°C do ključanja, električni grejač troši 0,5 kWh električne energije. Koliki je koeficijent korisnog dejstva grejača?

239. Koliko se utroši električne energije za elektrolitičko nanošenje bakra na neku ploču ukupne površine 1,5 m², slojem debljine 0,05 mm, ako su elektrode priključene na strujni izvor napona 4 V? Elektrohemijski ekvivalent bakra iznosi $3{,}3 \cdot 10^{-7}$ kg/°C a gustina bakra $8{,}9 \cdot 10^3$kg/m³.

240. Na strujni izvor stalnog napona od 220 V vezan je osigurač kroz koji sme da protekne struja najveće jačine od 5 A. Pri ovoj struji osigurač ima vrednost otpora od 15 Ω. Odrediti najveći broj sijalica, jednakih otpora od po 150 Ω, koji se smeju vezati paralelno u ovo kolo, a da struja kroz osigurač ne pređe dozvoljenu maksimalnu vrednost.



D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

241. Dečak baca loptice, jednu za drugom, vertikalno naviše tako da svaku sledeću baci u trenutku kada se prethodna nalazi u najvišoj tački. Do koje visine lete kuglice, ako dečak baca dve loptoce u sekundi?

242. Na apsolutno glatkom stolu leži lanac čija jedna polovina visi na njegovom kraju. Kako će se promeniti vreme sklizavanja lanca, ako se na krajeve lanca prikače dve jednake mase.

243. Homogen lanac dužine $L = 50$ cm i mase $m = 0{,}4$ kg nalazi se na stolu, a jedan njegov kraj visi na kraju stola, uravnotežavajući se silom trenja. Naći koeficijnt trenja, ako je poznato da je najveća dužina dela lanca koji visi, pri kojoj lanac još ne počinje da klizi, jednaka $L_1 = 15$ cm.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

244. Zavojnica induktiviteta $L = 3 \cdot 10^{-5}$H priključena je u kolo sa pločastim kondenzatorom. Površina jedne elektrode je $S = 100$ cm², a razmak između elektroda je $d = 0{,}2$ mm. Odrediti vrednost apsolutne dielektrične propustljivosti dielektrika koji ispunjava prostor između elektroda, ako električno kolo dolazi u rezonanciju na talasnoj dužini 750 nm.

245. Kolikom silom treba delovati na aluminijski prsten visine 10 mm, unutrašnjeg prečnika 50 mm i spoljašnjeg prečnika 52 mm, da bi se on odvojio od površine vode? Gustina aluminijuma je $2{,}8 \cdot 10^3$kg/m³, a koeficijent površinskog napona vode $7{,}3 \cdot 10^{-2}$N/m. Koji deo nađene sile čini sila površinskog napona?

246. U zatvorenom sudu zapremine 4 l nalazi se 5 g azota pri temperaturi od 20°C. Gas se zagreva do temperature od 40°C. Odrediti relativnu promenu pritiska gasa kao i pritisak gasa posle zagrevanja. Molarna masa azota iznosi $28 \cdot 10^{-3}$kg/mol.

247. Tečnost u kapima ističe iz suda kroz vertikalnu cev unutrašnjeg prečnika 2 mm. Uzimajući da se kapi otkidaju svake sekunde, odrediti za koje vreme će isteći 10 g tečnosti. Smatrati da je prečnik kapi u trenutku otkidanja jednak unutrašnjem prečniku cevi. Koeficijent površinskog napona tečnosti je 0,02 N/m.

Zadatke pripremili:
Aleksandar Srećković
Jablan Dojčilović

UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

Svako rešenje (s rednim brojem zadatka i tekstom) treba obrazložiti na jednoj strani lista hartije. Rešenje treba čitko potpisati punim prezimenom i imenom. navesti razred, školu, mesto i svoju adresu. Navedite i ime i prezime nastavnika fiike. Ove podatke uneti u kupon.

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

Pošto je broj 21 dostavljen čitaocima sa određenim zakašnjenem, to mnogi od njih nisu mogli na vreme dostaviti rešenja zadataka-pitanja i rešenje ngradnog zadatka, jer je broj 22 predat u štampu još sredinom novembra. Zbog toga ćemo rešenja tih zadataka objaviti u broju 23, a istovremeno obaveštavamo čitaoce da ćemo uzeti u obzir sva rešenja učenika koja u međuvremenu stignu. Prema tome, odgovore na zadatke-pitanja i rešenje nagradnog zadatka iz broja 21 možete poslati istovremeno sa odgovorima na zadatke pitanja i rešenjem nagradnog zadatka iz broja 22. Isto to važi i za konkursne zadatke.

ZADATAK 7 E

1) Ako bi se zahtevalo da se visina neke zgrade odredi samo pomoću hronometra i jedne prazne konzerve, na koji način bi se to uradilo?

2) U jednom eksperimentu pored ostalog potrebno je poznavati i debljinu upotrebljene žice koja je veoma tanka. Eksperimentator nije imao na raspolaganju ni nonijus ni mikrometarski zavrtanj pomoću kojih se to najčešće čini. Međutim, on se je dosetio da se posluži sveskom sa »kockicama« ostvarujući zadovoljavajuću tačnost. Kako je on to uradio?

Odabrao: **T. Petrović**

Republički seminar o nastavi fizike 1982. održaće se od 28. do 30. januara 1982. godine i radiće u dve sekcije:

— sekcija za nastavu fizike u osnovnoj školi i
— sekcija za nastavu fizike u srednjim školama.

Seminar će se održati na Prirodno-matematičkom fakultetu u Beogradu (veliki hemijski amfiteatar), Studentski trg 14. Obavezna kotizacija iznosi 500 dinara.

Kancelarija Društva radi svakog radnog dana od 7 do 14 časova.

Beograd
23. XI 1981.

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

KUPON

UČENIK .....

ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....

NAGRADNI ZADATAK BROJ 22

Zamislite da imate jedan lenjir i jednu epruvetu malog prečnika u kojoj se nalazi stub žive visine, recimo 0,04 m, pri čemu se između žive i dna epruvete nalazi stub vazduha (vidi sliku). To vam je dovoljno da odredite atmosferski pritisak na mestu na kome se nalazite. Objasnite postupak tog merenja, precizno definišite veličine koje morate odrediti u toku merenja i izvedite formulu koja ih povezuje, tj. formulu na osnovu koje ćete izračunati vrednost atmosferskog pritiska zamenom izmerenih vrednosti.

ZADACI PITANJA

A. *Ponekad zimi, a naročito ujutru, kada se založi peć ili počne da radi centralno grejanje, čuje se kako nameštaj u stanu pucketa. Zašto?*

B. *Ako se na grejnu ploču električnog štednjaka ne stavi sud, ona će se usijati, što može dovesti i do njenog oštećenja-prskanja. Grejna ploča na kojoj se nalazi neki sud nikada se ne usija. Objasnite ovu pojavu.*

C. *Dobro naduveni dečji baloni lako prsnu leti, dok zimi nema opasnosti od prskanja. Pri tome, crveni baloni lakše pucaju od, na primer, plavih. Zašto balon lakše prsne leti i zašto crveni baloni češće prskaju od plavih?*

D. *Iskustvo vas uči da nije preporučljivo da stavite ruku u ključalu vodu, jer ćete se loše provesti. Međutim, to nije uvek tako. U određenim uslovima mogućno je nezaštićenu ruku (bez rukavica i premaza masti, ulja ili slično) staviti u ključalu vodu bez ikakve opasnosti. U kakvim to uslovima treba voda da ključa da biste to mogli da učinite?*

Odabrao: **Lj. Ristovski**

TAKMIČARSKI ZADACI

U toku su pripreme mladih fizičara za školska i druga takmičenja. Rešavaju se mnogi računski zadaci i rade laboratorijske vežbe. Redakcija »Mladog fizičara« odlučila je da pomogne taj posao.

TEST IZ FIZIKE ZA VII RAZRED

(Republičko takmičenje pokreta »Nauka mladima«, Kruševac, 1980.)

1. Automobil se pokreće iz stanja mirovanja i prvi kilometar puta prelazi sa ubrzanjem a_1, a drugi kilometar sa ubrzanjem a_2. Pri tome na prvom kilometru njegova brzina poraste za 10 m/s, a na drugom kilometru za 5 m/s. Koje je ubrzanje veće: a_1 ili a_2?

2. Voz koji je krenuo u podne iz mesta A kreće se brzinom $v_1 = 60$ km/h. Voz koji je krenuo u 14 časova iz mesta B kreće se brzinom $v_2 = 40$ km/h u susret prvom vozu. Rastojanje između mesta A i B iznosi 420 km. U koliko će se sati vozovi sresti i koliki je put prešao svaki voz?

3. a) Na telo mase $m = 5$ kg deluju tri sile koje su istih pravaca, ali tako da su dve sile istog smera ($F_1 = 30$ N, $F_2 = 20$ N), a treća je suprotnog ($F_3 = 50$ N). Pokazati koliko je ubrzanje koje telo dobije pod dejstvom ovih sila. Sile prikazati grafički.

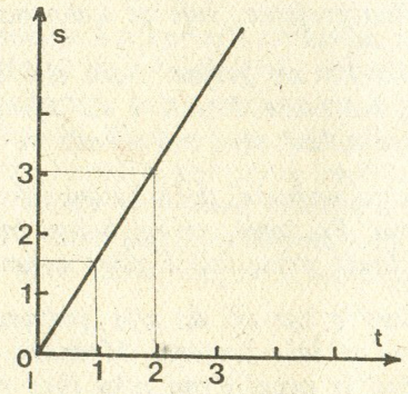
b) Nacrtajte grafik zavisnosti ubrzanja tela pod dejstvom pomenutih sila od vremena njegovog kretanja.

4. a) Telo čija je masa 0,25 kg vrti se po krugu čiji je poluprečnik $r = 20$ cm. Brzina kojom se telo kreće je 0,04 m/s. Pokazati kolika je jačina sile koja zateže konopac za koji je telo pričvršćeno.

b) Iz napisanog obrasca za silu u datom slučaju izdvojiti deo koji predstavlja brojnu vrednost periferijskog ubrzanja tela.

c) U red kojih kretanja spada kretanje datog tela?

5. Telo čija je težina 20 000 N treba da se pomeri sa mesta A na mesto B. Rad koji se pri tome izvrši iznosi 80 000 J. Koeficijent trenja za podlogu po kojoj se telo kreće iznosi 0,008. Na osnovu datih podataka pokazati koliko je rastojanje između A i B.



6. Koristeći gornji grafik koji prikazuje kako se menja put sa vremenom kod ravnomernog kretanja, odrediti:

a) Kojom brzinom se telo kretalo?

b) Koliki je put telo prešlo za 2 h i 5 min?

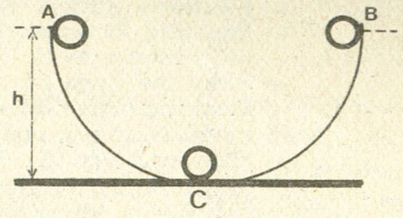
c) Nacrtati grafik.

7. a) Klima uređaj ubacuje 30 m³ vazduha u sekundi brzinom od 1,5 m/s. Odrediti brojnu vrednost snage ventilatora, ako se uzme da je gustina vazduha 1,29kg/m³.

b) Koje fizičke veličine karakterišu osobine supstancije?

c) U kojim vidovima se javlja materija u prirodi?

8. Na sledećoj slici je prikazano kretanje jedne lopte. Pri tome je zanemareno trenje. Recite, koju mehaničku energiju poseduje telo



u tačkama A, B i C i zbog čega se ono kreće na prikazani način?

(Rešenja ćemo objaviti u sledećem broju »Mladog fizičara«)

T. S.

PROGRAM

SAVEZNOG TAKMIČENJA IZ FIZIKE ZA UČENIKE SREDNJEG USMERENOG OBRAZOVANJA

Učenici srednjih škola Jugoslavije takmiče se u tri takmičarske grupe i to:
A grupa: mehanika i toplota
B grupa: oscilacije i talasi; Elektricitet i magnetizam
C grupa: optika i fizika atoma sa teorijom relativnosti

Da bi se učenici mogli pripremiti za takmičenje a komisije predlagati numeričke zadatke za tačno određeno gradivo na sastanku Komisije za mlade fizičare održanom 26. 09. 1981. u Beogradu, usvojen je usaglašen program za takmičenje za pojedine takmičarske grupe i to:

A grupa MEHANIKA I TOPLOTA

— Kinematika materijalne tačke. Jednostavna kretanja duž prave.
— Dinamika materijalne tačke. Njutnovi zakoni. Zakoni očuvanja impulsa.
— Elastični i neelastični sudari. Trenje.
— Rad, snaga, mehanička energija. Zakon očuvanja energije.
— Gravitaciono polje. Gravitaciona sila. Kretanje u gravitacionom polju.
— Dinamika krutog tela. Osnovni zakoni rotacije. Zakon održavanja momenta kretanja. Energija i snaga rotacije.
— Ravnoteža — poluga, konzola i dr.
— Hukov zakon.
— Mehanika fluida, statika. Hidrostatički i hidraulički pritisak. Uzgon. Dinamika. Stacionarno strujanje, Bernulijeva jednačina. Viskozan fluid.
— Kalorimetrija. Specifične i latentne toplote. Ključanje. Topljenje.
— I i II zakon termodinamike.
— Prenošenje toplote.
— Toplotno širenje.
— Jednačina gasnog stanja. Gasni zakoni.

B grupa OSCILACIJE I TALASI, ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

— Harmonijsko oscilovanje. Matematičko klatno. Energija oscilovanja. Rezonancija.
— Mehanički talasi. Brzina rasprostiranja talasa. Talasna dužina.
— Jednačina talasa.
— Interferencija, difrakcija i polarizacija talasa.
— Zvučni talasi.
— Doplerov efekat.
— Kulonov zakon.
— Električno polje. Homogeno električno polje. Električna struja.

— Električna energija. Napon i potencijal.
— Električni kapacitet. Pločasti kondenzator. Vezivanje kondenzatora. Energija polja kondenzatora.
— Električna struja kroz provodnik, elektrolit i gas.
— Električni otpor. Zakon otpora (metalni provodnik). Zavisnost otpora od temperature. Vezivanje otpornika. Kirhofova pravila.
— Elektromotorna sila. Faradejevi zakoni elektrolize.
— Magnetno polje pravog provodnika i kalema. Jačina polja, magnetni fluks, gustina fluksa, permeabilnost.
— Naelektrisanje u električnom i magnetnom polju. Lorencova sila. Elektromotori. Merni instrumenti, Ciklotron.
— Elektromagnetska indukcija. Međusobna indukcija. Samoindukcija.
— Naizmenična struja. Frekvencija. Trenutne i efektivne vrednosti napona i električne struje. Induktivni i kapacitivni otpori. Omov zakon za kola naizmenične struje.
— Energija i snaga (naizmenične struje).
— Polifazne struje.
— Električno oscilatorno kolo. Tomsonova jednačina. Elektromagnetski talasi.

C Grupa OPTIKA, FIZIKA ATOMA SA TEORIJOM RELATIVNOSTI

— Osnovni zakoni optike. Ogledala. Sočiva. Jednostrani optički instrumenti. Oko, lupa, mikroskop, durbin.
— Zakoni fotomerije Fotometri.
— Disperzija svetlosti. Spektroskopija.
— Interferencija svetlosti. Frenelova ogledala i biprizma. Njutnovi prstenovi. Tanki listići.
— Difrakcija svetlosti na niti, pukotini i rešetki.
— Polarizacija svetlosti. Brjusterov zakon.
— Energija i masa fotona. Fotoefekat.
— DeBroljijeva relacija.
— Zakon zračenja crnog tela. Stefan-Bolcmanov zakon.
— Solarna konstanta.
— Struktura omotača atoma. Energetski nivoi.
— Borovi postulati.
— Struktura atoma i jezgra atoma. Izotopi. Spektograf masa. Energija vezivanja. Defekt mase. Zakon ekvivalentnosti mase i energije.
— Nuklearna transmutacija. Oslobađanje nuklearne energije.
— Radioaktivnost. Zakon radioaktivnog raspada. Nuklearna fisija i fuzija.
— Detekcija nuklearnog zračenja.
— Relativistička promena mase. Kontrakcija dužine i dilatacija vremena.

NAPOMENA

Komisija za mlade fizičare predlaže da se republička i pokrajinska takmičenja što više približe saveznom takmičenju kako bi takmičenje bilo sprovedeno u što ravnopravnijim uslovima.

U iskrenoj želji da Vam pomogne u organizovanju laboratorijskih vežbi iz fizike, grupa entuzijasta sa Odseka za fizičke i meteorološke nauke Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu konstruisala je *komplet maketa* za izvođenje laboratorijskih vežbi za predmet *primenjena* fizika. Makete su prilagođene uzrastu učenika i udžbeniku Primenjena fizika (dr. M. Napijalo, dr. B. Ćirilov, mr. M. Šmelcerović). Izrađene su od kvalitetnih elektronskih elemenata i zapakovane u čvrste drvene kutije standardnih dimenzija. Predviđene su za sledeće vežbe:

1. *Maketa za snimanje statičkih karakteristika dioda i tranzistora*;
2. *Maketa jednostranog i dvostranog usmerača*;
3. *Maketa RC pojačavača*;
4. *Maketa operacionog pojačavača* i
5. *Maketa sa NP kolima.*

Ako Vas interesuju ove makete, ili imate ideje oko drugih vežbi, koje niste u stanju da ostvarite, dođite da se dogovorimo. Pomoći ćemo Vam. Naša adresa je: *Odsek za fizičke i meteorološke nauke, P. O. B. 57,* 11000 *Beograd, Tel.* 630—152.

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA

216. Pošto se automobili kreću konstantnom brzinom, to ćemo primeniti obrasce za pređene puteve kod jednakog ili uniformnog kretanja. Automobili će se sresti, pošto automobil iz Beograda pređe put $s_1 = v_1 t$, a automobil iz Zagreba put $s_2 = v_2 t$. Ukupni pređeni put je $s = s_1 + s_2 = 400$ km. Vreme kretanja automobila je $t = s_2/v_2$. Dalje sledi: $s_1 = v_1 s_2/v_2$. Ovo zamenimo u relaciju za ukupni pređeni put: $s = s_2 v_1/v_2 + s_2$. Rešimo ovu jednačinu po s_2:

$$s_2 = \frac{v_2}{v_1 + v_2} \cdot s = \frac{60 \text{ km/h}}{(80+60) \text{ km/h}} \cdot 400 \text{ km} = 171{,}43 \text{ km}.$$

Znači, automobili će se sresti na mestu koje je približno udaljeno od Zagreba 171,43 km.

217. Da bi moglo da se odgovori na postavljeno pitanje treba da se uporede zapremina vode i zapremina suda u koji se sipa voda. Zapremina vode je $V_1 = 8{,}1$ litar $= 8{,}1$ dm^3. Zapremina suda u obliku kocke je $V_2 = a^3 = (20 \text{ cm})^3 = 8000 \text{ cm}^3 = 8 \text{ dm}^3$. Očigledno je da je $V_1 > V_2$, što znači da pomenuta količina vode ne može da stane u dati sud.

218. Prvo, odredimo masu gvožđa. Na osnovu relacije za gustinu materijala $\rho_1 = m_1/V$ sledi $m_1 = \rho_1 V$, gde je $\rho_1 = 7800$ kg/m^3 gustina gvožđa — podatak uzet iz udžbenika, m_1 — masa gvožđa i V — data zapremina. Slično imamo i za vosak $m_2 = \rho_2 V$, gde je m_2 — masa voska, a $\rho_2 = 970$ kg/m^3 njegova gustina — takođe uzeto iz udžbenika. Zamena brojnih vrednosti daje sledeće rezultate: $m_1 = 93{,}6\,g$ i $m_2 = 11{,}64\,g$. Sledi zaključak da je masa 12 cm^3 gvožđa veća od iste zapremine voska za $m_1 - m_2 = 81{,}96$ g.

219. Označimo sa v_b brzinu kretanja bicikliste, a sa v_p brzinu kretanja pešaka. Za vreme t biciklista pređe put $s_b = v_b t$, a pešak pređe put $s_p = v_p t$. Pri kretanju u istom smeru razlika pređenih puteva iznosi

$$s_b - s_p = v_b t - v_p t = (v_b - v_p) t$$

Brzina v_1, kojom se menja ova razlika puteva, tj. brzina zaostajanja pešaka za biciklistom, iznosi

$$v_1 = \frac{s_b + s_p}{t} = v_b + v_p.$$

Pri kretanju u susret, rastojanje između bicikliste i pešaka se smanjuje za veličinu zbira pređenih puteva:

$$s_b + s_p = v_b t + v_p t = (v_b + v_p) t.$$

Brzina v_2, kojom se smanjuje ovo rastojanje, iznosi

$$v_2 = \frac{s_b + s_p}{t} = v_b + v_p.$$

Sabiranjem jednačina za v_1 i v_2 i deljenjem zbira sa 2 dobijamo izraz za brzinu kretanja bicikliste

$$v_b = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Smenom dobijenog izraza za v_b u jednu od prethodnih dveju jed-

načina, posle sređivanja, dobijamo izraz za brzinu kretanja pešaka

$$v_p = \frac{v_2 - v_1}{2}.$$

Kako brzina zaostajanja pešaka za biciklistom iznosi $v_1 = 210$ m/min $= 3{,}5$ m/s, a brzina smanjenja njihovog rastojanja pri kretanju u susret $v_2 = 780$ m/2 min $= 6{,}5$m/s, sledi da je $v_b = 5{,}0$ m/s i $v_p = 1{,}5$ m/s.

220. U slučaju kada u susret avionu duva vetar, avion će se kretati rezultujućom brzinom v_1 jednakoj razlici brzina kretanja aviona v_a i brzine vetra v_v:

$$v_1 = v_a - v_v,$$

tako da će avion put s preći za vreme

$$t_1 = \frac{s}{v_1} = \frac{s}{v_a - v_v} =$$

$$= \frac{10^6 \text{ m}}{250 \text{ m/s} - 25 \text{ m/s}} = 4444 \text{ s} =$$

$$= 1 \text{ h } 14 \text{ min } 4 \text{ s}.$$

Kada se avion kreće u suprotnom smeru, smer kretanja aviona i vetra biće jednaki, pa će se avion kretati rezultujućom brzinom v_2 jednakoj zbiru brzina v_a i v_v:

$$v_2 = v_a + v_v,$$

tako da će put s avion preći za vreme

$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{s}{v_a + v_v} =$$

$$\frac{10^6 \text{ m}}{250 \text{ m/s} + 25 \text{ m/s}} = 3636 \text{ s} =$$

$$= 1 \text{ h } 0 \text{ min } 36 \text{ s}.$$

221. Zanemarujući otpor vazduha možemo smatrati da paket slobodno pada bez početne brzine u smeru sile Zemljine teže. Za vreme t paket će pasti na zemlju prevalivši put jednak visini prtljažnika

$$h = \frac{1}{2} g t^2,$$

gde je g ubrzanje Zemljine teže. Odavde dobijamo da vreme padanja paketa iznosi

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

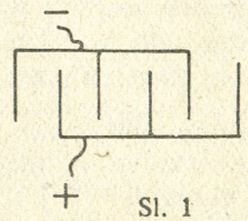
Za to vreme, u horizontalnom pravcu, krećući se brzinom v, jednakoj brzini kretanja autobusa, paket prelazi put

$$s = vt = v\sqrt{\frac{2h}{g}} = 30\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot$$

$$\sqrt{\frac{22{,}5 \text{ m}}{9{,}81 \text{ m/s}^2}} = 21{,}4 \text{ m},$$

što je ujedno i rastojanje od »rupe« na kolovozu do mesta pada paketa.

222. Posmatrajući Sl. 1 uočavamo da je kod kondenzatora, kod



Sl. 1

kojih se promena kapaciteta ostvaruje obrtanjem jednog niza ploča u odnosu na drugi, ostvarena paralelna veza »elementarnih« kondenzatora, koji su sačinjeni od dveju uzastopnih ploča iz suprotnih nizova. Uočava se, osim prethodnog,

da je broj ovih »elementarnih« kondenzatora za jedan manji od ukupnog broja ploča. Kapacitet jednog »elementarnog« kondenzatora iznosi

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

gde je $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ C²/Nm² dielektrična propustljivost vakuuma, ε_r — relativna dielektrična propustljivost sredine (u našem slučaju, za »vazdušni« kondenzator između ploča se nalazi vazduh, tako da je $\varepsilon_r = 1$), $S = \frac{1}{2}\pi R^2$ je površina ploče polukružnog oblika poluprečnika R, a d — razmak između ploča. Kapacitet promenljivog kondenzatora od n ploča jednak je zbiru kapaciteta $n-1$ identičnih »elementarnih« kondezatora:

$$C_n = (n-1)\,C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{2d}(n-1) =$$

$$= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r R^2 \cdot \pi}{2d}(n-1).$$

Na osnovu prethodnog izraza dobijamo da broj ploča datog kondenzatora iznosi

$$n = \frac{2 d C_n}{\varepsilon_0 \varepsilon_r \pi R^2} + 1 =$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 350 \cdot 10^{-12} \text{ F}}{8{,}85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \cdot 1 \cdot 3{,}14 \cdot 5^2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} +$$

$$+ 1 = 11.$$

223. Na kondenzatoru kapaciteta C_2, pre spajanja sa kondenzatorom kapaciteta C_1, nalazila se količina elektriciteta

$$q = C_2 U_2,$$

gde smo sa U_2 označili napon između njegovih ploča. Na paralelno vezanim kondenzatorima nalazićiće se naelektrisanje

$$q_3 = C_3 U_3$$

jednako zbiru naelektrisanja koje se nalazilo na svakom od kondenzatora, pre njihovog vezivanja:

$$q_3 = q_1 + q_2.$$

Odavde dobijamo da se na kondenzatoru kapaciteta C_1 nalazila količina elektriciteta

$$q_1 = q_3 - q_2 = C_3 U_3 - C_2 U_2.$$

Kako je kapacitet paralelno vezanih kondenzatora jednak zbiru kapaciteta svakog od kondenzatora posebno:

$$C_3 = C_1 + C_2, \qquad (1)$$

sledi

$$q_1 = C_3 U_3 - C_2 U_2 =$$

$$(C_1 + C_2) U_3 - C_2 U_2. \qquad (2)$$

S druge strane, znamo da se na kondenzatoru C_1 pri naponu U_1 nalazi naelektrisanje

$$q_1 = C_1 U_1.$$

Ako izjednačimo desne strane izraza (1) i (2), posle sređivanja dobijamo

$$C_1 U_1 = C_1 U_3 + C_2 (U_3 - U_2),$$

odakle nalazimo vrednost kapateta C_1

$$C_1 = C_2 \frac{U_3 - U_2}{U_1 - U_3} =$$

$$= 2{,}0\,\mu F \frac{570 \text{ V} - 400 \text{ V}}{1000 \text{ V} - 570 \text{ V}} =$$

$$= 70{,}91\,\mu F \approx 0{,}8\,\mu F.$$

Ukupna količina elektriciteta na kondenzatorima iznosi

$$q_3 = q_1 - q_2 = C_1 U_1 + C_2 U_2 =$$

$$= 0{,}791 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{F}\; 10_3\,\mathrm{V} + 2{,}0^{-6}\,\mathrm{F}.$$

$$4 \cdot 10^2\,\mathrm{V} = 1{,}591 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{C} \approx 1{,}6\,\mathrm{mC}$$

224. Pri rednom vezivanju dva kondenzatora rezultujući (ekvivalentan) kapacitet je jednak

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \text{ odakle je}$$

$$C_r = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Pri paralelnom vezivanju kondenzatora ekvivalentan kapacitet jednak je zbiru kapaciteta pojedinačnih kondenzatora:

$$C_p = C_1 + C_2.$$

Kombinujući za C_1 i C_2 maksimalne (250 nF) i minimalne vrednosti (15 nF) kapaciteta, za slučaj redne veze, dobijamo da će se kapacitet menjati u intervalu od 7,5 nF do 125 nF, a za slučaj paralelne veze, u intervalu od 30 nF do 500 nF. Znači, odgovarajućim vezivanjem, pomoću data dva kondenzatora možemo postići da se kapacitet menja u intervalu od 7,5 nF do 500 nF, čime je proširen interval promene kapaciteta u odnosu na pojedinačne kondenzatore.

225. Ovde postoje dve vrste kretanja: jednako ubrzano kretanje tega (slobodno padanje) i prostiranje zvuka eksplozije sa konstantnom brzinom c. Zajedničko i za teg i za zvuk eksplozije je da su prešli isti put (tražena visina) i da im je vreme kretanja isto. Znači, za teg važi relacija $H = gt^2/2$, a za zvuk $H = c \cdot t$. Eliminišimo vreme iz ove dve relacije. Iz druge sledi $t = H/c$, pa zamena u prvu jednačinu daje $H = g\,\frac{H^2}{2c^2}$, odnosno

$$H = \frac{2c^2}{g} = \frac{2\,(340\,\mathrm{m/s})^2}{9{,}81\,\mathrm{m/s^2}} =$$

$$= 23{,}568\,\mathrm{km}.$$

226. Posle odvajanja vagona, voz počinje da se kreće ubrzano s ubrzanjem koje mu saopštava sila jednaka razlici vučne sile i sile trenja voza:

$$F_v - F_{tr} = F_v - (F^\circ_{tr} - kmg) = kmg,$$

gde je F°_{tr} početna sila trenja koja je jednaka vučnoj sili, jer se voz pre odvajanja kretao konstantnom brzinom. Znači, jednačina kretanja voza posle odvajanja ima oblik $(M-m)a_1 = kmg$. Odavde je ubrzanje voza $a_1 = kmg/(M-m)$.
Vagon će se posle odvajanja od voza kretati usporeno sa ubrzanjem $a_2 = -kg$. U odnosu na voz vagon se kreće relativnim ubrzanjem $a_r = a_1 - a_2 = kmg/(M-m) + kg = kMg/(M-m)$. Rastojanje između vagona i voza je $L = a_r t^2/2$, gde je t vreme od odvajanja do zaustavljanja vagona. S druge strane, za to isto vreme vagon je prešao put $s = a_2 t^2/2$. Tako je

$$L/s = a_r/a_2, \text{ odnosno } L = s a_r/a_2 =$$

$$= sM/(M-m) = 1{,}5\,\mathrm{km} \cdot 3{,}2 \cdot$$

$$\cdot 10^5\,\mathrm{kg}/(32-2) \cdot 10^4\,\mathrm{kg} = 1{,}6\,\mathrm{km}.$$

227. Ugaona brzina točka pri jednako usporenom kružnom kretanju je $\omega = \omega_0 - \alpha t$, gde je α ugaono ubrzanje točka, a $\omega_0 = 2\pi n$ početna ugaona brzina. U trenutku kada se točak zaustavi ova brzina je jednaka nuli: $0 = \omega_0 - \alpha t$, pa je ugaono ubrzanje $\alpha = \omega_0/t = 2\pi n/t = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1500/(60 \cdot 30\,\mathrm{s^2}) = 5{,}23\,\mathrm{s^{-2}}$.
Ugao obrtanja od početka kočenja točka pa do njegovog zaustavljanja je

$$\varphi = \omega_0 t - \pi t^2/2 = 2\pi n t - 2\pi n t^2/2t =$$

$$= \omega n t.$$

Traženi broj obrta se dobija kada se ugao obrtanja podeli sa 2α, odnosno $N = \pi/2\pi = \pi n t/2\alpha = nt/2 = 1500 \cdot 30\,\mathrm{s}/(2 \cdot 60\,\mathrm{s}) = 375$ ob.

228. Ovo složeno klatno osciluje levo od ravnotežnog položaja sa dužinom l, a desno s dužinom $l - x = l/2$. To znači da je period oscilovanja klatna $T = T_1/2 + T_2/2$, gde je

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{i} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l-x}{g}}$$

Konačno, za period oscilovanja dobijamo opšti izraz:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\,(\sqrt{l} + \sqrt{l-x}).$$

U slučaju $x = l/2$ ova opšta formula dobija jednostavniji oblik

$$T = \pi\sqrt{l/g}\,(1 + \sqrt{2/2}),$$

tako da je brojna vrednost perioda $T = 1{,}87$ s. Za slučaj da je period ovog klatna $T_0 = 2$ s opšti izraz ima oblik:

$$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} + 2\pi\sqrt{\frac{l-x}{g}}.$$

Rešavanjem po veličini x dobija se izraz

$$x = \frac{g T_0^2}{4\pi^2}\left(\frac{2\pi}{T_0}\sqrt{\frac{l}{g}} - 1\right)$$

koji posle transformacije dobija konačni oblik

$$x = \frac{g T_0}{4\pi^2}(T_1 - T_0),$$

gde je $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2{,}2\,s$ period običnog matematičkog klatna (bez eksera) dužine 1,2m. Zamena brojnih podataka daje vrednost veličine x (rastojanje od tačke vešanja do eksera): $x = 0{,}1$ m.

229. Telo, koje se nalazi na ploči, neće početi da klizi sve dotle dok sila trenja bude dovoljno velika, odnosno sve dok je veća od proizvoda mase tela i maksimalnog ubrzanja ploče. Ako se oscilovanje vrši sa amplitudom A i peridom T, onda je maksimalna vrednost ubrzanja sistema (amplituda ubrzanja) $a_0 = A\omega^2 = (2\pi/T)^2 A$. Znači, telo ostaje na ploči, ako je sila trenja:

$$F_{tr} \geqq mA(2\pi/T)^2 = mA4\pi^2/T^2$$

Kako je s druge strane $F_{tr} = kmg$ (k — koeficijent trenja), to gornja nejednakost dobija oblik: $kmg \geqq mA \cdot 4\pi^2/T^2$. Telo počinje da klizi kada je $F_{tr} = ma_0$, pri čemu koeficijent trenja ima vrednost:

$$k = \frac{4A\pi^2}{g \cdot T^2} = 0{,}096.$$

230. Slično kao kod zadatka 182 iz MF 18 imamo slučaj Doplerovog efekta u akustici. Ovde se i zvučni izvor i posmatrač nalaze u podmornici koja se kreće brzinom

$v=v_i=v_p$. Zvučni izvor iz podmornice emituje zvučne signale frekvence $\nu_0=1/T_0$. Posmatrač koji bi se nalazio na dnu čuo bi zvučne signale frekvence

$$\nu_1=\frac{u}{u-v_i}\nu_0=\frac{u}{u-v}\frac{1}{T_0},$$

gde je sa u označena brzina prostiranja zvučnih talasa u vodi. Od dna se reflektuju zvučni signali iste frekvence ν_1, tako da posmatrač u podmornici prima zvučne signale frekvence

$$\nu_2=\left(1+\frac{v_p}{u}\right)\nu_1=\frac{u+v}{u}\,\frac{u}{u-v}\,\frac{1}{T_0}=$$

$$=\frac{u+v}{u-v}\,\frac{1}{T_0},$$

odnosno, kako je $\nu_2=1/T_2$, posmatrač u podmornici registruje zvučne signale trajanja

$$T_2=\frac{u-v}{u+v}T_0.$$

Sređivanjem poslednjeg izraza dobijamo da je brzina spuštanja podmornice

$$v=\frac{T_0-T_2}{T_0+T_2}u=$$

$$=\frac{10{,}00\text{ ms}-9{,}98\text{ ms}}{10{,}00\text{ ms}+9{,}98\text{ ms}}\,1450\,\frac{\text{m}}{\text{s}}=$$

$$=1{,}45\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

231. Iz uslova za difrakciju svetlosti

$$n\lambda=d\sin\alpha,$$

gde je n red difrakcije, λ talasna dužina svetlosti, α ugao difrakcije i d konstanta difrakcione rešetke, koja je jednaka razmaku između dva zareza na rešetci. Ako sa N označimo broj zareza po jedinici dužine, sledi da je $d=1/N$, tako da uslov za difrakciju možemo napisati u nešto drugačijem obliku:

$$n\lambda=\frac{1}{N}\sin\alpha.$$

Kako je $\sin\alpha\leqq 1$, sledi da je $n\lambda N\leqq 1$. Na osnovu poslednjeg uslova sledi da se korišćenjem date difrakcione rešetke i svetlosti date talasne dužine mogu uočiti samo spektri reda

$$n\leqslant\frac{1}{N\lambda}=\frac{1}{500\text{ mm}}\,\frac{1}{720\text{ nm}}=$$

$$=\frac{1}{5\cdot 10^5\text{ m}}\,\frac{1}{7{,}2\cdot 10}\,\frac{1}{\text{m}}=$$

$$=\frac{1}{3{,}6\cdot 10}-1=2{,}8.$$

Znači, mogu se uočiti samo spektri prvog ($n=1$) i spektri drugog reda ($n=2$). Iz sulova za difrakciju sledi da je za spektar prvog reda $\sin\alpha=\lambda N=0{,}36$, a za spektar drugog reda $\sin\alpha_1=2N\lambda=0{,}72$. Odavde dobijamo, koristeći logaritamske tablice, da se spektar prvog reda uočava pod uglom $\alpha_1=21°6'$, a spekatr drugog reda pod uglom $\alpha_2=46°3'$.

NOVO I JEDINSTVENO!

U PRIPREMI JE SUPLEMENT „MLADOG FIZIČARA“ — ZBIRKA RAČUNSKIH ZADATAKA IZ FIZIKE ZA UČENIKE OSNOVNIH ŠKOLA I ZAJEDNIČKIH OSNOVA USMERENOG OBRAZOVANJA.

ZANIMLJIVE BELEŠKE

Loptaste munje predstavljaju jednu od velikih naučnih tajni. Niko nije uspeo da objasni ovaj zagonetni prirodni fenomen. Jedan od glavnih razloga je što niko ne može da predvidi pojavu loptastih munja. Lopte »žive« od nekoliko sekundi do dva ili tri minuta, a zatim iščezavaju uz prodoran praskavi zvuk. One se obično pojavljuju u istom trenutku kada prasne grom između oblaka i tla. Prečnik im dostiže između deset i dvadeset centimetara. Kreću se brzinom od deset metara u sekundi i to često duž metalnih objekata kao što su telefonski vodovi ili žičane ograde.

Rihmanova pogibija

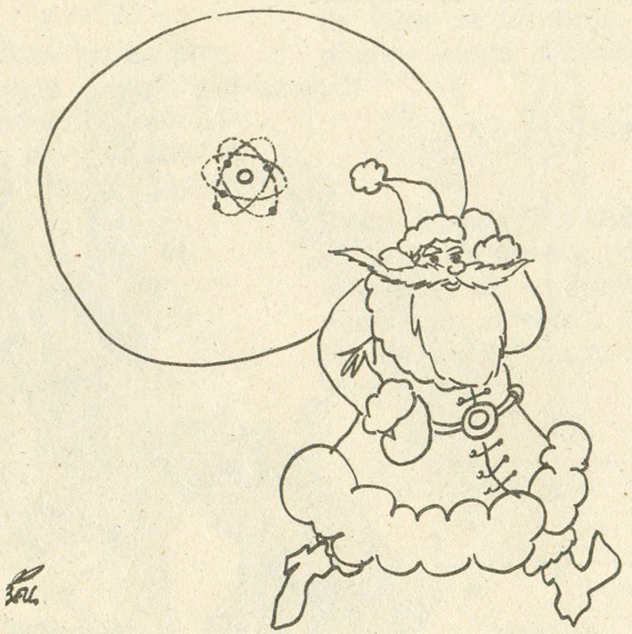
Prema jednoj hipotezi, energija se nalazi unutar loptastih munja. Svi atomi i molekuli u ovakvoj lopti su jonizovani, odnosno razdvojeni na čestice sa pozitivnim i negativnim naelektrisanjem. S obzirom da se suprotna naelektrisanja privlače, dolazi do kombinovanja čestica, pri čemu se oslobađa energija u obliku svetlosti i toplote. Međutim, postoji jedan problem: trajanje jona je znatno kraće od veka jedne loptaste munje! Ovu nepodudarnost neki objašnjavaju time da joni vezuju za sebe krupnija zrna prašine i čađi i da im se na taj način smanjuje brzina, pa time i vek trajanja.

Međutim, fenomen loptastih munja nije ni ovim tumačenjem obuhvaćen u potpunosti, budući da se one javljaju i na onim mestima koja su potpuno čista. Očigledno da bi se rešila ova velika zagonetka prirode, potrebno je da naučnici raspolažu sa znatno više podataka.

T. S.

U jednoj **staroj istočnoj bajci** se može pročitati ovo: Neki car obećao je darovati onoga ko preveze njegovog slona sa onoliko zlata koliko je težak sam slon. Siromašan prevoznik prihvatio se tog posla, utovario je slona u svoj veliki čamac i obeležio nivo vode do kojeg je čamac potonuo u vodu. Pošto je prevezao slona, napunio je čamac zlatom dok nije potonuo do obeleženog nivoa. Samouki prevoznik nije znao Arhimedov zakon, ali je razmišljao: ako su dva tela jednake težine, ona će potopiti čamac u vodu do istog nivoa.

T. S



U Danskoj je **Borovo ime** neka vrsta svetinje. To najbolje potvrđuje ova anegdota. Kada se žena nekog američkog fizičara, vozeći se autobusom kroz Kopnhagen, malo raspričala i rekla starijem čoveku koji je sedeo pored nje da joj je muž studirao kod profesora Bora, stari gospodin je skočio, skinuo šešir i duboko joj se poklonio.

T. S.

*

Nastavnik američkog koledža, **Huper**, gledao je kod kuće, na televizoru, iskrcavanje kosmonauta na Mesec. Odjednom je primetio da se na jednom delu broda klatio neki težak predmet. Jednostavna, ali lepa ideja pala mu je na um. Pomoću časovnika odredio je period oscilovanja koji je trajao pet sekundi. Dužinu užeta je ocenio poređenjem sa visinom kosmonauta koji je stajao pored užeta, i ona je bila 1 m. Ove podatke uvrstio je u obrazac

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

izračunao ubrzanje Mesečeve teže.

Tako je Huper, ne izlazeći iz sobe, izveo pravi kosmički eksperiment. Mladim fizičarima dajemo mogućnost da iskoriste navedeni obrazac i uporede rezultat sa ubrzanjem Zemljine teže.

T. S.

(Nastavak sa str. 16)

polje Zemlje, prosečne jačine 130 volti po metru do više od 10.000 volti po metru u vreme nepogoda), dolazi do raspodele naelektrisanja. Elektroni se razmeštaju tako da rezultujuće polje unutar provodnika bude jednako nuli, kada nestaje sila koja pokreće elektrone

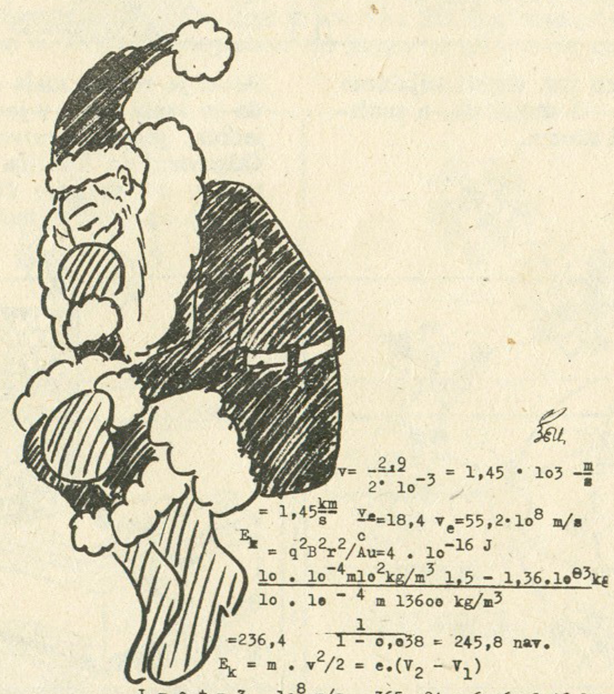
$$\vec{F} = -e\vec{F}$$

Međutim, novom raspodelom naelektrisanja deformiše se polje u blizini provonika. Na slici 1. dat je primer deformisanog polja u blizini provodnog šiljka. Izdašnost električnog polja* je najveća ispred vrha šiljka.

Da zaključimo. U blizini šiljaka u električnom polju velika je izdašnost polja. Sem toga, vazduh, iako malog stepena jonizacije, sadrži u sebi klicu električnog pražnjenja.

O mikrofizičkoj slici raznih pojavnih oblika, metodama ispitivanja, te mogućnim primenama korone pisaćemo u narednom broju.

* O pojmu izdašnosti električnog polja vidi »Mladi fizičar«, broj 15, strana 6.



$v = \frac{2 \cdot 19}{2 \cdot 10^{-3}} = 1{,}45 \cdot 10^3 \frac{m}{s}$

$= 1{,}45 \frac{km}{s}$ $v_e = 18{,}4\ v_e = 55{,}2 \cdot 10^8$ m/s

$E_k = q^2 B^2 r^2 / Au = 4 \cdot 10^{-16}$ J

$\frac{10 \cdot 10^{-4} m 10^2 kg/m^3\ 1{,}5 - 1{,}36.10^{83} kg}{10 \cdot 10^{-4} m\ 13600\ kg/m^3}$

$= 236{,}4 \quad \frac{1}{1 - 0{,}038} = 245{,}8$ nav.

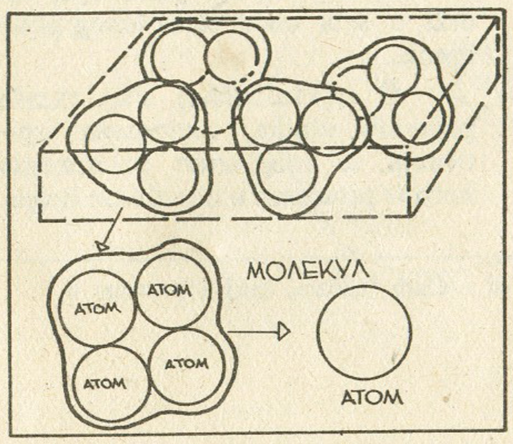
$E_k = m \cdot v^2/2 = e.(V_2 - V_1)$

$L = c.t = 3 \cdot 10^8$ m/s $\cdot$ 365 $\cdot$ 24 $\cdot$ 60.60=9,46.10m

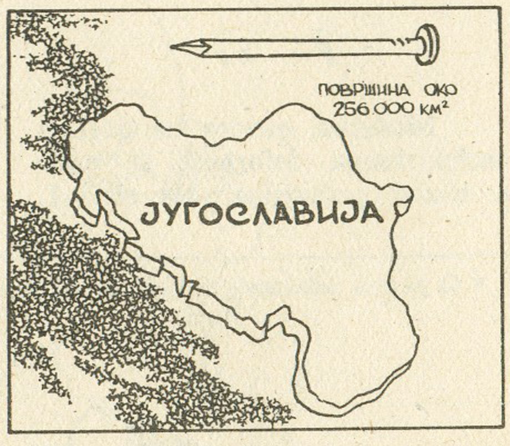
$p = \frac{Q1/g}{(Q_k - Q_2)/poK} \quad \frac{poQ_1}{Q_1 - Q_2} = 800 \frac{kg}{m^3} \frac{100N}{m^3 100N - 70N} = 2667 kg/m^3 = 27/\frac{kg}{m^3}$

Tekst i crteži: **T. Senćanski**

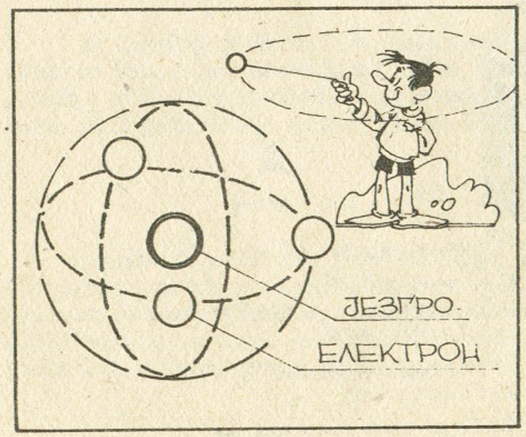
RAZBIJANJE ATOMA



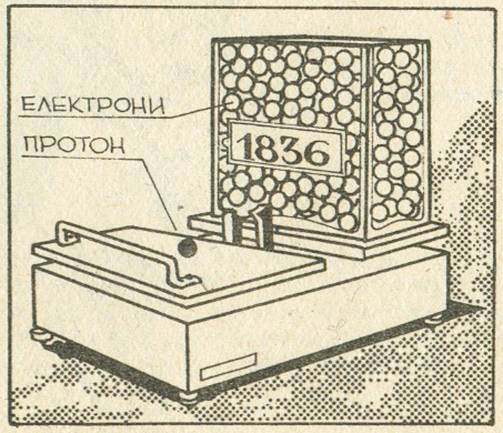
Materija je u svom tzv. supstancijalnom obliku sastavljena od molekula, a molekuli se sastoje od atoma.



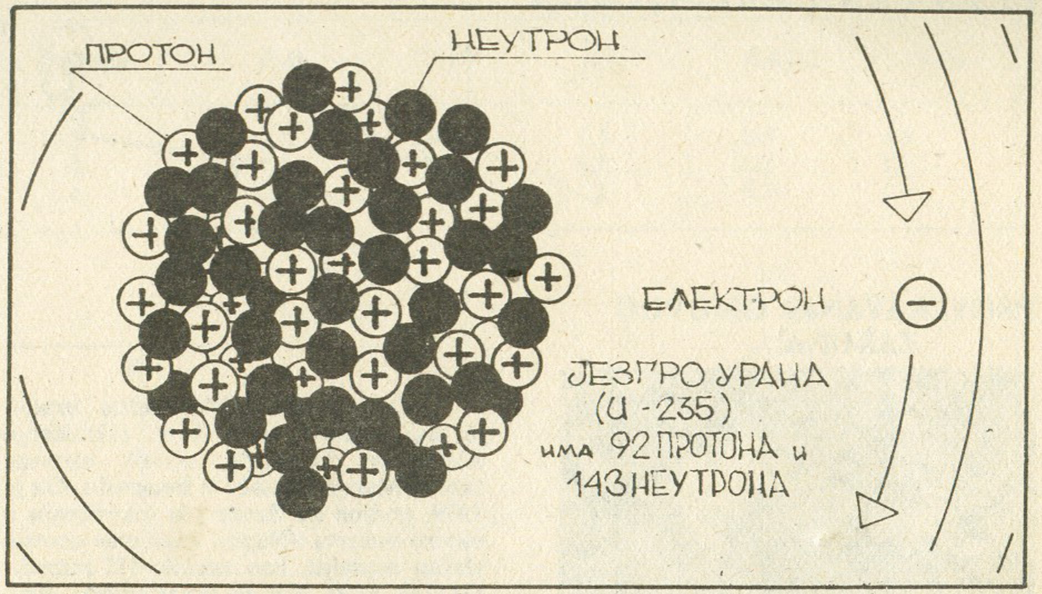
Atom je veoma mala čestica. Zamislimo da se svaki atom u jednom ekseru, mase jednog grama, pretvori u zrno peska. Odgovarajuća količina peska bi bila dovoljna da prekrije čitavu našu zemlju slojem debljine 40 metara!



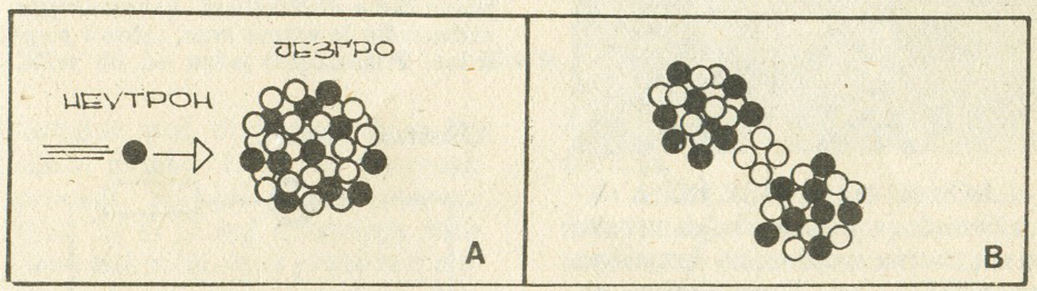
Tek krajem prošlog veka saznalo se da je i atom deljiv. Njega, grubo uzevši, čine neutroni, pozitivno naelektrisani protoni i negativno naelektrisani elektroni. Protoni i neutroni grade atomsko jezgro oko koga, uslovno govoreći, kruže elektroni.

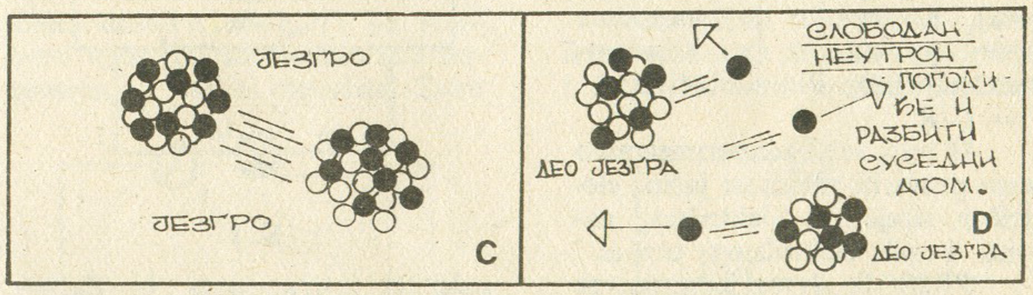


Masa protona je 1836 puta veća od mase elektrona. Otuda veličinu atoma predstavlja praktično samo jezgro. Inače, količine elektriciteta protona i elektrona su jednake, samo su suprotnog znaka.



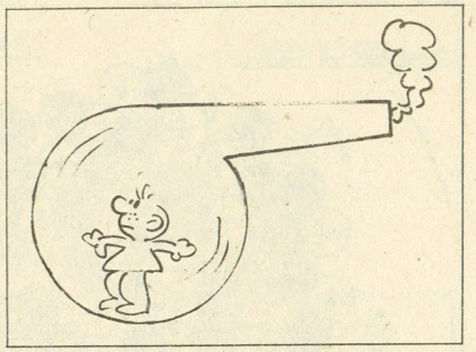
Čovek još nije uspeo da konstruiše takve optičke instrumente pomoću kojih bi mogao videti jezgro atoma. Kako se onda zna šta je u jezgru? Samo na osnovu ponašanja celog jezgra došlo se do zaključka o postojanju čestica i šta se dešava sa njima. Na crtežu je prikazano jezgro atoma urana. U jezgru, koje se još zove nukleus, vladaju nuklearne sile. To su sile koje čine da se jezgro ne raspadne. Ali jezgro se ipak može razbiti.





Tako se jezgro urana (U-235) može razbiti brzim neutronima (slika A) koji se proizvode u akceleratoru, spravi koju je konstruisao čovek. Kada neutron upadne u jezgro, remet se ravnoteža sila koje su držale sastavne čestice na okupu i dobija se nestabilno jezgro (slika B)

Jezgro se cepa na dva približno jednaka dela (slika C). Pri cepanju (koje se zove fisija) oslobađaju se dva-tri slobodna neutrona. Svaki oslobođeni neutron sposoban je da upadne u susedni atom i da ga razbije. To je proces nazvan lančana reakcija, a dobijena energija zove se nuklearna energija, jer nastaje cepanjem nukleusa — jezgra.



PROVERAVANJE OMOVOG ZAKONA

Ovu laboratorijsku vežbu uradio je na jednom učeničkom takmičenju **Aleksandar Marković**, učenik osnovne škole »Marija Bursać« u Beogradu. On je 1979. godine na Saveznom takmičenju u okviru pokreta »Nauka mladima« osvojio zlatnu medalju, kao učenik VII razreda. Godine 1980. bio je prvak grada Beograda, prvak SR Srbije i prvak Jugoslavije, kao takmičar VIII razreda. Te godine je na svim takmičenjima osvojio maksimalan broj bodova. Da bi to postigao rešio je oko 2000 težih računskih zadataka iz mnogih knjiga koje se koriste od osnovne škole do fakulteta. Laboratorijske vežbe radio je veoma brzo, tačno i pregledno. Prikazaćemo jednu od tih vežbi.

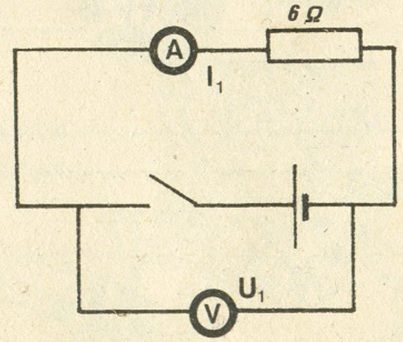
Aleksandar Marković

Omov zakon glasi: jačina električne struje u provodniku upravo je srazmerna naponu na krajevima provodnika (pri konstantnom otporu), a obrnuto je srazmerna otporu provodnika (pri konstantnom naponu), ili, simbolički: $I = U/R$.

U ovoj vežbi eksperimentalno ćemo proveriti zavisnost jačine električne struje od električnog napona i od električnog otpora.

PRIBOR: Izvor jednosmerne struje (baterije), provodnici sa priključcima, prekidač, otpornici (4Ω i 6Ω), ampermetar i voltmetar.

I DEO: a) sastaviti električno kolo prema priloženoj šemi (sl. 1). Pri tome treba obratiti pažnju na

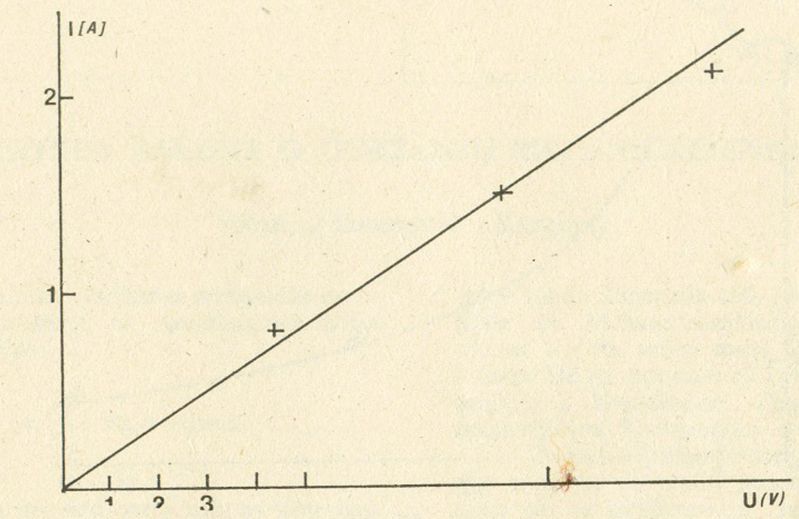


Sl. 1

polaritet instrumenata. b) Zatvoriti prekidač i na isntrumentima očitati vrednosti napona i jačine struje, a potom ih uneti u Tabelu 1 i na grafik 1. c) Povisiti napon, vezujući redno još jedan izvor. Ponoviti iste operacije kao pod b).

Tabela 1

br. merenja	$I(A)$	$U(V)$	$R(\Omega)$	$\Delta R(\Omega)$	$\delta(\%)$
1	0,8	4,4	5,5	0,5	8,3
2	1,5	9,1	6,1	0,1	1,7
3	2,2	13,4	6,1	0,1	1,7

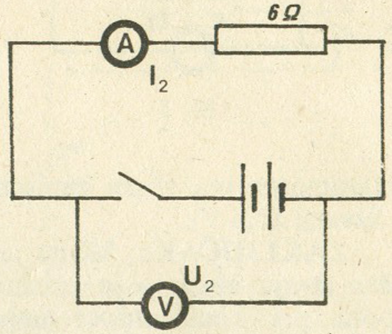


Grafik 1

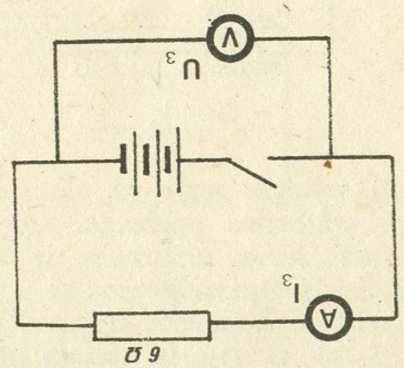
Postupak pod c) ilustrovan je šematski na slici 2. d) Isti postupak sprovesti pri još višem naponu (slika 3). e) U sva tri slučaja izračunati električni otpor pomoću merenih vrednosti struje i napona. Podatke uneti u tabelu. f) Te vrednosti uporediti sa vrednostima napisanim na samim otporima. Tako će se dobiti uvid u tačnost izvršenih merenja.

ZAKLJUČAK: Jačina električne struje upravo je srazmerna naponu pri konstantnom otporu (prava linija na grafiku).

II DEO: a) Prema datoj šemi (slika 4) sastaviti električno kolo. b) Zatvoriti prekidač i očitati



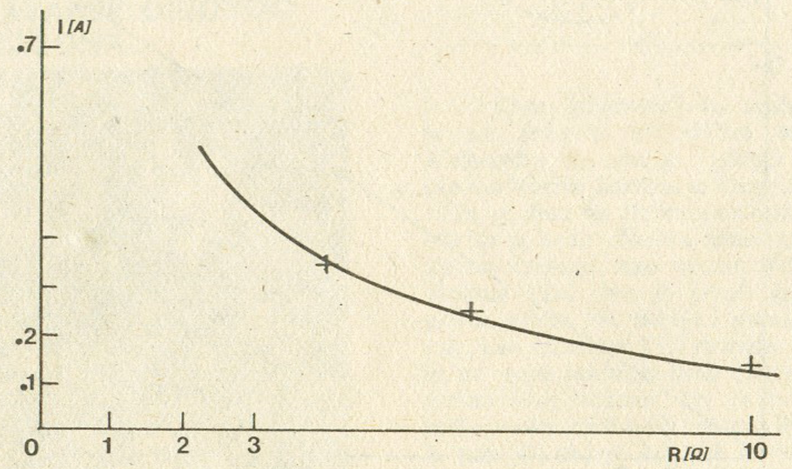
Sl. 2



Sl. 3

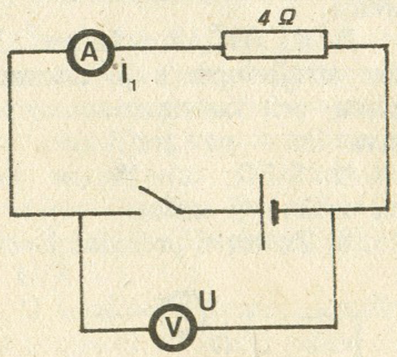
Tabela 2.

br. merenja	$I\,(A)$	$R\,(\Omega)$	$U\,(V)$	$\Delta U\,(V)$	$\delta\,(\%)$
1	0,35	4	1,4	0,1	6,6
2	0,26	6	1,6	0,1	6,6
3	0,14	10	1,4	0,1	6,6



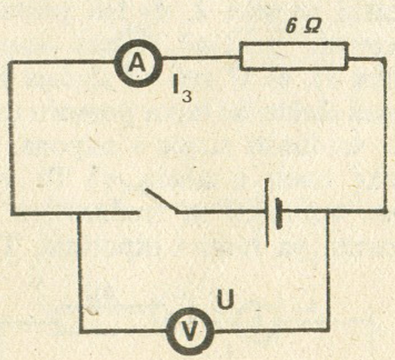
Grafik 2

podatke za jačinu struje i napon. Podatke uneti u tabelu 2 i na grafik



Sl. 4

2. c) Povećati otpor na 6Ω i izvršiti prethodne operacije. Odgovarajuća šema prikazana je na slici 5. d) Operacije pod a) i b) ponoviti na kompletu sličnom šemi 5. e) U sva tri slučaja izračunati napon na krajevima otpora i uporediti dobijene vrednosti sa

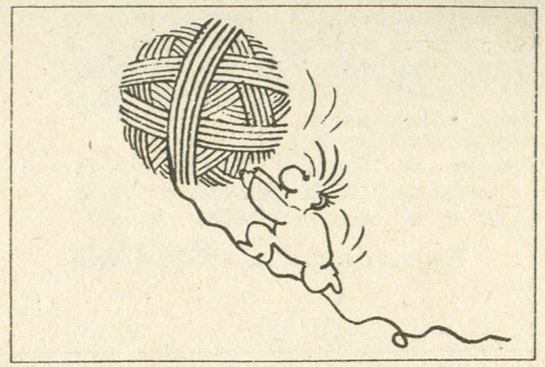


Sl. 5

elektromotornom silom zapisanom na izvoru (1,5 V).

ZAKLJUČAK: Jačina električne struje obrnuto je srazmerna otporu pri konstantnom naponu (hiperbola na grafiku).

POKUŠAJTE



PROVERA ZAKONA O ODRŽANJU MEHANIČKE ENERGIJE

VOJISLAV ŽIVANOVIĆ *(Beograd)*

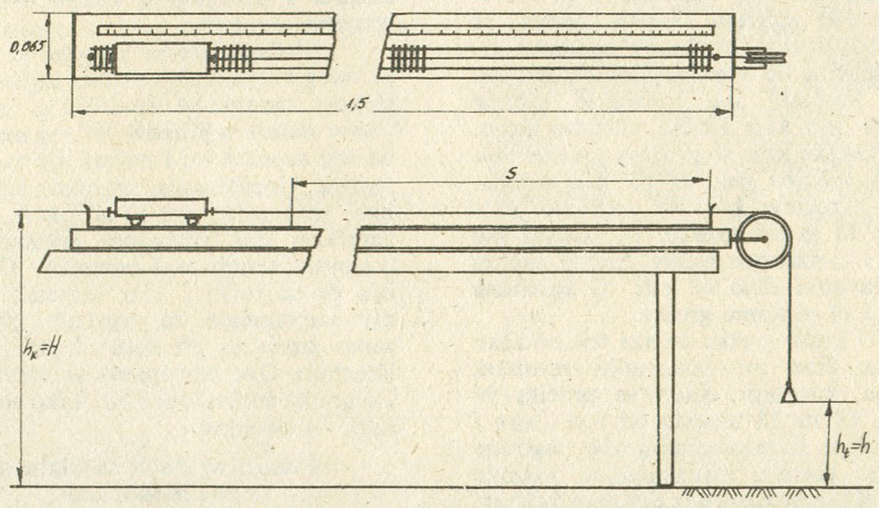
Zakon o održanju mehaničke energije u primeni na gravitaciono polje Zemlje glasi:

$$m\frac{v^2}{2}+\mathrm{mg}\,h=\mathrm{const.}$$

Za proveru ovog zakona potreban je sledeći **pribor**: drvena letva dimenzija $1{,}5\cdot 0{,}065\cdot 0{,}020$ m, užljebljeni točak za podizanje prozora na automobilu Zastava — 750, osovina sa držačem za užljebljeni točak, sedam komada pravih šina iz kompleta Mehanotehnika (Izola), tegretni vagon dimenzija 100·35·15 mm, takođe iz Mehanotehnikinog kompleta, olovni teg za udice mase 20 g i tanak kanap. Uz to, potrebni su i čelični metar, terazije i hronometar. Ceo uređaj se postavlja na horizontalni sto (slika 1).

Zakon o održanju mehaničke energije može se na ovom primeru proveriti tako što se izračunavaju ukupna mehanička energija u početnom položaju (označimo ga sa I) i ukupna mehanička energija kada teg mase m_t padne na pod (položaj označen sa II).

Kolica mase m_k kreću se iz položaja I pod dejstvom tega mase m_t. Kad



Sl. 1

teg padne na pod, kolica se kreću ravnomerno pravolinijski. Pri tom pređu put s koji se meri milimetarskim papirom, a odgovarajuće vreme t se meri hronometrom. Pomoću tih vrednosti izračunava se brzina kolica, naime

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

Na ovaj način su dobijene vrednosti:

$m_k\,(g)$	$m_t\,(g)$	$H\,(m)$	$h\,(m)$	$s\,(m)$	$t\,(s)$	$v\,(m/s)$	$E_I\,(J)$	$E_{II}\,(J)$
50	20	0,800	0,520	0,720	0,8	0,90	0,494	0,421

Naime, u položaju I ukupna mehanička energija je

$$E_I = m_k g H + m_t g h,$$

jer su brzine tega i kolica jednake nuli. S druge strane, u položaju II ukupna mehanička energija izračunava se po

$$E_{II} = \frac{m_k v^2}{2} + \frac{m_t v^2}{2} + m_k g H$$

odnosno potencijalna energija tega je nula, jer je $h = 0$, što smo uzeli kao referentni nivo.

Razlika energija u početnom i krajnjem položaju iznosi 0,072 J, što je za učenička merenja još uvek prihvatljivo.

ODREĐIVANJE UBRZANJA ZEMLJINE TEŽE

STEPAN PLANIĆ *(Beograd)*

Fizičke veličine se mogu meriti, odnosno izračunavati na osnovu vrednosti koje se direktno mere instrumentima. Intenzitet ubrzanja Zemljine teže određuje se merenjem **dužine klatna** i **perioda oscilovanja**. Svako merenje prati određena **greška merenja**. Greška merenja je mera odstupanja vrednosti izmerene fizičke veličine od njene »tačne vrednosti«. Treba naglasiti da apsolutno tačnog merenja bilo koje fizičke veličine nema.

Greške koje se javljaju pri merenju fizičkih veličina dele se na dva načina. Prema uzrocima koji ih izazivaju dele se na: a) **grube greške**, b) **sistematske greške** i c) **slučajne greške**. Prema načinu izračunavanja dele se na: d) **apsolutne greške** i e) **relativne greške**.

U grube greške dolaze tzv. omaške koje se čine pri očitavanju rezultata merenja, kao npr. kada se pročita 96 umesto 69 ili 38 umesto 88 i sl., kao i greške koje su posledica grube, pogrešne upotrebe mernih instrumenata. Priroda ovih grešaka ne zaslužuje poseban tretman, jer se u potpunosti otklanjaju pri nešto većoj pažnji lica koje meri.

Sistematske greške su posledica nesavršenosti instrumenata ili metode merenja. Ne mogu se izbeći ili smanjiti ponavljanjem merenja. Mogu se svesti na minimum usavršavanjem mernih instrumenata i detaljnijom razradom metoda merenja.

Slučajne greške su rezultat manjeg ili većeg broja raznih uzroka koji utiču na tačnost merenja veličine čiji se intenzitet i smer nalaze u procesu stalnog menjanja. Sa tog aspekta su i najvažnije za fizičku teoriju. Uopšte uzev, grubim i sistematskim greškama zaista odgovara termin »greška«, dok slučajnim greškama više odgovara termin »odstupanje«. Odstupanja će se javiti i ako uzmemo najtačnije instrumente za merenje, mogu se samo smanjiti, ali neće nikada potpuno iščeznuti. Ova odstupanja se dešavaju po zakonima verovatnoće, ili, kako se obično kaže — slučajno.

Pribor: a) stativ sa klatnom;
b) hronometar;
c) lenjir.

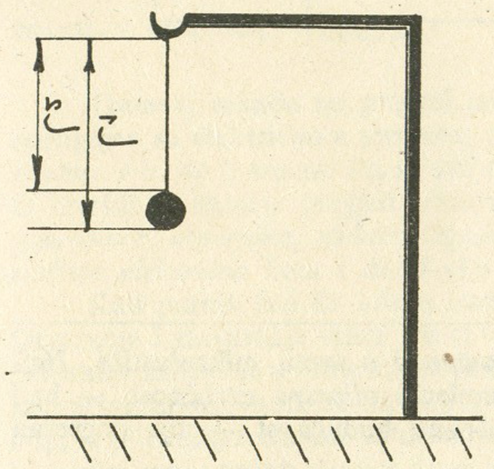
Ubrzanje Zemljine teže g određuje se

korišćenjem brojnog izraza kojim se određuje period oscilovanja klatna, tj:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \qquad (1)$$

Tok rada:

— Izmeriti lenjirom rastojanje od tačke vešanja klatna do gornje tangencijalne površi klatna i obeležiti tu dužinu sa l_2. Brojnu vrednost dužine l_2 uneti u tabelu 1. (To treba učiniti i pri svakom narednom merenju).



Sl. 1

— Lenjirom izmeriti rastojanje od tačke vešanja do donje tangencijalne površi klatna i obeležiti tu dužinu sa l_1. Srednju vrednost dužine klatna koju ćemo obeležiti sa $\bar{l}$ određujemo po obrascu:

$$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2}{2}. \qquad (2)$$

— Klatno izvesti iz ravnotežnog položaja (tako da amplituda ne bude velika, tj. da ugao ne bude veći od 16°) i pustiti ga da osciluje. U momentu puštanja klatna da osciluje uključiti hronometar i odbrojati od 40 do 80 oscilacija. Hronometrom izmeriti vreme trajanja oscilacija.

Period osciloyanja (vreme trajanja jedne oscilacije) određuje se deljenjem brojne vrednosti vremenskog intervala u kome je izvršeno n oscilacija sa brojem oscilacija, tj.

$$T = \frac{t}{n} \qquad (3)$$

Zamenom brojnih vrednosti za dužinu klatna i period oscilovanja u izraz (1), dobijaju se vrednosti za ubrzanje g prikazane u tabeli 1.

Pri određivanju brojne vrednosti ubrzanja Zemljine teže dobijene su nezavisno jedna od druge više vrednosti ubrzanja: g_1, g_2 i g_3.

Srednja vrednost g izračunava se iz vrednosti dobijenih merenjem:

$$\bar{g} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_n}{n} = 9{,}802\ \mathrm{m/s^2}$$

Apsolutna greška Δg je određena apsolutnom razlikom ekstremne vrednosti pojedinačnog merenja i najverovatnije vrednosti (srednje vrednosti),

$$\Delta g = |g_e - \bar{g}|.$$

Poznavanjem apsolutne greške ne zna se dovoljno o tačnosti merenja. Jer, ako dužinu od 100 metara izmerimo sa apsolutnom greškom $\Delta l = 1$ cm, onda je to veoma precizno merenje. Ali ako bismo sa istom apsolutnom greškom $\Delta l = 1$ cm, izmerili dužinu od nekoliko decimetara, onda bi to bilo vrlo neprecizno merenje. Relativna greška δ daje

Broj merenja	$l_1\,[m]$	$l_2\,[m]$	$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2}{2}$	$t\,[s]$	n	$T\,[s]$	$g\left[\frac{m}{s^2}\right]$
1	0,88	0,86	0,87	112	60	1,866	9,866
2	0,88	0,86	0,87	139	74	1,878	9,740
3	0,88	0,96	0,87	88	47	1,872	9,801

Tabela 1

informaciju koliko se grešilo u odnosu na izmerenu veličinu, pa se definiše izrazom:

$$\delta_g = \frac{\Delta g}{\bar{g}}, \qquad (5)$$

Broj merenja	$g\left[\frac{m}{s^2}\right]$	$\Delta g = g - \bar{g}\left[\frac{m}{s^2}\right]$	$\delta g = \frac{\Delta g}{\bar{g}}$
1	9,866	0,064	0,065
2	9,740		
3	9,801		
Srednja vrednost	$\bar{g} = 9{,}802$		

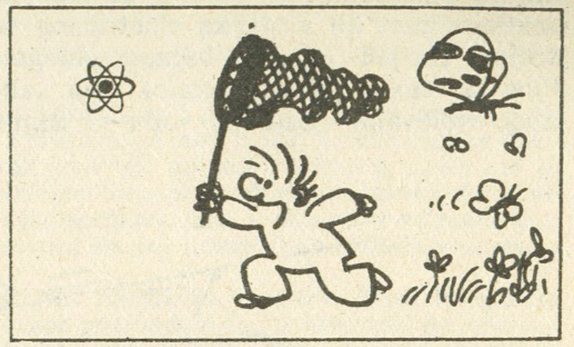
Tabela 2

Neodrživost klasičnog pincipa uzročnosti u svetu mikročestica, *Hajzenberg* je komentarisao:»U strogoj formulaciji principa uzročnosti — kad znamo tačno sadašnjost, možemo proračunati budućnost — nije pogrešan zaključak, nego pretpostavka.«

*

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

FIZIKA I. . .



POKRETNI FIZIČKI KABINET

TOMISLAV SENĆANSKI *(Beograd)*

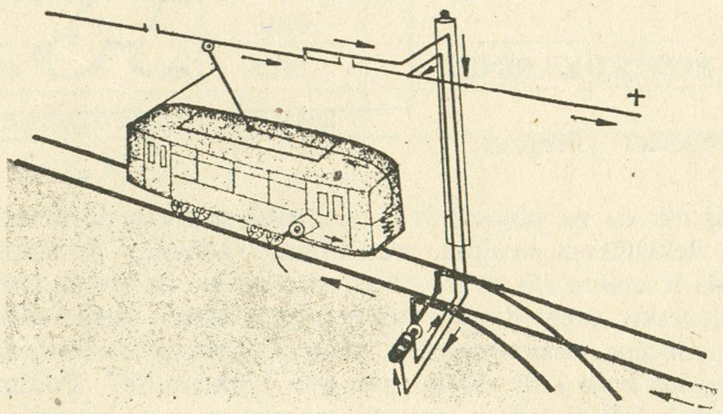
Tramvaj nikada ne pogreši svoj put, uvek se kreće po šinama i večito »druguje« sa električnom strujom, prevozi nas od stanice do stanice. To svi znamo. Ali, da li znamo šta se sve odigrava u njemu za vreme vožnje? Kada bi izvršili »lekarski« pregled tramvaja u njemu bismo našli: *elektromotore*, *generatore*, *otpornike*, *elektromagnete*, *poluge*, *prenosne mehanizme*, *cilindre*, *složena električna kola* i dr. Kako sve ovo funkcioniše? Pođimo redom.

Kad putnik želi da uđe u tramvaj, moraju se *vrata* otvoriti i zatvoriti. Otvaranje i zatvaranje vrata vrši se vazdušnim i električnim putem. Vazdušno otvaranje sastoji se u tome što se pokretanjem odgovarajuće ručice omogućava komprimiranom vazduhu da uđe u cilindar sa klipom. Vazduh će pokrenuti klip, a klip odgovarajuće poluge koje će otvoriti vrata. Zatvaranje je slično: komprimirani vazduh ulazi u drugi cilindar, čiji klip pomera polugu u suprotnom smeru i vrata se zatvaraju. Kod električnog načina ovu polugu pokreće elektromotor, čas u jednom, čas u drugom smeru, odnosno od smera zavisi da li će se vrata otvoriti ili zatvoriti.

Tramvaj je snabdeven sa dva, a takozvani brzi tramvaji imaju četiri *vučna elektromotora*. Elektromotori su uključeni na jednosmernu struju napona 600 V. Elektromotore stavlja u pogon kočničar pomoću jedne ručice koja se naziva kontroler. Za vreme vožnje kontroler se postavlja u odgovarajuće položaje. Pri polasku, kontroler vezuje elektromotore u red i svaki koristi po 150 V. Struja pre dolaska u elektromotore mora da prođe kroz odgovarajuće otpore (tzv. vučne otpore). Otpori se postepeno isključuju i elektromotori tada rade punom snagom. Daljim pomeranjem kontrolera elektromotori se vezuju paralelno i svaki koristi napon od 300 V. Opet je potrebno da struja ide preko otpornika koji se zatim sve više isključuju dok elektromotori ne prorade punom snagom. Sa višim naponom dobija se jača struja i elektromotori brže rade. Pomenuti otpori obezbeđuju postepeno povećanje brzine kretanja. Snaga elektromotora se kreće od 27 kW do 60 kW.

Ispred skretnice u gornji vod, tj. *provodnik* koji dovodi struju, umetnut je jedan kratak provodnik koji je izolovan od ostalog voda. Ovaj kratak provodnik povezan je posebnim provodnikom za jedan kraj elektromagneta koji je u zemlji ispod šina, a drugi kraj elektromagneta je vezan sa električnim vodom (vidi sliku). Ako tramvaj ide preko tog mesta sa isključenim elektromotorom, onda je strujni krug zatvoren, i to od šina, preko točka,

motora i prekidača u kolima, do izolovanog komada žice i odavde kroz elektromagnet do nastavka električnog voda. Tada elektromagnet dobija struju i privlači jednu polugu, a poluga pokreće šine. Ta poluga je nevidljivi skretničar. Ako skretnica stoji kako treba, onda kočničar mora da pređe izolovano mesto na vodu sa isključenim elektromotorom.



Kočenje tramvaja vrši se na četiri načina, što zavisi od tipa tramvaja. Prvo se zove reostatsko. Kod ovog kočenja elktromotori postaju generatori. Posle isključenja elektromotora inercija tramvaja pokreće generator (elektromotor je sada postao generator) što ima za posledicu kočenje tramvaja. To je ono zujanje koje čujemo u kolima. Vazdušno kočenje se vrši kompримiranim vazduhom koji preko klipa dejstvuje na mehanizam koji pritiska papučicu na točku. Slično ručnoj kočnici koja se više ne koristi. Treći tip je šinska kočnica. To su u stvari snažne kotve elektromagneta koji pri kočenju naležu na šinu i usled trenja koče tramvaj. Pri tome se na šinu baca i pesak radi povećanja trenja. Kardanske kočnice su za vreme vožnje pod naponom 24 V i drže kola otkočena, a kada se kolo prekine automatski nastaje kočenje, odnosno elektromagnet oslobađa svoju kotvu-papučicu i ona naleže na točak.

Za *grejanje* tramvaja ne postoje specijalni uređaji. Otpornici se zagrevaju pri radu tramvaja. Na osovini elektromotora nalaze se ventilatori koji ubacuju hladan vazduh u kutiju u kojoj su otpornici. Vazduh zagreju otpornici i on odlazi u uređaje za zagrevanje kola. U letnjim mesecima se zagrejani vazduh izbacuje napolje.

Osvetljenje tramvaja vrši se niskim naponom od 24 V do 38 V i visokim naponom od 600 V. Ako se koristi napon mreže (600 V), onda se uključi šest sijalica u seriji Nastaje podela napona, svaka svetli pri naponu 100 V. Novi tipovi tramvaja imaju posebnu dinamo-mašinu koju pokreće elektromotor i ona proizvodi struju za osvetljenje potrebnog napona.

U kabini kočničara je mnogo prekidača, jer je potrebno uključivati i isključivati veliki broj električnih kola. Među njima je i prekidač za »mini« elektromotore koji pokreću brisače stakla. Tu su i voltmetar i manometar, konveksna ogledala za osmatranje pozadine...

FOTOGRAFIJA (I DEO)

RAK LAJOŠ (Beograd)

U savremenoj nauci primećuje se pomeranje, pa i nestajanje granica između pojedinih oblasti — nastaju interdisciplinarne i multidisciplinarne nauke. I ostale ljudske delatnosti prate ove promene u nauci. U mnoge proizvode savremene tehnologije ugrađeni su rezultati čitavog niza nauka. Jedna od pravih multidisciplinarnih oblasti ljudske delatnosti je i fotografija. Iako je ona pretežno tehnička disciplina, ipak je zasnovana na rezultatima savremene fizike (optike i fizike kondenzovanog stanja), hemije, fizičke hemije, elektronike i drugih.

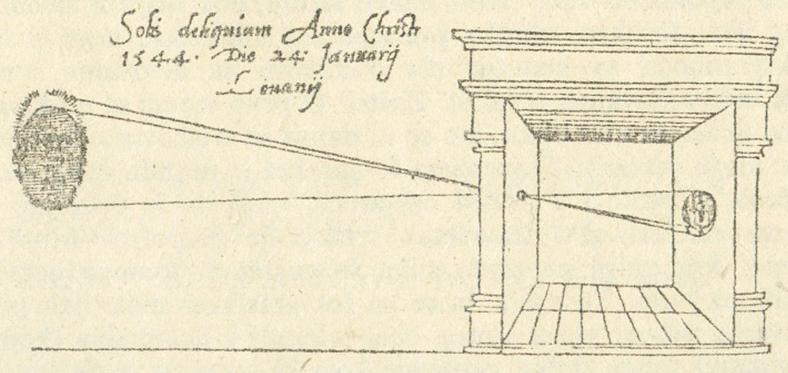
U svetu danas postoji veoma razvijena fotografska industrija. Sama fotografska industrija može se podeliti na dve velike grupe proizvođača čije se delatnosti sve više razdvajaju. Prvi proizvode *fotografski materijal* (filmove za dijapozitive i negative, hartije za izradu pozitiva, kao i hemikalije za njihovu obradu), a drugi *fotografske aparate* i *ostalu pomoćnu opremu* (bljeskalice, stative, reflektore, aparate za uvećavanje i ostalo). Da se poslužimo rečnikom ekonomista, prva grupa proizvodi potrošni materijal, a druga osnovna sredstva i sitan inventar. Razvoj savremene fotografije nije određen samo stepenom tehničkog razvitka, već i ekonomskim interesima velikih proizvođača.

Proizvodima fotografske industrije hleb zarađuje veliki broj korisnika: počev od fotografskih majstora, preko novinara (fotoreportera), naučnika i istraživača do lekara — rentgenologa. Danas se ne može zamisliti ni jedna oblast ljudske delatnosti gde fotografija nije stekla pravo građanstva. I samo nabrajanje primena fotografije ispunilo bi nekoliko brojeva *Mladog fizičara*. Iz fotografije su se razvile kinematografija, televizija i razni postupci umnožavanja i štampanja. Važni potrošači proizvoda fotografske industrije su i fotoamateri koji se fotografijom bave samo povremeno (najčešće, na letovanju, o porodičnim praznicima i u sličnim situacijama).

Iz izloženog može se zaključiti da je fotografija (u širem smislu) veoma složena. Za sveobuhvatno proučavanje fotografije nije dovoljno samo poznavanje prirodotehničkih nauka, već su potrebna i znanja iz društvenih nauka, kao i iz umetnosti. Mi ćemo se na ovom mestu zadržati na fotografiji sa stanovišta fizike.

Naziv fotografija potiče od grčkih reči *fotos* (svetlost) i *grafos* (pisanje, crtanje), što znači *crtanje pomoću svetlosti*. Pod fotografijom u užem smislu podrazumevaćemo dobijanje nepomične crno-bele slike na materijalima osetljivim na delovanje svetlosti.

Za dobijanje fotografije potrebni su: *fotografski aparat*, *fotografski materijal* (*film*) i *svetlost*. Fotografski aparat (sl. 1) je, zapravo, mračna komora (*camera obscura*), tj. zatvorena kutija na čijem je prednjem delu načinjen mali otvor. U ovaj se otvor kod fotografskog aparata pričvršćuje sabirno



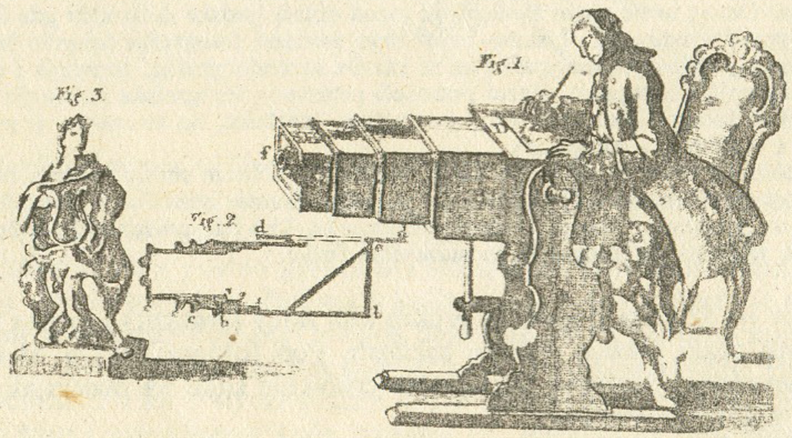
Sl. 1

sočivo, odnosno sistem sočiva koji se naziva objektiv. Na naspramnom zidu kutije nalazi se fotografski materijal. Kao što se vidi sa slike, dobijeni lik je izvrnut. Osim nabrojanih, postoji veliki broj drugih važnih delova, međutim, za objašnjenja fizičkih principa oni nisu bitni.

Mračnu komoru su poznavali i antički Grci, međutim, do konstrukcije prvog fotografskog aparata proteklo je više od 2000 godina. U ovom periodu mračna komora je dugo zaboravljena, pa je pre oko 500 godina ponovo otkrivena. Važan korak načinio je italijanski fizičar Alesandro Porta koji je u otvor mračne komore pričvrstio sabirno sočivo. Time je fotografski aparat u principu otkriven. Ono što je dalje sledilo bilo je samo tehničko usavršavanje.

Ostao je samo jedan problem: *kako učiniti dobijenu sliku trajnom* da bi se ona mogla čuvati proizvoljno dugo? Za rešavanje ovog problema ljudi su utrošili više od 200 godina nakon Porte.

U prvo vreme slika koju je dala mračna komora projektovana je na hartiju (ili platno) i »majstor« je olovkom izvlačio konture dobijenih likova. Tadašnji »fotografi« su imali »fotografske aparate« u obliku šatora sa kojima



Sl. 2

su se selili sa vašara na vašar. Ako je neko hteo da se »fotografiše«, morao je da sedi nepomično duže vreme ispred šatora, dok majstor završi iscrtavanje njegovog lika. Ovakva tehnika pre spada u slikarsku, nego u fotografsku.

Eksperimenti sa materijalima osetljivim na delovanje svetlosti dugo nisu dali zadovoljavajući rezultat. Zašto? U prvo vreme se očekivalo da svetlost sama »nacrta« celu sliku, što se ni danas sa sredstvima savremene tehnologije ne može ostvariti. Savremena fotografija je nastala onog trenutka kada je shvaćena, a zatim i u praksi ostvarena, ideja da je dovoljno da svetlost samo »*započne crtanje*«. Završetak crtanja je prepušten *hemikalijama.* U savremenoj fotografiji započeta slika se pojačava pomoću hemikalija i do deset miliona puta. To znači da se na fotograsfkom materijalu pod dejstvom osvetljavanja tokom svega stotog dela sekunde i hemikalija (koje se koriste pri razvijanju) mogu dobiti promene koje bi izazvalo osvetljenje u trajanju od 1,5 dana!

Od čega se sastoje fotografski materijali?

Za izradu fotografskih materijala najpogodnije su neke soli srebra, pa se u savremenoj praksi isključivo one i upotrebljavaju. Istine radi, moramo napomenuti da je pre godinu dana engleski proizvođač »Ilford« objavio da je u njegovoj istraživačkoj laboratoriji pronađen fotografski materijal koji nije na bazi srebra. Ova novina još nije ušla u svakodnevnu praksu, ali u skorijoj budućnosti može da izazove revoluciju u fotografskoj industriji. Dakle, materijali osetljivi na delovanje svetlosti su soli srebra koje su u obliku sitnih kristalića (mikrokristali). One su homogeno raspoređene u želatinu. Želatin i razdvaja, a i vezuje sitne kristale za mesto, slično kao što to čini malter sa ciglama zida. Ovakva smeša kristalića soli srebra i želatina naziva se disperzija (neki je pogrešno nazivaju emulzijom). Zašto se koristi želatin? Ima nekoliko razloga i fizičko-tehnoloških i ekonomskih. Ekonomski razlozi su: želatin je jeftin i može se proizvoditi u velikim količinama i to istog kvaliteta. Za nas su važniji fizički razlozi. Suvi želatin je čvrst, a kada se ovlaži nabubri i omogućuje prodor hemikalija za razvijanje do kristalića soli srebra. Soli srebra koje koristi fotografija ne rastvaraju se u vodi, nego se u vodenom rastvoru talože na dnu suda, slično kao čestice mulja na dnu reke. Želatin ima i tu važnu ulogu da sprečava padanje mikrokristala iz gornjih slojeva u donje (dublje). Osim toga, želatin učestvuje i u hemijskim procesima koji se događaju pri razvijanju.

Loša osobina želatina je što mehanički nije dovoljno otporan, pogotovo u tankom sloju od nekoliko stotina delova milimetra (a to je debljina fotografskog sloja). Zbog toga se želatin zajedno sa mikrokristalima lepi na neku čvrstu podlogu (staklo, hartiju, plastičnu masu), i time dobija zadovoljavajuće mehaničke osobine.

Promene koje svetlost izaziva u fotografskom sloju nazivaju se *fotohemijskim*, a šta se pri tome zapravo događa pisaćemo u sledećem broju.

*

SVIM ČITAOCIMA I SARADNICIMA UREĐIVAČKI ODBOR „MLADOG FIZIČARA“ ŽELI SREĆNU NOVU GODINU.

BIBLIOTEKA »MLADOG FIZIČARA«

Verovatno ste primetili da smo od prošlog broja otvorili novu rubriku — **Biblioteka »Mladog fizičara«**. Ona je namenjena svim našim čitaocima, učenicima i profesorima, ne samo kao izvor informacija o najnovijim izdanjima iz oblasti fizike i prirodnih nauka uopšte, već i da ukaže na sve ono što smatramo da može da pobudi interesovanje mladih budućih istraživača i da im na zanimljiv, »ne- školski« način približi saznanja, probleme i dileme nauke kojom se bavimo.

Pri tome očekujemo i vašu saradnju — zato, ako naiđete na neku zanimljivu knigu, pišite nam!

Stiven Vajnberg: »Prva tri minuta«

Biblioteka »Zodijak«, Vuk Karadžić, Beograd, 1981.

Za one naše mlade čitaoce koji su već sada spremni da se uhvate u koštac sa problemima savremene kosmologije, izašla je ovih dana iz štampe i knjiga »*Prva tri minuta*« (savremeno shvatanje o postanku svemira), koja na popularan način izlaže danas široko prihvaćeno shvatanje evolucije svemira, neposredno posle tzv. velikog praska. Ono počiva na verovatno najsenzacionalnijem otkriću u oblasti radio-astronomije šezdesetih godina ovog veka — otkriću kosmičkog radio-zračenja zaostalog iz perioda »rane vasione«.

Autor knjige, Stiven Vajnberg, profesor fizike na Harvardskom Univerzitetu, značajno je ime u savremenoj fizici. Za svoj doprinos objedinjavanju dveju osnovnih interakcija u teoriji elementarnih čestica — slabe i elektromagnetne interakcije — dobitnik je više značajnih nagrada za teorijsku fiziku u SAD, kao i, sa još dvojicom naučnika, Nobelove nagrade za fiziku pre par godina. Autor je i knjige »*Gravitacija i kosmologija: principi i primene Opšte teorije relativnosti*«, kao i brojnih radova iz kosmologije i drugih oblasti fizike.

Međutim, ono što je za čitaoca knjige o kojoj govorimo mnogo značajnije, jeste to što Vajnberg, pored nesumnjivog talenta za fiziku, poseduje i dar, ne suviše često izražen među vrhunskim naučnicima — da jasno i slikovito, ne žrtvujući pri tome egzaktnost naučnog razmišljanja, već samo njenu složenost, prikaže naučna otkrića, dokaze i činjenice, na način dostupan i laiku i čitaocu sa izvesnim znanjem iz date oblasti. Pri tome, on ne samo da analizira, »kadar« po »kadar«, događaje koji su se odigrali u toku prva tri minuta trajanja naše vasione, već se zadržava i na događajima iz zadnje tri decenije kosmoloških istraživanja, opisujući sve nesporazume, promašaje i dileme koji prate sva velika naučna otkrića.

Ričard Fejnman: »Osobenosti fizičkih zakona«

Biblioteka »Moderna fizika«, Školska knjiga, Zagreb, 1973.

Još jedan nobelovac u našoj biblioteci — Ričard Fejnman (Ajnštajnova nagrada 1954. g., Nobelova nagrada 1964. g.) je sigurno jedno od danas najpoznatijih imena u fizici elementarnih čestica i kvantnoj teoriji polja. I knjiga koja će se verovatno mnogima učiniti preambicioznim štivom za one koji čine prve korake na putu nauke. Međutim, smatramo da je ona izuzetan doprinos naporima da se dostignuća savremene nauke približe najširem krugu čitaoca. Nastala je na temelju predavanja koje je autor održao u okviru cillusa o razvoju naše civilizacije. Svako predavanje čini posebno poglavlje: *Zakon gravitacije kao primer fizičkog zakona, Povezanost matematike i fizike, Zakoni održanja, Simetrija fizičkih zakona, Verovatnoća i neodređenost, U traganju za novim zakonima* — a zajedno čine celinu koja se bavi pojmom fizičkog zakona u najširem smislu te reči.

U svakom slučaju, čak i čitaocu koji ne bude mogao da u potpunosti prati tokove autorovog izlaganja, ova knjiga će otvoriti pogled na samu suštinu fizike kao nauke o svetu koji nas okružuje.

Zabeležila: *Dragana Popović*

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 18

D. Koledin: Maks Plank
Lj. Ristovski: Plankov zakon zračenja
V. i S. Adamović: Infracrveni i ultraljubičasti zraci
S. Vojvodić: Raderfordov eksperiment
I. Čadež: Kako ispitujemo atome
M. Dimitrijević: Teorija relativnosti
D. Popović: O cirkulaciji krvi
P. Vuca: Kako meriti krvni pritisak
B. Radojević: Čarolija u vremenu
V. Adamović: Modeli atoma
S. Popović: Kako radi računar
Rešenje zadataka

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 19

D. Koledin: Amper
Lj. Ristovski: Magnetni dipol
B. Pomorišac: Najmanji delići materije koje znamo
M. Dimitrijević: Kosmologija
M. Popović: Ponašanje tečnog helijuma
D. Popović: Električna aktivnost biljaka
S. Milošević: Grafičko prikazivanje rezultata
A. Jofe: Elektron
Zadaci
Zadaci-pitanja
E-zadatak
Nagradni zadatak
Spisak rešavača

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 20

D. Koledin: Muzikalnost Nilsa Bora
Lj. Ristovski: Kvantni skok
Lj. i N. Nedeljković: Pojam kvantnog merenja
S. Vojvodić: Perenova potvrda atomističke pretpostavke
I. Cadež: Kako ispitujemo atome (II deo)
M. Dimitrijević: Gravitacioni kolaps
M. Popović-Božić: »Otkriće« jedne školjke
B. Urošević: Putevi saznanja u fizici
M. Radonjić: Geteovo učenje o bojama
V. Babović Puasonova svetla mrlja
Zadaci
Rešenja zadataka
Spisak reševača

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 21

D. Koledin: Naučnik Herman Helmholc
Lj. Ristovski: Energija, energija
M. Kulić: MHD — generator
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama
A. Marinčić: Svetlosni prenos vesti
D. Popović: Akcioni potencijali
Iz autobiografije M. Milankovića
B. Milić: Analiza grešaka jednog zadatka
V. Živanović: Merenje talasne dužine svetlosti
V. Babović i *B. Čabrić*: Fukoovo klatno
A. Tečić: Rotacija
Biblioteka »Mladog fizičara«
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
E — zadatak
Rešenja zadataka

UČENICI!

MOŽETE NARUČITI KOMPLETE STARIH BROJEVA »MLADOG FIZIČARA« PO VRLO POPULARNIM CENAMA: GODINA 80/81. 66 DINARA, GODINA 79/80. 40 DINARA I GODINA 78/79. 28 DIN.

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo fizičara Srbije

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