OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

MLADI FIZIČAR objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i svima koje interesuje 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**)

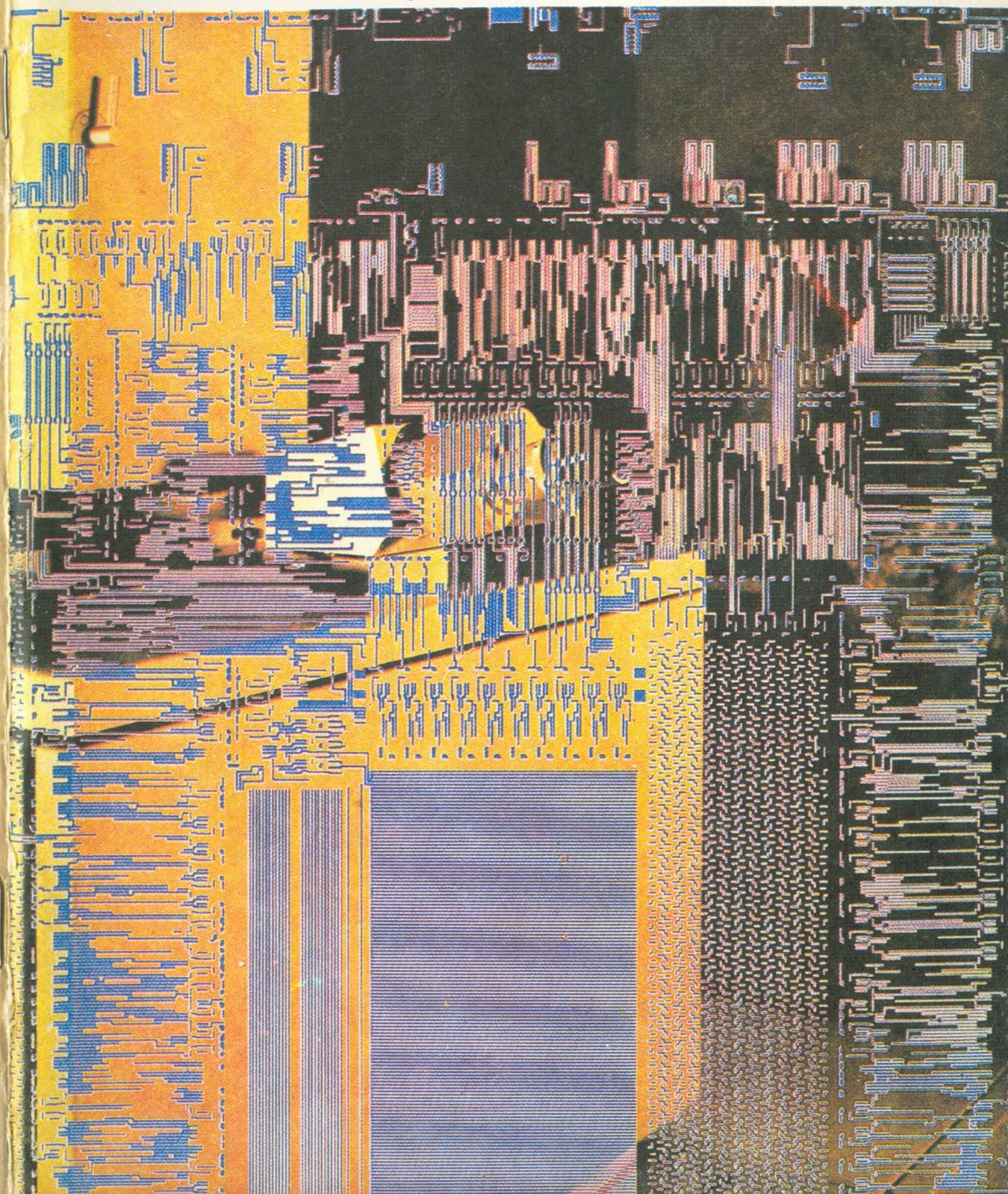
Knez Mihailova 35/IV, p. p. 791., 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 25 DIN

23
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 23
(1981/82)

YOUNG PHYSICIST
Magazine for elementary and secondary school students
JEUNE PHYSICIEN
Journal pour les éleves des écoles élémentaries et secondaires
JUNGER PHYSIKER
Zeitschrift für Volks — und Mittelschüler
МОЛОДОЙ ФИЗИК
Журнал для 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

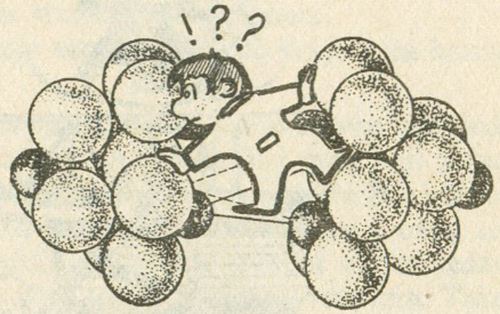
Uređivački odbor
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Milan DIMITRIJEVIĆ
Jablan DOJČILOVIĆ
Draško GRUJIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Dragana POPOVIĆ
Budo RADOJEVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Tomislav SENĆANSKI
Aleksandar SREĆKOVIĆ

SADRŽAJ

L. Landau i *J. Rumer*: Vreme i duž na u specijalnoj teoriji relativnosti .. 1
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama (II) .. 6
Fizika u stripu 10
L. Rak: Fotografija (II) .. 12
D. Popović: Primena Doplerovog efekta 16
Učenička laboratorija 19
A. Tečić i *Ž. Brenčić*: Pokazivanje interferencijskih i difrakcijskih efekata na televizijskom ekranu 21
D. Grujić: Osvrt na XII međunarodnu olimpijadu iz fizike 23
V. Adamović: Otkriće X-zraka 24
D. Kapor: Dva slična zadatka 26
Dva lavirinta 28
Konkursni zadaci Z161
Nagradni zadatak Z165
Zadaci-pitanja Z165
E-zadatak Z166
Rešenje zadataka Z167
Spisak rešavača Z175

Vinjete: N. *Ubović*

ŠTA JE...



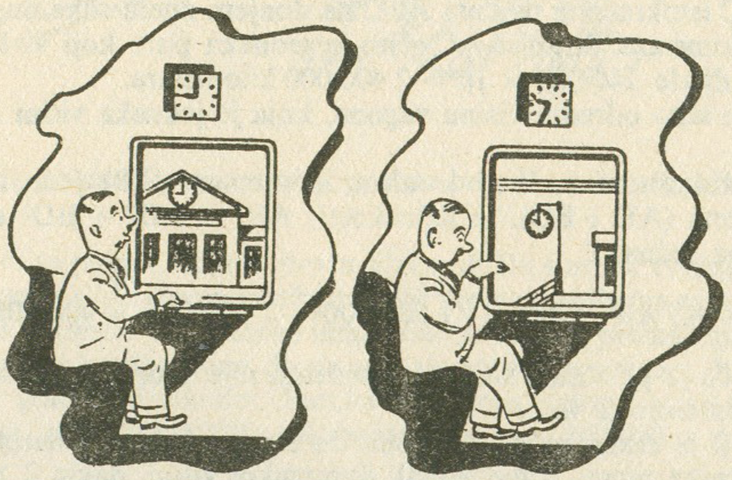
VREME I DUŽINA U SPECIJALNOJ TEORIJI RELATIVNOSTI

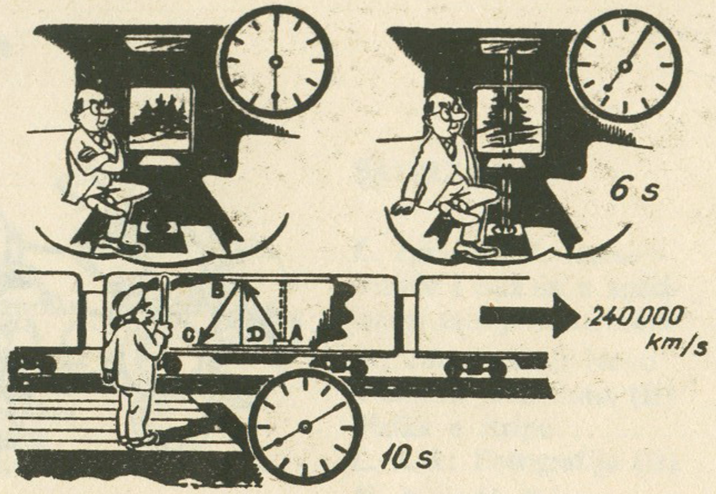
Ovo je deo petog poglavlja iz prekrasne naučnopopularne knjige »**Što je teorija relativnosti**«, *čiji su autori veliki svetski naučnik* **Landau** *i profesor* **Rumer**. *Knjigu je prevela* **Olga Vernić**, *a objavljena je u ediciji* »**Moderna fizika**«, **Školska knjiga**, *Zagreb.*

Naslov pomenutog poglavlja je »**Satovi i ravnala su jogunasti**«. *Ovaj tekst naslovili smo slobodno i izostavili smo podnaslove iz originala.*

Pred nama je vrlo duga željeznička pruga kojom se kreće Einsteinov vlak.* Na udaljenosti od 864 000 000 kilometara jedna od druge nalaze se dvije stanice. Pri brzini od 240 000 kilometara u sekundi Einsteinovu će vlaku trebati jedan sat da prijeđe tu udaljenost.

Obje stanice imaju sat. Na prvoj je stanici u vagon sjeo putnik i prije polaska vlaka provjerio svoj sat prema satu na stanici. Kad je stigao u drugu stanicu, sa čuđenjem je utvrdio da njegov sat kasni. U urarskoj su radionici međutim putnika uvjerili da je njegov sat potpuno ispravan.





U čemu je stvar?

Da bismo to shvatili, pretpostavimo da putnik usmjerava prema stropu zraku svjetlosti iz fenjera, postavljenog na pod vagona. Na stropu se nalazi zrcalo koje reflektira zraku natrag u fenjer. Put zrake, kakav će vidjeti putnik u vagonu, prikazan je na gornjem dijelu slike. Taj će put izgledati promatraču na peronu sasvim drukčije. Dok je zraka putovala od fenjera do zrcala, zrcalo se zbog gibanja vlaka premjestilo. Dok se zraka vraćala, fenjer se premjestio za isto toliko.

Vidimo da je za promatrače na peronu svjetlost očito prešla veću udaljenost nego za promatrača u vagonu. S druge strane, znamo da je brzina svjetlosti apsolutna brzina, dakle jednaka i za one koji putuju vlakom, i za one koji stoje na peronu. Zato moramo zaključiti: na stanici je od polaska do povratka zrake svjetlosti proteklo više vremena nego u vlaku.

Nije teško izračunati vremenske odnose.

Pretpostavimo da je promatrač na peronu ustanovio da je od polaska do povratka zrake svjetlosti prošlo 10 sekundi. Za tih 10 sekundi svjetlost je je prošla $300\,000 \times 10 = 3\,000\,000$ kilometara. Odavde proizlazi da su stranice AB i BC istokračnog trokuta ABC na donjem dijelu slike duge svaka po 1 500 000 kilometara. Stranica AC očito je jednaka putu koji vlak prevali za 10 sekundi, dakle $240\,000 \times 10 = 2\,400\,000$ kilometara.

Sada je lako odrediti visinu vagona, koja je jednaka visini BD trokuta ABC.

U pravokutnom trokutu kvadrat hipotenuze (AB) jednak je zbroju kvadrata kateta (AD i BD). Iz jednakosti: $AB^2 = AD^2 + BD^2$ slijedi da je visina vagona jednaka

$$BD = \sqrt{AB^2 - AD^2} = \sqrt{1\,500\,000^2 - 1\,200\,000^2} = 900\,000$$

kilometara. To je prilična visina, što međutim nije čudno zbog astronomskih dimenzija Einsteinova vlaka.

Put koji je zraka prešla od poda do stropa vagona i natrag bit će sa stajališta putnika prema tome jednak dvostrukoj visini, dakle $2 \times 900\,000 =$

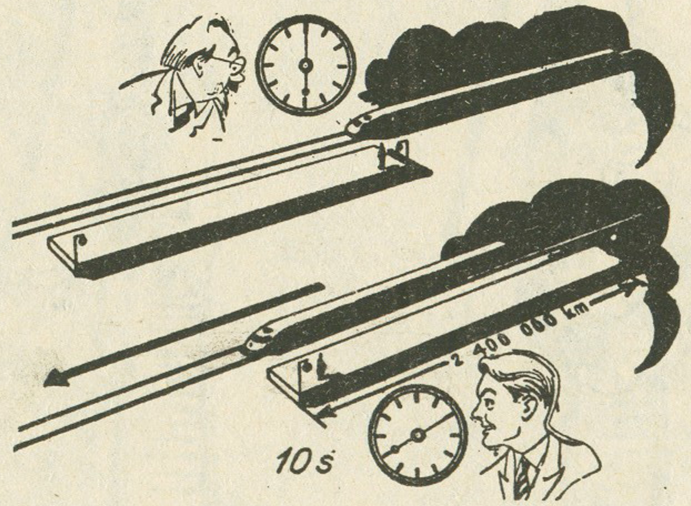
$= 1\,800\,000$ kilometara. Da bi prešla taj put, svjetlosti treba $1\,800\,000/300\,000 = 6$ sekundi.

I eto, dok je na stanici prošlo 10 sekundi, u vlaku je prošlo samo 6 sekundi. Dakle, ako je po staničnom vremenu vlak stigao jedan sat nakon polaska, po putnikovu satu prošlo je svega $60 \times 6/10 = 36$ minuta. Drugim riječima, putnikov sat zaostao je prema staničnom 24 minute.

Nije se teško dosjetiti da će kašnjenje sata biti to veće što je veća brzina vlaka.

I zaista, što je brzina vlaka bliža brzini svjetlosti, to je kateta AD, jednaka putu što ga prijeđe vlak, bliža hipotenuzi AB, jednakoj putu koji u isto vrijeme prijeđe svjetlost. U skladu s time smanjuje se omjer katete BD i hipotenuze. No taj omjer upravo je jednak odnosu vremena u vlaku i onog na stanici. Približavajući brzinu vlaka svjetlosti, možemo postići da za jedan sat staničnog vremena u vlaku prođe po volji malen odsječak vremena. Tako će, na primjer, uz brzinu vlaka jednaku 0,9999 brzine svjetlosi za jedan sat staničnog vremena u vlaku proteći samo jedna minuta!

Tako je dakle vrijeme, kao što smo se upravo uvjerili, zbačeno sa svog pijedestala apsolutnog pojma — ono ima relativni smisao, koji zahtijeva točno navođenje laboratorija iz kojih se vrši mjerenje.

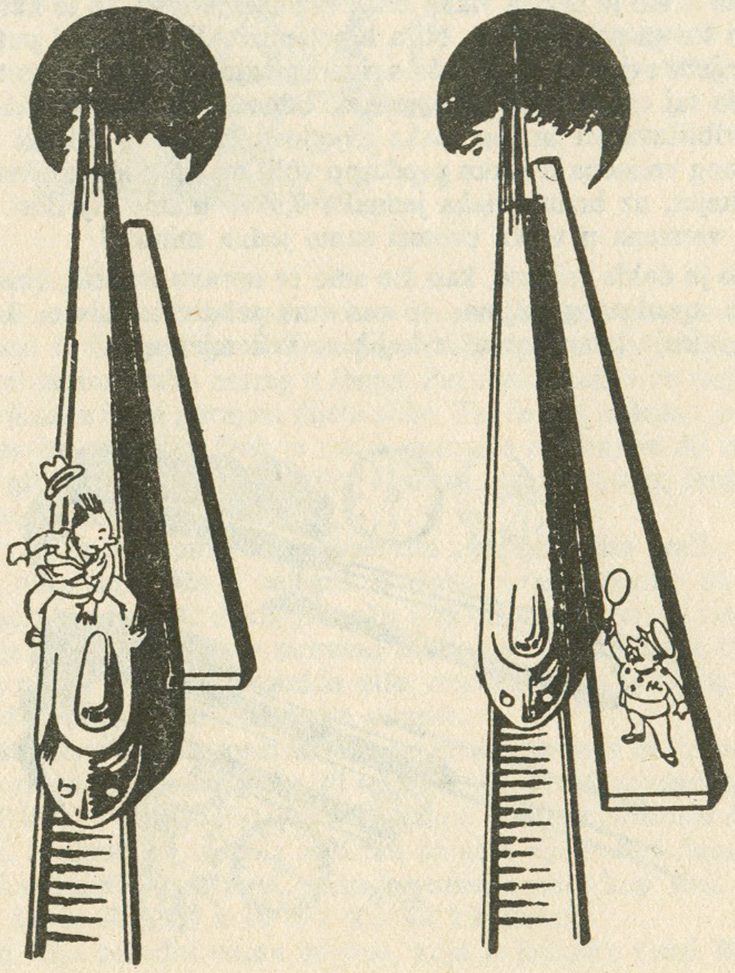


Zamislimo da Einsteinov vlak prolazi pored perona dugačkog 2 400 000 kilometara.

Da li će se putnici u Einsteinovu vlaku složiti s ovom tvrdnjom? Od jednog kraja perona do drugog vlak će proći, prema staničnom satu za $2400000/240000 = 10$ sekundi. No, putnici imaju vlastite satove, prema kojima će prolaz vlaka od jednog kraja perona do drugog trajati kraće vrijeme. Kako već znamo, ono će iznositi 6 sekundi. Putnici će iz toga s pravom zaključiti da duljina perona nije 2 400 000 kilometara, nego $240\,000 \times 6 = 1\,440\,000$ kilometara.

Vidimo da je duljina sa stajališta laboratorija koji u odnosu prema peronu miruje veća nego ako se gleda iz laboratorija prema kojem se peron giba. Svako tijelo u gibanju skraćuje se u smjeru svog gibanja.

To skraćenje, međutim, nikako nije znak apsolutnosti gibanja: smjestimo li se samo u laboratorij koji u odnosu prema tijelu miruje, i ono će se opet produljiti. Isto tako putnici će ustanoviti da se peron skratio, dok će se ljudima koji na njemu stoje učiniti da se Einsteinov vlak skratio (u odnosu 6 : 10).



I sve to neće biti optička varka. Istu stvar pokazat će bilo koji instrument pomoću kojeg se može izmjeriti duljina tijela.

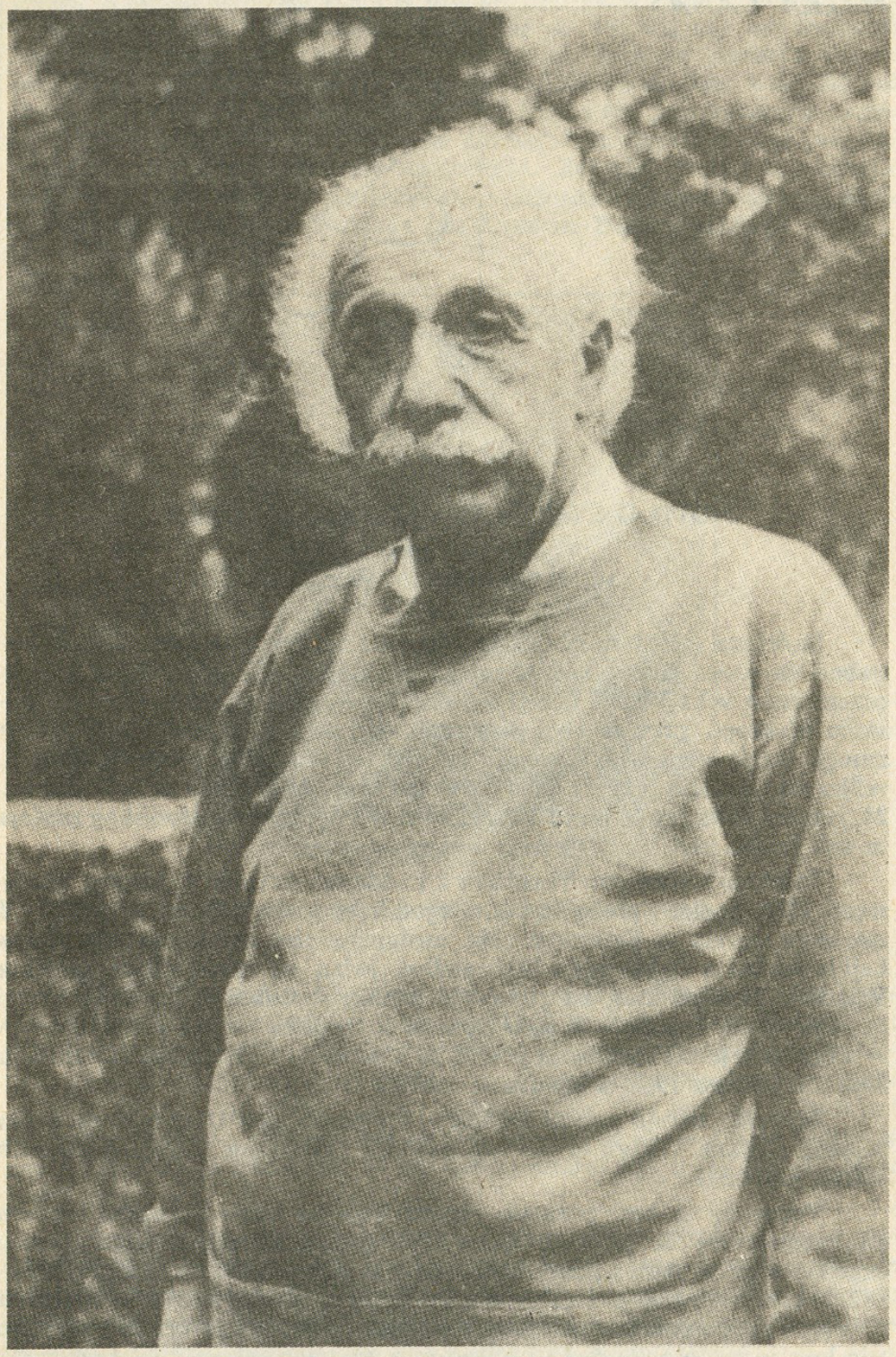
Crteži prikazuju Einsteinov vlak i peron tako kako ih vide promatrači na stanici i u vlaku. Vidimo da je na desnom crtežu peron dulji od vlaka, a na lijevom je vlak dulji od perona.

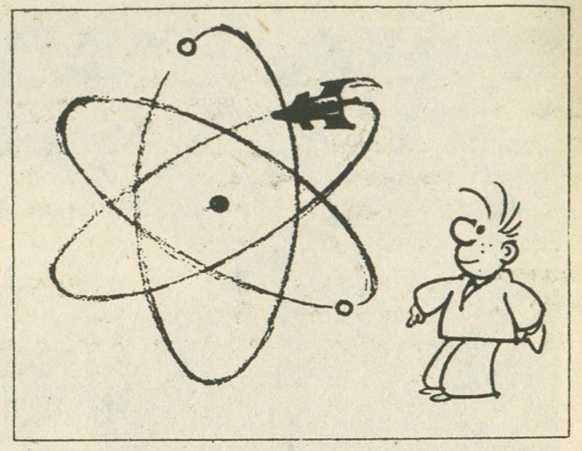
Koji od tih crteža odgovara stvarnosti?

I jedan i drugi su prikazi jedne te iste objektivne stvarnosti, »fotografirane« iz različitih točaka promatranja.

---

*Ajnštajnov voz je zapravo voz iz mašte. Njevoga dužina je punih 240 000 km, a kreće se, odnosno može se kretati, brzinom koja je proizvoljno bliska brzini svetlosti.





NOVO O STARIM PLANETAMA III: URAN

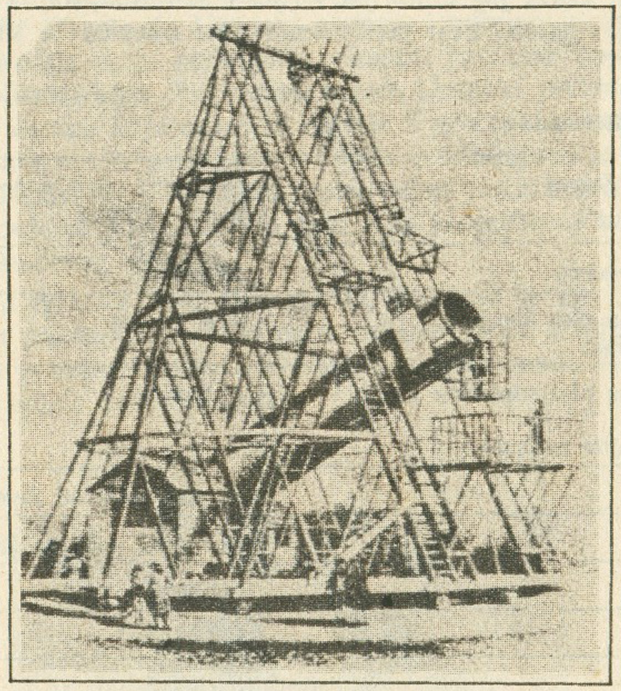
MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Stolećima je Saturn obeležavao granicu Sunčevog sistema. Bilo je potrebno da prođe gotovo celi pisani period čovekove istorije, da bi krajem osamnaestog veka Viljem Heršel ugledao Uran, prvu planetu otkrivenu pomoću teleskopa, prvu za koju nisu znali stari narodi. Danas o njoj znamo mnogo manje nego o Jugiteru ili Saturnu, ali kosmički brod Vojadžer 2, veliko delo ljudskih ruku, iz dana u dan mu je sve bliži i kada za koju godinu, 24. januara 1986. prođe pored Urana, to će biti događaj od istorijskog značaja za celi ljudski rod.

Poželimo srećan put Vojadžeru 2 i nadajmo se da će se njegovi instrumenti 1986. godine »probuditi« iz višegodišnjeg »sna« u kome se nalaze od završetka susreta sa Saturnom. Na međunarodnom astronomskom skupu koji je održan u Dubrovniku 1981. godine, jedan od rukovodilaca projekta Vojadžer, Norman Nes, na pitanje iz publike: »*Kolika je šansa da naučni instrumenti na Vojadžeru* 2 *budu ispravni u trenutku proleta pored Urana?*« — odgovorio je: »*Verovatnoća je* 66% *da* 9 *od ukupno* 11 *naučnih intrumenata bude* 24. *januara* 1986. *u ispravnom stanju.*«

Mi ćemo znatno preteći Vojadžer 2 i posetićemo Uran u ovom broju Mladog fizičara, vinuvši se do ove daleke i tajanstvene planete nepoznate starim narodima.

Vekovima se broj poznatih planeta koje su lutale nebeskim svodom nije menjao, sve do noći 13. marta 1781. godine, kada je orguljaš crkve u engleskom gradu Batu i pasionirani astronom amater, Viljem Heršel (1738—1822), upravio teleskop koji je sam konstruisao prema sazvežđu Blizanaca u sistematskoj potrazi za dvojnim zvezdama. Iznanada je ugledao nebesko telo koje je imalo oblik diska i opisao ga u svojoj beležnici kao »*magličastu zvezdu ili možda kometu*«. Kada je ustanovljeno da je to nova planeta, prva u istoriji koja je otkrivena teleskopom, bio je to događaj od izvanrednog značaja. Pronalazaču je brzo doneo slavu, koja se proširila i izvan naučnih krugova, i nagradu Londonskog kraljevskog društva. Kralj Džordž II mu je dodelio doživotnu penziju od 200 funti i za njega ustanovio zvanje kraljevskog astronoma čija je jedina dužnost bila da kraljevskoj porodici pokazuje nebeska tela kada mu to zatraže. Zahvalni Heršel je predložio da se nova planeta nazove *Georgium sidus* (Džordžova zvezda), ali ovaj naziv nije bio prihvaćen i ona je dobila ime Uran na Bodeov predlog.



Amaterski teleskop kojim je Heršl ugledao Uran

Otkriće Urana nije bilo slučajnost. To je bio vrhunac procesa sistematskog ispitivanja neba čiji je takav ishod bio neizbežan. Sam Heršel kaže: »*Obično se pretpostavlja da je srećna prilika upravila moj pogled na ovu zvezdu, ali to je očigledno pogrešno. Ja sam sistematski ispitivao svaku zvezdu na nebu, ne samo te veličine, nego i mnogo slabije. One noći bio je njen red da bude otkrivena. . . Da sam bio sprečen one večeri, otkrio bih je sledeće, a moj teleskop bio je tako dobar da bih njen planetarni disk uočio čim mi pogled padne na njh.*«

Ovaj događaj potpuno je izmenio Herševlov život. Profesionalni muzičar, čija je najveća strast bila astronomija u kojoj je bio samouk, postao je profesionalni astronom čiji je hobi do kraja života ostao muzika. Umro je slavan i poštovan u 84. godini. Interesantno je da je njegov život trajao upravo koliko i jedan obilazak oko Sunca planete koju je otkrio.

Uran je 19.2 puta dalji od Sunca nego Zemlja i po građi je sličan ostalim džinovskim planetama, Jupiteru, Saturnu i Neptunu. U njega bi mogle stati 63 Zemljine kugle, dok mu je masa veća od Zemljine samo 14.5 puta. Ova planeta ima svoju posebnu »ličnost«. Od svih ostalih se razlikuje po tome što joj se osa rotacije nalazi gotovo u vodoravnom položaju, odnosno Uran izgleda kao čigra koja se obrće »ležeći«. Grupa sovjetskih astronoma i Zinger sa univerziteta u Virdžiniji, pretpostavili su da je neobični nagib Urana izazvan sudarom sa nekim telom planetarnih dimenzija. Ovaj sudar je možda stimulisao i nastanak šest Uranovih satelita, od kojih je dva najveća otkrio Heršel i dao im imena iz anglosaksonske mitologije — Titanija i Oberon. Oko Urana kruže još Umbrijel, Arijel i Miranda, kao i nedavno otkriven šesti Uranov satelit koji privremeno nosi oznaku U VI.

Osnovni podaci o Uranu

Rastojanje do Sunca	19.2 puta veće nego rastojanje Sunce—Zemlja
Prečnik na ekvatoru	50 800 km
Period obrtanja oko Sunca (Uranova godina)	84.0 godina
Period obrtanja oko sopstvene ose (Uranov dan) prema poslednjim podacima	10 h 49 m (24 h ± 3 h)
zapremina	63 puta veća od Zemljine
Masa	14.5 puta veća od Zemljine
Temperatura	—220 °C
Gustina	1270 kg/m³

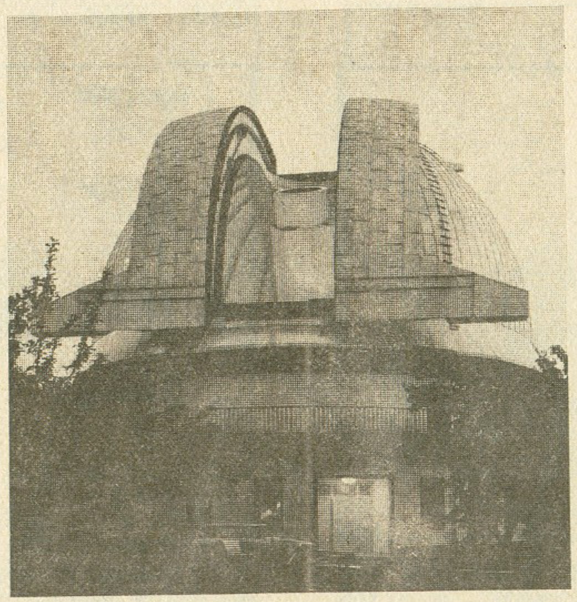
Dok se u atmosferama Jupitera i Saturna, pri posmatranju sa Zemlje jasno izdvajaju sistemi traka koji se istorijski nazivaju zone i pojasevi, Uran i Neptun ne pokazuju nikakve detalje na foto-snimcima. Zato ih je Alan Nurs 1960. godine nazvao »razočaravajućim parom gluvonemih« Sunčevog sistema. Ipak, Uran je doneo jednu od najvećih astronomskih senzacija zadnjih godina. Očekivalo se da 10. marta 1977. godine Uranov disk pređe preko lika zvezde SAO 158687 devete zvezdane veličine. Posmatranje ovakvog događaja omogućuje da se precizno odredi prečnik planete, ali nažalost on je vrlo redak. Od otkrića Urana pa do danas, to je bila jedina prilika da se izvrši posmatranje ovakvog događaja. Astronomi Dž. Eliot, E. Danhem i D. Mink su se pripremili da promatraju ovu pojavu sa visoko letećeg aviona snabdevenog astronomskim teleskopom i drugim potrebnim instrumentima. Oni su posmatrali teleskopom kako se Uran približava zvezdi. Iznenada, 40 minuta pre nego što je disk Urana prekrio zvezdu, njen sjaj je naglo opao da bi se posle nekoliko sekundi vratio na prvobitnu veličinu. Primećeno je ukupno pet takvih naglih promena sjaja. Pošto je Uranov disk prošao

ispred zvezde, kratkovremena slabljenja sjaja su se ponovila u obratnom poredku u istim vremenskim intervalima. Posmatrači su shvatili da je pojavu izazvao sistem koncentričnih prstenova oko planete. Analogne ali ne tako potpune rezultate dobili su i mnogi posmatrači na Zemlji. Zajednička obrada svih podataka, omogućila je da se zaključi da Uran ima najmanje devet prstenova.

Za razliku od Saturnovih prstenova Uranovi su veoma uski i između pojedinih prstenova nalaze se velike praznine. Tipična širina jednog prstena je svega 10 km i oni leže približno u ravni Uranovog ekvatora.

Može delovati začudujuće činjenica da su Uranovi prstenovi otkriveni tek danas. Radi se o tome da Uranovi prstenovi odbijaju veoma malo Sunčeve svetlosti, tako da ih je nemoguće primetiti prilikom običnih vizuelnih ili fotografskih posmatranja. Po svemu sudeći, Uranovi prstenovi su sastavljeni od kamenih čestica koje odbijaju najviše 5 procenata Sunčeve svetlosti, dok su čestice Saturnovih prstenova od leda i odbijaju oko 70 procenata svetlosti. Kao i Jupiterovi, i Uranovi prstenovi se pokazuju u svom najlepšem sjaju samo kada se posmatraju u kroz njih propuštenoj svetlosti iz spoljašnjih delova Sunčevog sistema.

Uprkos svih teškoća koje smo naveli, nedavno je na Zemlji dobijen snimak Uranovih prstenova, doduše ne u vidljivoj nego u infracrvenoj svetlosti. Na snimku prstenovi okružuju planetu u potpunosti, što ranijim posmatranjem nije moglo biti dokazano.

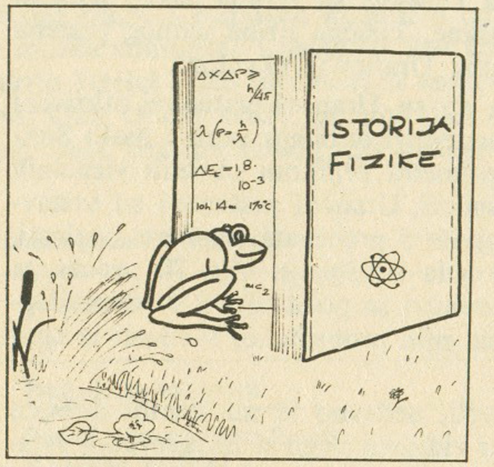


Savremeni pogled u nebo

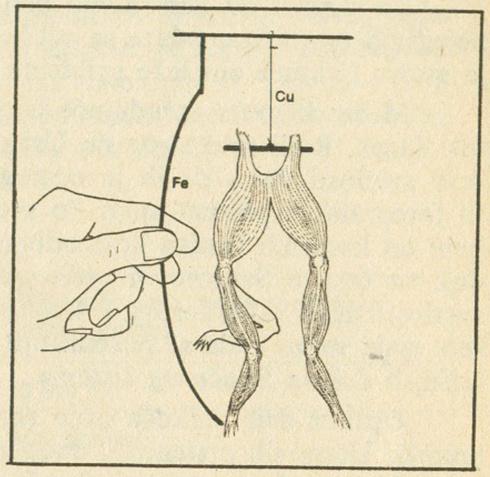
FIZIKA U STRIPU

OD ŽABLJEG »BALETA« DO ELEKTRIČNOG SVETLA

Tekst: *T. Senćanski*
Crtež: *M. Zec*

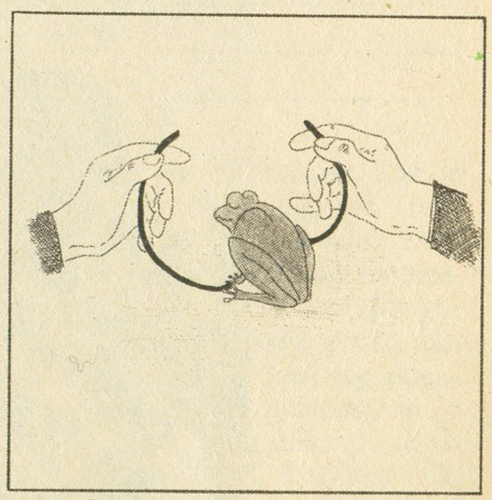


Sve je započeo profesor anatomije iz Bolonje, Luiđi Galvani. Možda je za sve što je usledilo »kriva«, zapravo, profesorova žena. Tek, krajem osamnaestog veka žaba je »uskočila« u istoriju fizike.

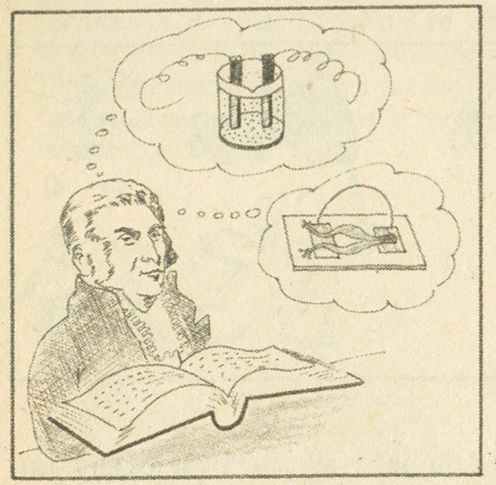


Naime, da bi pripremio supu svojoj oboleloj ženi, Galvani je pomoću bakarne žice obesio o gvozdenu ogradu balkona nekoliko žabljih bataka. Žablji kraci su se pomerali kada bi dodirnuli ogradu: započeo je žablji »balet«!

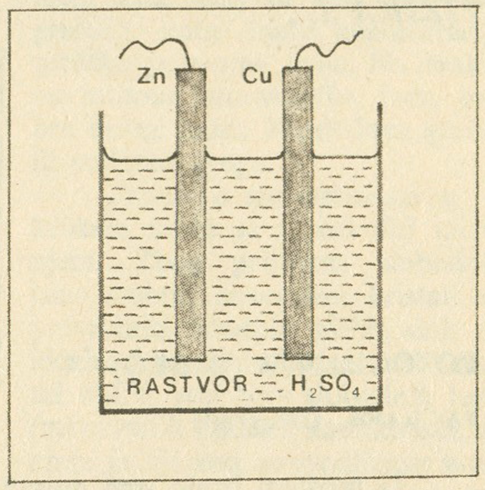
Prema drugim kazivanjima, ovu pojavu je otkrila Galvanijeva žena, skidajući čeličnim nožem kožu sa žabljih krakova. Posle obavljenog posla, spustila je nož na pocinkovani tanjir. Nož je jednim krajem dodirnuo nerv žabe, a drugim krajem mišić. U tom trenutku došlo je do micanja kraka.



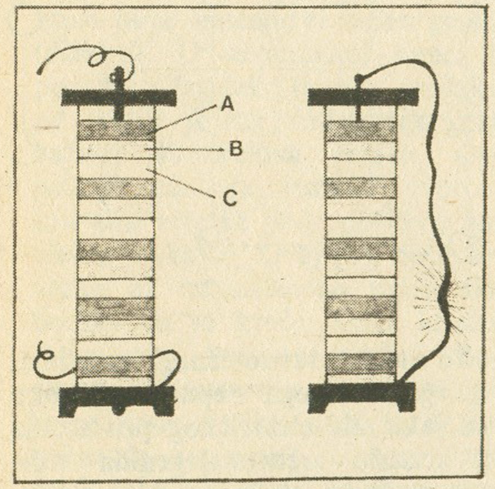
Galvani je ponovio ovaj ogled. Postavio je prepariranu žabu na sto za seciranje. Zatim je jednim metalnim, provodnikom dodirnuo njen bedreni nerv a drugim mišić na kraku. Kada su se slobodni krajevi metalnih provodnika dotakli, kraci mrtve žabe su se zgrčili.



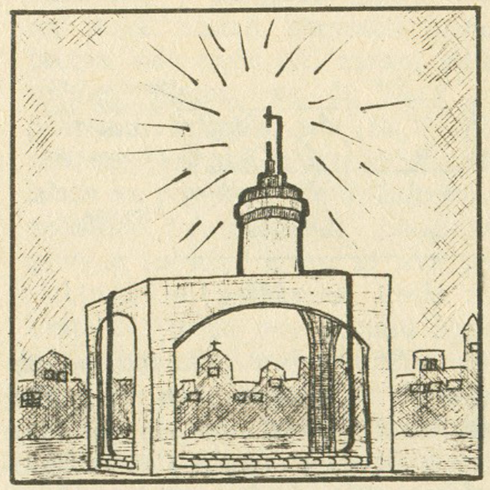
Fizičar Alesandro Volta nastavio je sa eksperimentima Galvanija. Na svoj jezik stavio je metalni novčić i tračicu od staniola. Metalnom šipkom ih je spojio i u ustima je osetio kiseo ukus. Ustanovio je da se žablji kraci miču (grče) zbog dejstva električne struje, koja nastaje dodirom dva različita metala sa žabljim krakom, odnosno sokom koji se u njemu nalazi.



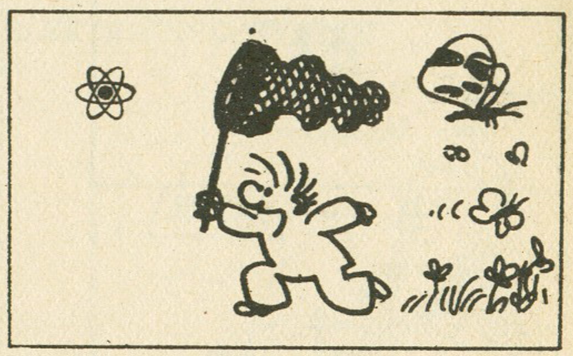
Potom je uzeo jednu srebrnu i jednu bakarnu ploču i između njih stavio tkaninu koja je prethodno bila potopljena u razblaženoj kiselini. Kada je približio krajeve provodnika kojima su bile vezane ploče, iskočila je električna varnica, slična onoj iz Lajdenske boce. Kasnije je srebrna ploča zamenjena pločom od cinka, a tkanina vodenim rastvorom kiseline. Tako je nastao prvi izvor električne struje koji je nazvan VOLTIN ELEMENT.



Volta je zaključio da je električna struja jača, ako se poveže veći broj parova pločica. Izradio je prvu baterju. Bila je sastavljena od ploča bakra (A) i cinka (C), naizmenično postavljenih i odvojenih kartonom natopljenim kiselinom. Kada je vezao krajeve provodnika koji su izlazili iz baterje, provodnici su se zagrejali, pa čak i usijali. Ovako dobijena baterja nazvana je kasnije VOLTIN STUB.



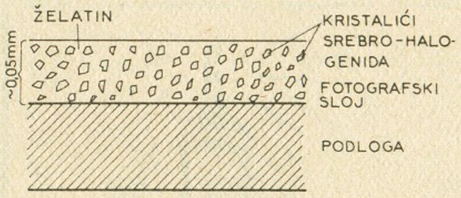
Iskre koje su nastale pri tome korišćene su za paljenje eksploziva i za prvo električno osvetljenje. Prve svetiljke sa električnim lukom koji se stvarao iz više desetina baterja upotrebljene su u Parizu, Petrogradu, Londonu... Baterje, tada jedini izvor električne struje, bile su skupe i malog kapaciteta. Kasnije će se stvoriti novi i jeftiniji izvori električne struje.



FOTOGRAFIJA (II DEO)

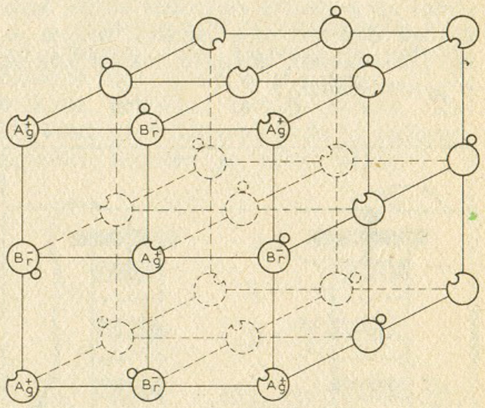
RAK LAJOŠ (Beograd)

U prošlom broju smo opisali da se fotomaterijal sastoji od kristala soli srebra, fino raspoređenih (dispergovanih) u tankom sloju želatina. Ovaj sloj, radi dobijanja odgovarajuće mehaničke čvrstoće, zalepljen je na neku tvrdu podlogu (slika 1). U ovom broju ćemo opisati o kakvim se solima srebra radi i šta se sa njima događa pri fotografisanju.



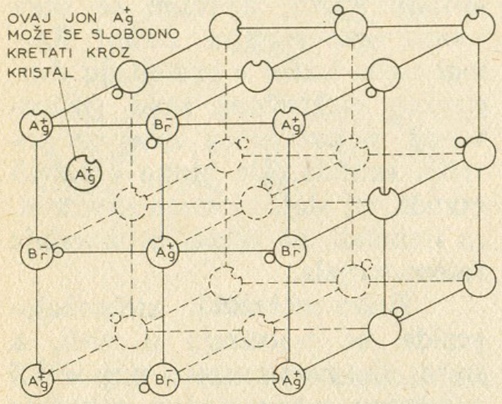
Slika 1

Soli srebra koje se upotrebljavaju u fotografiji su halogenidi (soli sa halogenim elementima): srebrobromid (AgBr), srebrohlorid (AgCl), i srebrojodid (AgJ). Ove soli kristalizuju gradeći kubičnu kristalnu rešetku (slika 2). Atom srebra predaje jedan elektron iz svog elektronskog omotača atomu broma i na taj način nastaju pozitivni joni srebra i negativni joni broma. Između njih vladaju jake sile elektrostatičkog privlačenja. Ovakav kristal, koji se naziva jonski, veoma je stabilan. Joni se nalaze u takozvanim čvorovima kristalne rešetke i vezani su za mesto. Mogu da osciluju



Slika 2

oko svog ravnotežnog položaja, ali ga ne mogu napustiti. Koliko su jake sile električnog privlačenja u kristalu srebrohalogenida vidimo iz činjenice da se on ne rastvara u vodi. Naime, kada se kristal nađe u vodi elektrostatičke sile koje deluju između jona oslabe oko 80 puta. Međutim, i tada su dovoljno jake da spreče raspadanje kristala, što nije uvek slučaj. Tako, kuhinjska so (NaCl) je jonski kristal koji ima sličnu strukturu, a poznato je da se ona lako rastvara u vodi. Nerastvorljivost halogenida srebra u vodi je, kako ćemo kasnije videti, vrlo važna osobina.



Slika 3

Kristal idealne strukture, koji je prikazan na slici 2, ne može se (praktično) nikad dobiti. Prilikom formiranja kristala u njegovoj strukturi uvek nastaju različite greške (defekti). U savremenoj nauci je poznato desetak tipova grešaka, od kojih je za fotografiju najvažnija Frenkelova greška. Ona nastaje ako se između čvorova kristalne rešetke nađe pozitivni jon srebra (slika 3). Ovaj jon neće biti vezan za mesto, nego može slobodno da se kreće kroz kristal. Osim ove, pri proizvodnji foto materijala namerno se stvara još jedna vrsta greške, koja se naziva nečistoća (primesa). U tom cilju se dodaje vrlo mala količina sumpora. Sumpor sa srebrom gradi sulfid (Ag_2S), koji zatim želatin vezuje za površinu kristala.

Zašto se namerno grade nesavršeni kristali? Detaljna ispitivanja su pokazala da idealan kristal nije osetljiv na delovanje svetlosti, dok ovaj sa ove dve vrste grešaka jeste. Inače koncentracija grešaka je veoma mala. Na svakih sto miliona »normalnih« jona srebra dolazi jedna Frenkelova greška ili sulfidna grupa.

Prisustvo nesavršenosti u kristalu može se i potvrditi merenjem. Zbog prisustva slobodnih jona srebra, nesavršeni kristali su provodnici (doduše slabi), dok su idealni kristali izolatori. Ako kristal sadrži veći broj slobodnih jona (takozvanih nosioca naelektrisanja), onda je njegova provodljivost veća.

Šta se događa kada se nesavršeni kristal osvetli? Za nas je najvažnije da svetlost oslobađa elektrone iz jona broma

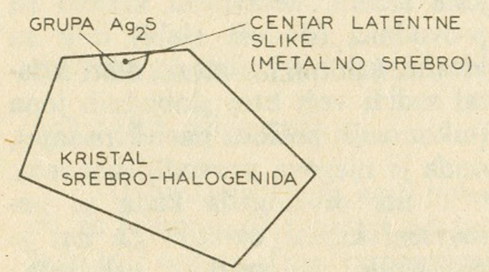
$$Br + \text{svetlost} \rightarrow Br + \text{elektron}$$

Ovako oslobođeni elektroni mogu slobodno da se kreću po kristalu. Time se provodnost kristala dalje povećava, što je konstatovano i eksperimentalno. Pored toga, nastali neutralni atomi broma više neće biti vezani električnim silama, pa će izaći na površinu kristala gde ih vezuje želatin. Slobodni elektroni takođe izlaze na površinu gde ih zahvataju nečistoće (srebrosulfid). Zbog ove osobine sulfidne grupe se nazivaju elektronskim klopkama. Posle zahvata elektrona one postaju negativno naelektrisane, pa privlače slobodne jone srebra (iz Frenkelovih grešaka), koji će zato, takođe, izaći na površinu. Joni srebra uzimaju elektron od sulfidne grupe i na ovim mestima nastaje metalno srebro

$$Ag^+ + e \rightarrow Ag.$$

Kao što je već napomenuto, broj slobodnih jona srebra je mali pa će i količina stvorenog neutral-

nog (metalnog) srebra biti mala. Kao rezultat delovanja svetlosti, na površini kristala na mestima gde su bile grupe srebrosulfida nastaju grupe od nekoliko atoma srebra. Ove grupe se nazivaju centrima latentne (skrivene) slike (slika 4).



Slika 4

U fotograsfkom sloju će posle osvetljavanja (snimanja) biti i osvetljenih i neosvetljenih kristala. Na osvetljenim kristalima će se stvoriti centri latentne slike, dok se sa neosvetljenim ništa ne događa. Na ovaj način nastaje latentna slika. Naziv potiče od toga što ova »slika« ne samo da nije vidljiva za ljudsko oko, nego se njeno nastajanje ne može dokazati nikakvim hemijskim i fizičkim metodama analize. Indirektni dokaz njenog postojanja je hemijski proces razvijanja. Prilikom razvijanja vidljiva slika nastaje na mestima gde je postojala latentna slika.

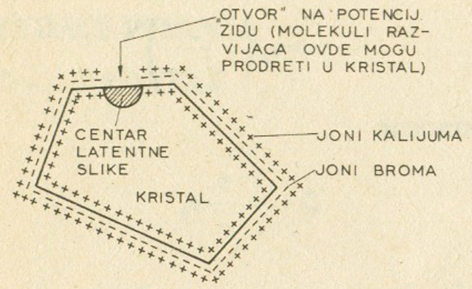
Razvijači su vodeni rastvori nekih hemijski aktivnih supstancija. Sada je jasno zašto je važno da se srebrohalogenidi ne rastvaraju u vodi. Ako bi se oni rastvarali u vodi, onda bi se u isto vreme rastvorili i centri latentne slike i ravnomerno raspodelili u želatinu. Nakon razvijanja tada bi umesto svetlih i tamnijih mesta nastala ravnomerno siva slika. Istine radi, moramo napomenuti da neki savremeni razvijači vrše delimično rastvaranje kristala srebro halogenida.

Kada se fotomaterijal potopi u razvijač slika se ne pojavljuje odmah. Prvi tragovi se pojavljuju sporo, a zatim se slika veoma brzo formira. Zašto? Razloge treba tražiti u postojanju dvostrukog električnog sloja (takozvanog potencijalnog zida) na površini kristala. Da bismo objasnili otkuda taj sloj, moramo se vratiti, za trenutak, na proces proizvodnje fotomaterijala.

Pošto se kristali srebrohalogenida ne rastvaraju u vodi, a treba ih ravnomerno raspodeliti u želatinu, u proizvodnji se koriste kristali srebra koji se dobro rastvaraju. Takva so je srebronitrat ($AgNO_3$). Čisti želatin se potopi u vodeni rastvor srebronitrata. Kada želatin nabubri, rastvoreni srebronitrat će biti ravnomerno raspoređen u njemu. Tada se dodaje kalijumbromid, tako da nastaje srebrobromid (koji se odmah izdvaja u obliku nerastvorenog kristalića) i kalijumnitrat. Kalijumnitrat se rastvara u vodi i iz fotografskog sloja odstranjuje ispiranjem. U sloju ostaju samo želatin i kristali srebrohalogenida. Da bi se sva količina nitrata sigurno pretvorila u halogenid, kalijumbromid se dodaje u nešto većoj količini nego što je to zapravo potrebno. Višak kalijumbromida se vezuje (adsorbuje) za površinu kristala (slika 5). Na površini srebrobromida su joni srebra koji iz okoline privlače i vezuju jone broma kojih ima više. Iznad sloja jona broma je vezan i sloj jona kalijuma.

Da bi započeo prosec razvijanja, molekuli razvijača moraju

dopreti do kristala, a to sprečava dvostruki električni sloj koji ih odbija. Na mestu gde se nalazi centar latentne slike ovaj sloj je slabiji, pošto nastali neutralni atomi srebra ne privlače jone broma.



Slika 5

Tako se u dvostrukom električnom sloju stvara »otvor« kroz koji molekuli razvijača mogu prodreti u kristal. Pošto je broj centara razvijanja u početku mali, biće, takođe, mali veličina (prečnik) i broj »otvora«. Zbog toga se razvijanje u početku sporo odvija.

Razvijač pretvara (redukuje) jone srebra iz čvorova kristalne rešetke u metalno srebro i »slaže« ih oko centara razvijanja, pa se tako povećavaju »otvori« na dvostrukom sloju i sve veća količina razvijača može da prodre u unutrašnjost kristala, čime se proces razvijanja ubrzava.

Razvijanje se produžava sve dok se svaki osvetljeni kristal ne pretvori u metalno srebro. Nakon razvijanja u fotografskom sloju ostaju zrna metalnog srebra i kristali srebrohalogenida (koji prethodno nisu bili osvetljeni). Ova slika, koju sačinjavaju zrna srebra, naziva se latentna slika.

Prema tome, u procesu razvijanja na pojedinim mestima je dobijeno zacrnjenje koje je proporcionalno osvetljenju. Nažalost, ne možemo dati korektnu definiciju pojmova »zacrnjenje« i »osvetljenje«, nego smatramo da su oni intuitivno jasni čitaocima.

Treba rešiti još jedan problem: kako posmatrati dobijenu sliku pri svetlosti? Naime, ako bi se razvijena slika izložila dejstvu svetlosti osvetlila bi se i preostala zrna srebrohalogenida i slika bi vrlo brzo postala potpuno crna. Početkom prošlog veka, kada su dobijene slike na materijalima koji su sadr žali halogenide srebra, na veliko razočarenje naučnika, one su veoma brzo isčezavale. Veliki engleski hemičar i fizičar Dejvi je smatrao da se dobijena slika ne može sačuvati i ubrzo odustao od daljih eksperimenata sa fotografisanjem

Prva fotografija je dobijena u trenutku kada je pronađen način da se odstrane preostali kristali halogenida iz fotografskog sloja. To je učinjeno pomoću hemikalija koje ih rastvaraju, ali ne rastvaraju i zrna metalnog srebra. Ovaj proces se naziva fiksiranje (učvršćivanje) slike, a pomenute hemikalije fiksiri. Kao fiksir danas se upotrebljava natrijumtiosulfat ($Na_2S_2O_3$). Mehanizam rastvaranja srebrohalogenida u vodenom rastvoru natrijumtiosulfata je znatno komplikovaniji od mehanizma rastvaranja, recimo, kuhinjske soli. Na tome se nećemo zadržavati, jer su u pitanju složeni hemijski procesi.

Sledeći korak u izradi fotografije je izrada »drugog negativa sa negativa«, tako da se dobija pozitiv. Za ovo se upotrebljava drugačija oprema, a snimanje »negativa na negativ« se ne obavlja u prirodi nego u laboratoriji.

PRIMENA DOPLEROVOG EFEKTA

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

Kada je 1842. godine objavio u Pragu delo »O obojenoj svetlosti dvostrukih zvezda« u kome je opisao svoja zapažanja o jednom fenomenu kod talasnih pojava, koji će kasnije biti nazvan njegovim imenom, austrijski fizičar Kristijan Dopler (1803—1853) verovatno nije mogao da predvidi široku primenu koju će njegovo otkriće naći u različitim oblastima nauke i tehnike.

Doplerovim efektom naziva se promena frekvencije talasa koja je rezultat relativnog kretanja izvora i prijemnika talasa (posmatrača). Pri tome se pri njihovom međusobnom približavanju frekvencija povećava, odnosno smanjuje kada se izvor i prijemnik udaljavaju jedan od drugog. To je pojava koju kod zvučnih talasa srećemo skoro svakodnevno: kada se nalazimo pored pruge ili autoputa, visina tona piska lokomotive ili automobilske sirene naglo se menja u trenutku kada nas lokomotiva, odnosno automobil mimoilazi. U optici se ova pojava naziva *Doplerov pomak*: spektralne linije u spektrima izvora optičkog zračenja u pokretu pomerene su u odnosu na standardni spektar. Iz Doplerovog pomaka određene su brzine kretanja mnogih zvezda, a na osnovu tzv. *crvenog pomaka* galaksija (pri udaljavanju izvora zračenja od posmatrača, spektralne linije se pomeraju ka crvenom kraju spektra), izveden je zaključak o širenju vasione (vidi *Mladi fizičar* 12/79 i 19/81).

(Nastavak sa str. 17)

Veličina opažene promene frekvencije data je poznatim izrazom

$$\nu=\nu_0\left(1\pm\frac{v}{c}\right)$$

odnosno

$$\Delta\nu=\frac{v}{c}\nu_0$$

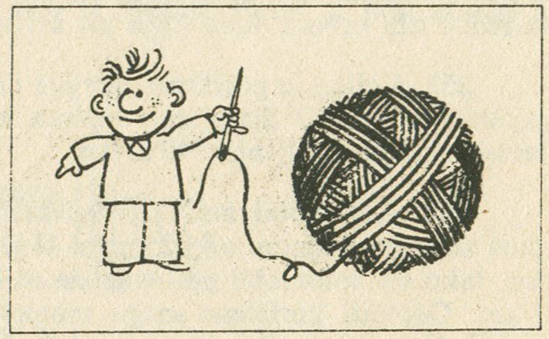
gde je $\Delta\nu=\nu-\nu_0$, opažena promena frekvencije talasa; ν_0 — frekvencija kada izvor i prijemnik talasa miruju jedan u odnosu na drugi; c — brzina datog talasa i v — relativna brzina izvora i posmatrača (predznak + označava njihovo međusobno približavanje; predznak — međusobno udaljavanje).

Iz gornjeg izraza se vidi da, kada nam je poznato c i v_0, na osnovu opažene promene frekvencije talasa, možemo da odredimo relativnu brzinu, odnosno brzinu izvora talasa, kada se prijemnik (posmatrač) nalazi u miru. Na tome se i zasniva primena Doplerovog efekta.

Njegovu najširu praktičnu primenu nalazimo kod radara na autoputevima i avionima: na osnovu upoređivanja frekvencije emitovanog elektromagnetnog talasa iz predajnika i odbijenog talasa (reflektovanog sa objekta u pokretu), može da se, na primer, odredi brzina automobila; kod aviona se koristi tzv. *Doplerov radar*, uređaj pomoću koga se, prema pomaku frekvencije između signala

ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI

KONKURSNI ZADACI
NAGRADNI ZADATAK
ZADACI PITANJA
E — ZADATAK

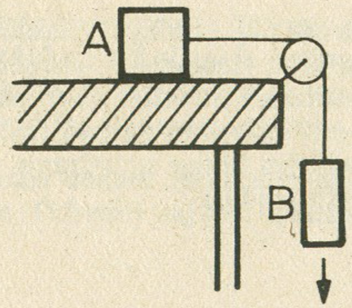


KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

248. Homogeno telo u obliku kvadra, čije su stranice $a=6$ cm, $b=4$ cm i $c=5$ cm, ima težinu od 2,953 N. Da li će ovo telo plivati ili potonuti u tečnosti čija je gustina 2500 kg/m³?

249. Telo A ima težinu 14 N i nalazi se na horizontalnom stolu. Preko kotura telo je sa neistegljivom niti povezano sa telom B koje visi. Težina tela B je 6 N. Odrediti silu trenja između tela A i stola, kao i odnos ove sile i težine tela na stolu, ako se telo B kreće konstantnom brzinom vertikalno naniže (sl. 1.).



Slika 1.

250. Na horizontalnoj odskočnoj dasci dužine 2 m, nalazi se čovek koji se sprema da skoči u bazen sa vodom. Njegova masa je 75 kg. Kolikim momentom sile čovek deluje na dasku, ako mirno stoji na njenom kraju?

B) za učenike VII razreda

251. Merenjem je ustanovljeno da kit u vodi pređe približno 450 m u jednoj minuti. Ako se pretpostavi da on pri tom razvija snagu od 132 kW, odrediti silu otpora vode koju kit savlađuje.

252. Koliko je potrebno energije da bi se istopilo 5 kg leda čija je temperatura —150°C? Specifična toplota leda je 1,8 kJ/(kg°C), a njegova latentna toplota topljenja 340 kJ/kg.

253. Automobil mase 10^3 kg kreće se na jednom delu horizontalnog puta stalnom brzinom od 72 km/h. U jednom trenutku vozač isključuje motor, tako da automobil nastavlja da se kreće usporeno i zaustavlja se posle 1 km. Odrediti korišćenu snagu motora na prvom delu puta. Pretpostaviti da su sile trenja i sile otpora vazduha konstantne duž celog puta.

254. Telo mase 0,4 kg bačeno je vertikalno uvis početnom brzinom od 20 m/s. Posle dostizanja maksimalne visine telo pada na zemlju i u trenutku udara dostiže brzinu od 10 m/s. Odrediti: a) deo energije koji je utrošen na vršenje rada protiv sila otpora vazduha; b) maksimalnu visinu koju je telo dostiglo i c) visinu koju bi telo dostiglo u slučaju da nema sila otpora vazduha.

C) za učenike VIII razreda

255. Odrediti najmanju brzinu elektrona u trenutku udara u anodu diode, ako je razlika potencijala između anode i katode a) 500 V, b) 5 kV. Masa elektrona iznosi $9{,}10 \cdot 10^{-31}$ kg, a njegovo naelektrisanje $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

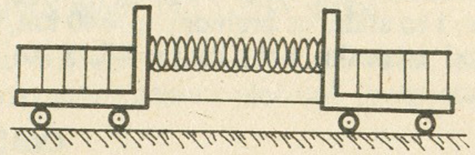
256. Matematičko klatno dužine l osciluje u liftu. Lift se podiže i spušta istim konstantnim ubrzanjem a. Odrediti vrednost ubrzanja a lifta i dužinu l matematičkog klatna, ako znamo da je period oscilovanja klatna pri spuštanja lifta $T_1=2{,}0$ s, a pri podizanju lifta $T_2=2{,}1$ s.

257. Zvučni talasi, iz izvora koji osciluje s periodom od 0,001 s, počinju jednovremeno da se prostiru kroz sredinu »1« i sredinu »2«. Rastojanje od 1 km zvučni talas koji se prostire kroz sredinu »1« prelazi za vreme koje je za 2,25 s kraće od vremena koje je potrebno da isto rastojanje pređe talas koji se kreće kroz sredinu »2«. Odrediti brzine prostiranja zvučnih talasa u datim sredinama, kao i prirodu ovih sredina.

D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

258. Homogena metalna lopta mase $m=4$ kg kotrlja se po horizontalnoj ravni brzinom $v=15$ m/s. Ako je moment inercije lopte u odnosu na osu koja prolazi kroz centar $I=2mr^2/5$, odrediti njenu ukupnu energiju.

259. Raketa se kreće u odnosu na nepokretnog posmatrača brzinom $v=0{,}9\,c$ (c — brzina svetlosti u vakuumu). a) Koliko vremena t prođe prema časovniku nepokretnog posmatrača, ako je za posmatrača u raketi prošlo vreme $t_0=0{,}6$ godina? b) Kako se menja gustina šipke, paralelne sa osom rakete, za nepokretnog posmatrača, ako je gustina šipke za posmatrača u raketi jednaka 2700 kg/m³?



Slika 2.

260. Dvoja laka kolica nalaze se na stolu i međusobno su vezana tankim neistegljivim kanapom. Masa jednih kolica je $m_1=2$ kg, a drugih $m_2=3$ kg. Između kolica se postavi opruga (sl. 2.) koja je sabijena pošto je dužina kanapa manja od dužine nedeformisane opruge. Ako se kanap pregori plamenom, opruga istovremeno odgurne kolica na suprotne strane. Odrediti odnos brzine kolica v_1 i v_2, kao i odnos puteva s_1 i s_2 koji pređu kolica do svog zaustavljanja. Koeficijent trenja je konstantan i za jedna i za druga kolica.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

261. Pri proučavanju fotoefekta na površini platinske elektrode utvrđeno je da zakočni napon iznosi 0,8 V. Odrediti: a) Talasnu dužinu primenjenog zračenja. b) Maksimalnu talasnu dužinu zračenja, pri kojoj je moguć fotoefekat. Izlazni rad za odvajanje elektrona sa površine platine iznosi 5,3 eV. Za vrednost Plankove konstante uzeti $6{,}625 \cdot 10^{-34}$ Js.

262. Najkraće rastojanje između kristalografskih ravni jedne familije datog kristala iznosi 0,210 nm. Kolika je brzina neutrona koji, padajući na dati kristal, daju refleksiju prvog reda pod uglom od 45°. Plankova konstanta iznosi $6{,}625 \cdot 10^{-34}$ Js, a masa neutrona $1{,}675 \cdot 10^{-27}$ kg.

263. Najveća talasna dužina spektralne linije Lajmanove serije spektra vodonika iznosi 122 nm. Odrediti najveću talasnu dužinu u Balmerovoj seriji.

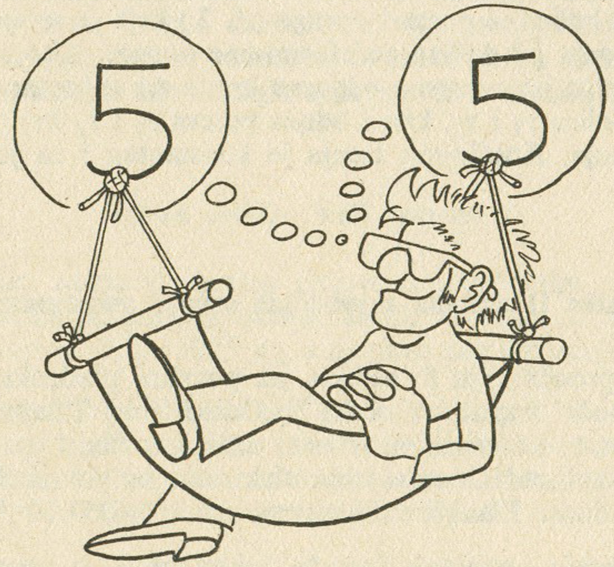
Zadatke pripremili

Aleksandar Srećković i
Jablan Dojčilović

NAGRADNI ZADATAK BROJ 20

Iz gradova A i B, koji su jedan od drugog udaljeni 80 km, istovremeno jedan drugom u susret polaze dvojica biiklista krećući se stalnim brzinama. Brzina bicikliste koji je pošao iz grada A je $v_A=10$ km/h, a drugog $v_B=20$ km/h. U trenutku kada je pošao, jedan od biciklista je pustio goluba koji je tako izdresiran da leti do drugog bicikliste, a kada do njega stigne, okreće se i vraća prvom, pa se ponovo okreće i leti ka drugom i tako dalje. Prema tome, golub neprestano leti od jednog do drugog bicikliste, sve dok se oni na putu ne sretnu, i to stalnom brzinom $v_G=40$ km/h. Odredite ukupni put koji golub pređe od trenutka polaska biciklista do trenutka njihovog susreta.

Odabrao: Lj. Ristovski



UPUTSTVO ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

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

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

ZADACI PITANJA

A. Za lansiranje satelita i drugih objekata koriste se tzv. višestepene rakete. Da li znate zašto su one bolje od jednostepenih raketa?

B. Vatra se može upaliti na mnogo načina, a neki od njih su, na prvi pogled, vrlo neobični. Na primer, to se može postići i komadom leda. Pokušajte da objasnite šta treba učiniti sa komadom leda da bi njime mogla da se upali vatra. Napominjemo da se to može postići samo ako je dan sunčan, pri čemu temperatura može biti i vrlo niska.

C. Kako ćete efikasnije ohladiti čašu vode: ako je stavite na ledenu ploču, ili ako je pokrijete ledenom pločom? Pretpostavite da je čaša do vrha napunjena vodom.

D. Na početku podvlačimo da je pitanje koje sledi potpuno umesno pa zato pokušajte da na njega odgovorite.

Šta je teže: jedna tona gvožđa ili jedna tona drva? Zamislite da ih merite na nultoj nadmorskoj visini i na istoj vagi.

Odabrao: Lj. Ristovski

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

KUPON

UČENIK .....

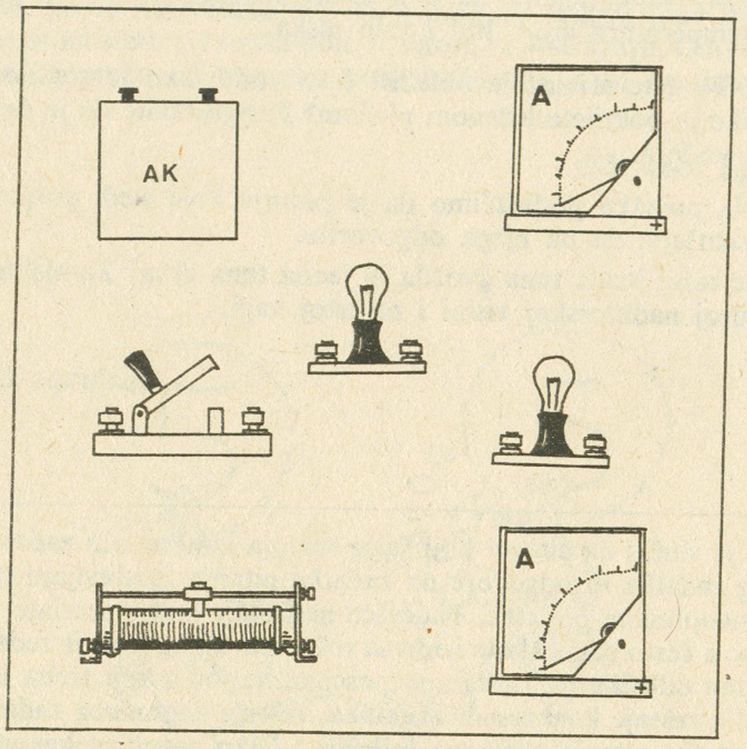
ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....

ZADATAK 8 E

a) Na slici je prikazan pribor za električna merenja. Obrazujte strujno kolo u kome će sijalice biti u paralelnoj vezi, reostat tako vezan da omogućuje regulisanje napona na sijalicama, a ampermetri mere struju u paralelnim granama kola. Kolo povezati sa izvorom struje pomoću prekidača.



b) Nacrtajte principijelnu shemu tako formiranog električnog kola.

c) Na principijlnoj shemi označiti znacima (+, —) polaritet mernih instrumenata i strelicama pokazati smer struje u kolu.

d) Koliki su opseg i konstanta ampermetra?

e) Do kakvih promena će doći u kolu kada se klizač reostata pomera ulevo?

T. P.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 18

Označimo sa n najveći broj ljudi koji može stati na ploču, a da im noge ostanu nepokvašene. To znači da kada na ploči stoji n ljudi, površina ploče je u nivou površine jezera, odnosno potpuno je uronjena u vodu. U tom slučaju na ploču deluje sila potiska F_p, koja je jednaka težini pločom istisnute vode

$$F_p = V\gamma_v = \gamma_v Sd. \qquad (1)$$

γ_v je specifična težina vode, a $V = S \cdot d = 1{,}5\ \mathrm{m}^3$ zapremina ledene ploče.

S druge strane, sila potiska F_p je jednaka zbiru težina ledene ploče G_L i ljudi na njoj nG,

$$F_p = G_L + nG = \gamma_L V + nG = \gamma_L Sd + nG. \qquad (2)$$

γ_L je specifična težina leda, koja je poznata, a G je težina jednog čoveka.

Iz jednačina (1) i (2) sledi da je

$$\gamma_s Sd = \gamma_d S_L + nG,$$

odnosno

$$n = \frac{sd \cdot (\gamma_v \cdot \gamma_L)}{G}.$$

Na ploču mogu stati dva čoveka.

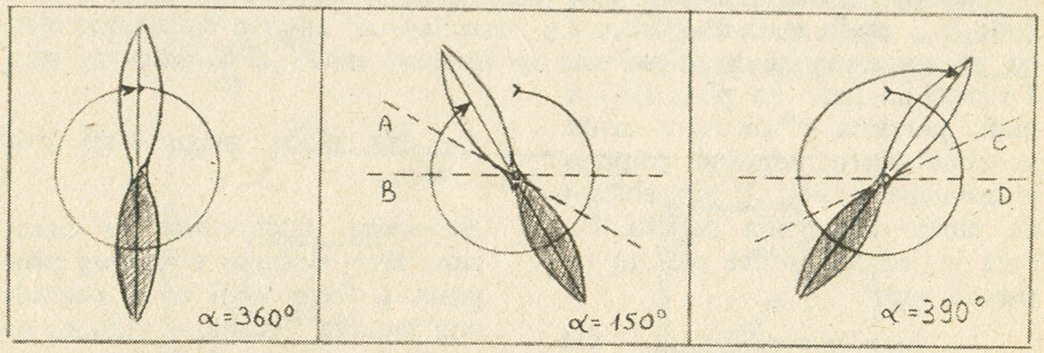
Napomena: Izvinjavamo se čitaocima zbog slučajno učinjenog propusta u formulaciji ovog nagradnog zadatka. Naime, u zadatku su korišćene jedinice koje ne pripadaju SI sistemu, što, naravno, nije dopušteno. Nekim učenicima to nije smetalo, pa su zadatak radili sa jedinicama koje su date, drugi su izvršili prelaz u SI sistem, a bilo je i takvih koji su učinjeni propust smatrali neoprostivim. Tako je stiglo par pisama, koja se mogu nazvati izjavama, u kojima neki učenici javljaju da ne žele da rešavaju ovaj nagradni zadatak, jer nije zadat u SI sistemu. Smatramo da je to, ipak, preterano.

ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 21

A. Kvalitetno i čisto ogledalo praktično potpuno odbija sve zrake koji, polazeći od okolnih predmeta, padaju na njega, pa zato mi vidimo slike tih predmeta, ali ne i samo ogledalo. Njegovo »postojanje« vizuelno konstatujemo zato što vidimo ram u kome se nalazi, ponekad zato što vidimo nečistoće koje se na njemu nalaze, a najčešće zato što vidimo svoju sliku (ili slike) predmeta za koje znamo da se ne nalaze tamo gde ih u tom trenutku vidimo.

B. Filmska kamera je (najčešće) konstruisana tako da snima 24 kadra u sekundi sa relativno kratkotrajnom ekspozicijom. To znači da se svake sekunde »blenda« otvori 24 puta, i to svaki put kratkotrajno, dok je u vremenskom intervalu kada se vrši izmena kadra zatvorena. Pretpostavimo da se elisa aviona obrće tako da napravi 24 obrta u sekundi i da je na prvom kadru snimljena u vertikalnom položaju (sl. 1). Ona će imati isti — vertikalni polcžaj i na drugom i svim narednim kadrovima. Naime, za vreme dok traje izmena kadra u kameri, kada je »blenda« zatvorena i kamera ne snima, elisa se obrne za 360° i ponovo zauzme vertikalni položaj. Znači, u

trenutku otvaranja blende elisa se nalazi u istom položaju kao i na prethodnom kadru, pa zato ne možemo konstatovati njeno obrtanje, odnosno izgledaće nam nepokretna.



Pretpostavimo sada da elisa napravi 26 obrta u sekundi. Ako je na prvom kadru bila u vertikalnom položaju, onda će u trenutku snimanja drugog kadra, a to znači nakon 1/24 sekundi, biti u položaju koji je prikazan na slici 3. Naime, za vreme $t=1/24$ s elisa načini $n=26/24$ obrta, odnosno njen krak prebriše ugao koji je jednak $\alpha=390°$. U trenucima kada se snimaju treći i četvrti kadar, ona će se nalaziti u položajima *A* i *B*. Prema tome, kada je brzina obrtanja elise veće od 24 obrta u sekundi, gledalac će, kako i jeste, imati vizuelni utisak da se elisa obrće u smeru kazaljke na časovniku.

Uzmimo sada da elisa načini 10 obrta u sekundi. U tom slučaju ona za vreme $t=1/24$ s, dok se vrši izmena kadra, načini $n=\frac{10}{44}$ obrta, odnosno njen krak prebriše ugao $\alpha=150°$. To znači da će se u trenucima snimanja drugog, trećeg i četvrtog kadra nalaziti u položajima *C* i *D*, pa će gledalac imati utisak da se ona obrće u smeru koji je suprotan smeru kretanja kazaljke, odnosno filmsko platno »laže«. Prema tome, u zavisnosti od odnosa brzine premotavanja filmske trake i brzine obrtanja same elise, gledalac na filmskom platnu može videti da elisa miruje, iako se ona obrće, da se elisa obrće u smeru u kome se zaista obrće, ili da se obrće u smeru koji je suprotan od smera stvarnog obrtanja.

C. Da bismo lakše došli do odgovora na postavljeno pitanje, pretpostavićemo da je put idealno ravan (ne gladak), a umesto kretanja bicikla ili automobila razmotrićemo kretanje zaprežnih kola koja imaju točkove sa metalnim obručom. U ovom slučaju sve dodirne tačke točka i podloge leže na duži koja je jednaka širini obruča. Posmatrano u odnosu na podlogu, točak se može kretati na dva načina: sa proklizavanjem ili bez proklizavanja. U prvom slučaju, koji se javlja kada je podloga glatka (ne postoji trenje), točak vrši samo obrtno kretanje, odnosno kola ostaju nepokretna. U drugom, točak vrši složeno kretanje. Obrće se oko osovine, ali osovina nije nepokretna, nego vrši translatorno kretanje. Kod ovog kretanja dodirne tačke točka i podloge su nepokretne jedne u odnosu na druge, jer bi u suprotnom slučaju došlo do proklizavanja. Sa stanovišta posmatrača koji se ne nalazi u kolima, točak se kreće tako što se stalno obrće oko tzv. trenutne ose obrtanja, koja se po pravcu poklapa sa pravcem duži na kojoj leže dodirne tačke točka i podloge. Prema tome, kada se točak obrne oko dodirnih tačaka, te

se tačke odvoje od podloge a na nju dolaze druge, koje leže na pravcu nove trenutne ose obrtanja. Znači, točak se u svakom trenutku obrće oko druge trenutne ose obrtanja na kojoj uvek leže tačke koje su u tom trenutku u neposrednom dodiru sa podlogom. Tačke koje su u datom trenutku u neposrednom dodiru sa podlogom, kada je reč o kretanju bez proklizavanja, su nepokretne u odnosu na podlogu.

ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 22

A. Uzrok pucketanja je zapreminsko širenje materijala od kojih je izrađen nameštaj. Širenje je izazvano porastom temperature. Pošto se različiti materijali različito šire, to će u njihovim spojevima doći do smicanja izazvanih mehaničkim naprezanjima, a ponekad i do nekih mehaničkih deformacija unutar samog materijala. Sve to, ponekad, dovodi do pucketanja o kome je reč.

B. Metalni sud i tečno jelo koje se u njemu nalazi su relativno dobri provodnici toplote, a to znači da od grejne ploče odvode veći deo toplote koji se u njoj oslobodi. Sa druge strane, grejnu ploču na kojoj se ne nalazi sud hladi samo vazduh, a on je znatno lošiji provodnik toplote. Ploča se slabo hladi, tj. od nje se odvodi mala količina toplote, pa se zato brzo usija.

C. Prskanje balona je izazvano zapreminskim širenjem vazduha koji se u njemu nalazi. Naime, Sunčevi zraci zagrevaju vazduh u balonu, a uvećanje temperature vazduha dovodi do povećanja pritiska. Zbog toga se vazduh širi sve dok se njegov pritisak ne izjednači sa pritiskom okoline (atmosferski pritisak) uvećanim za neki ekvivalentni pritisak kojim se može izraziti delovanje gumene opne balona na vazduh u njemu. Onog trenutka kada se ova ravnoteža poremeti, balon će prsnuti.

Crveni baloni lakše prskaju od plavih zato što se vazduh u njima brže zagreva, jer crvena boja više apsorbuje Sunčevo zračenje.

D. Temperatura ključanja vode zavisi od pritiska. Što je pritisak niži, to je niža temperatura ključanja vode i obrnuto. To znači da se pritisak može podesiti tako da voda proključa i na 20°C, a u takvu ključalu vodu možete slobodno staviti nezaštićenu ruku.

REŠENJE ZADATKA 7 E

1) Svaki učenik, koji zna zakon slobodnog padanja, dosetiće se da za rešavanje ovog zadatka treba primeniti formulu $s = gt^2/2$. Treba se popeti na vrh zgrade i sa mesta odakle je moguć slobodan pad istovremeno uključiti hronometar i pustiti praznu konzervu. U momentu kada se čuje udar o trotoar, zaustavi se hronometar i očita vreme *t*. Pošto je $s=H$, a ubrzanje zemljine teže poznato ($g=9{,}8$ m/s^2), lako je izračunati visinu zgrade. *Međutim, da li je ovakav postupak sasvim korektan?*

Ovakav postupak nije strog, već samo približan, ali je opravdan, jer se mnogo ne gubi na tačnosti. Rešenje je približno, prvo, zbog toga što gornja formula važi za kretanje u bezvazdušnom prostoru, a drugo, vreme *t*, koje je izmereno na opisani način, nije vreme kretanja tela, već suma vremena padanja t_1 i vremena t_2, koje je potrebno da zvuk,

nastao udarom konzerve o trotoar, stigne do »eksperimentatora«.

Ako bismo zanemarili otpor vazduha (zato što nije jednostavno odrediti ga i uzeti u obzir), a vodili računa o tome da je potrebno vreme t_2 da zvuk stigne do eksperimentatora, onda se eksperiment padanja konzerve opisuje sa tri matematička izraza:

$$t=t_1+t_2 \quad \ldots (1)$$

$$H=gt^2/2 \quad \ldots (2)$$

$$H=vt_2 \quad \ldots (3)$$

gde je v — brzina zvuka u vazduhu.

Iz jedn. (2) i (3) nađu se izrazi za t_1 i t_2 i zamenom u jedn. (1) dobija se

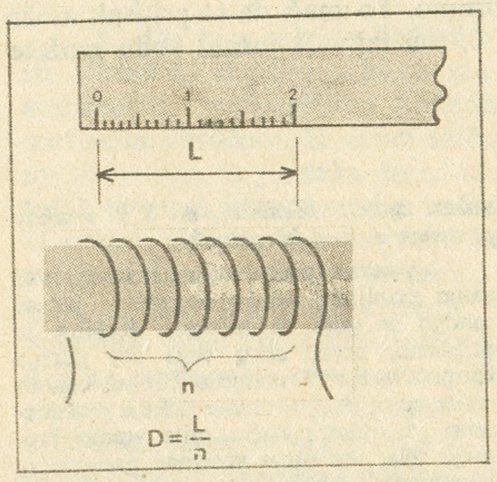
$$\sqrt{\frac{2H}{g}}+\frac{H}{v}=t, \quad \ldots (4)$$

odakle se nalazi visina zgrade H.

S obzirom na to da je v približno 340 m/s, u slučajevima kada je visina zgrade manja od 50 m, H/v se može zanemariti i upotrebiti formula

$$H=\frac{1}{2}gt^2.$$

2) Ako bi eksperimentator imao na raspolaganju lenjir sa milimetarskom podelom, postupio bi na način koji ilustruje data slika. Na olovku se čvrsto jedan uz drugi namota veći broj navojaka žice, čiji se djametar traži. Ako n navojaka zauzima dužinu 1, onda je sigurno djametar žice $d=l/n$. U nedostatku lenjira, eksperimentator koristi list papira, uzimajući da svaka »kockica« (kvadratić) ima stranicu dužine 5 mm. *Da li je zadatak rešen ako se izračuna l/d?*



U eksperimentalnom radu nikada ne može da se odredi tačna, »prava« vrednost merene veličine, ali sa sigurnošću se može odrediti interval u kome se tačna vrednost sigurno nalazi. Što je taj interval uži, to je merenje tačnije. Interval određuje *apsolutna greška*, pa se svaki rezultat merenja prikazuje s apsolutnom ili *relativnom greškom* izraženom u procentima, što ćemo pokazati na ovom primeru.

Rezultat merenja dijametra žice eksperimentator je izrazio u obliku $d=(0{,}50\pm0{,}03)$ mm.

Pokazaćemo kako se izračunava apsolutna greška. Eksperimentatoru je od ranije poznato da se čini greška od 1%, ako se umesto lenjira sa milimetarskom podelom upotrebi list papira. Do toga je došao tako što je utvrdio da 40 kvadratića na lenjiru prekriva dužinu od 202 mm. Ako pri merenju koristi dužinu kockice kao 5 mm, onda razlika između prave vrednosti (202 mm) i one koju uzima za rezultat (200 mm) predstavlja apslutnu grešku ($\Delta l=2$ mm).

Odnos apsolutne greške i izmerene vrednosti predstavlja *relativnu grešku*

$$\Delta l/l = 2\text{ mm}/200\text{ mm} = 0{,}01.$$

Kada se relativna greška pomnoži sa 100 dobija se *procentualna greška*, koja u ovom slučaju iznosi 1%.

Pri brojanju navojaka, takođe, može da se načini greška koja utiče na grešku rezultata. Realno je proceniti da se može pogrešiti najviše za jedan navojak. Zbog toga apsolutna greška u određivanju broja navojaka iznosi $\Delta n=\pm1$. Ako je na dužini l bilo $n=20$ navojaka, relativna greška je $\Delta n/n=1/20=0{,}05$. Izražena u procentima ova greška iznosi 5%.

U teoriji grešaka postoji pravilo da kada se neka fizička veličina određuje posredno, tj. iz proizvoda ili količnika dve ili više direktno merenih veličina, onda je greška jednaka zbiru grešaka direktno merenih veličina. Prema tome, u ovom slučaju kod određivanja dijametra žice procentualna greška iznosi 6%.

Ako je $d=0{,}50$ mm ($l=10$ mm, $n=20$), na osnovu procentualne greške lako se nalazi relativna greška, a na osnovu ove izračunava se i apsolutna.

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA

232. Voz prolazi kroz tunel od trenutka kada lokomoiva uđe u tunel pa do trenutka kada iz tunela izađe poslednji vagon. Za to vreme lokomotiva, pa i ceo voz, pređu rastojanje S koje je ednako zbiru dužine voza i dužine tunela: $S=L+L_1$. Tako se za vreme prolaska voza kroz tunel, na osnovu relacije za ravnomerno kretanje, dobija

$$t = S/v = (L+L_1)/v = (900\text{ m}+$$

$$+150\text{ m})/20\text{ m/s} = 52{,}5\text{ s}.$$

233. S obzirom na definiciju gustine, može se zaključiti da se zapremina tela izrazunava deljenjem mase tela, date u kilogramima, njegovom gustinom, izraženom u kilogramima po kubnom metru. Tako je zapremina: $V=m/\rho=80\text{ kg}/950\text{ kg/m}^3=0{,}8421\text{ m}^3$. Delovanje sile ne zavisi samo od njene jačine, već i od veličine površine. Težina tela čoveka deluje normalno na podlogu. Pritisak j brojno jednak sili koja normalno deluje na jedinicu površine. Pritisak kojim čovek deluje na podlogu jednak je odnosu njegove težine i ukupne površine njegovih stopala, odnosno $P=Q/2S$. Pošto je težina čoveka jednaka proizvodu njegovei mase m i ubrzanja Zemljine teže g (konstanta jednaka 9,81 N/kg), to je tražen pritisak:

$$P=\frac{m\cdot g}{2\cdot S}=\frac{80\text{ kg}\cdot9{,}81\text{ N/kg}}{2\cdot0{,}25\text{ m}^2}=$$

$$=15696\text{ N/m}^2=15\,696\text{ kPa}.$$

234. Ukupni pritisak na podlogu dobija se kada se ukupna sila, jednaka zbiru težine čoveka i težine stolice, podeli sa površinom kojom stolica dodiruje podlogu, odnosno:

$$P=\frac{Q_1+Q_2}{3S},$$

gde je $S=a^2$ površina poprečnog preseka jednog nogara tronoške. Znači, pritisak je jednak:

$$P=\frac{Q_1+Q_2}{3\cdot a^2}=\frac{750\text{ N}+30\text{ N}}{3\cdot4\text{ cm}^2}=$$

$$=\frac{780\text{ N}}{0{,}0012\text{ m}^2}=650\text{ kPa}.$$

235. Da bi automobil, koji se kreće po horizontalnom putu iz stanja mirovanja ($v_0=0$), za vreme t postigao brzinu v, potrebno je da mu sila vuče F njegovog motora saopšti ubrzanje $a=v-v_0/t=v/t$. Ovde se predpostavlja da se zanemaruju sile otpora kretanja; inače, ubrzanje bi bilo manje pri istoj sili vuče F, odnosno pri datom ubrzanju bila bi potrebna veća sila vuče njegovog motora. Kako automobil težine Q ima masu $m=Q/g$ (gde je g ubrzanje zemljine teže), sledi da motor automobila mora da ima silu vuče

$$F=ma=\frac{Qv}{gt}=\frac{19{,}62\text{ kN}\cdot30\text{ m/s}}{9{,}81\text{ m/s}^2\cdot10\text{ s}}=6\text{ kN}.$$

236. Na vagon koji se otkačio od kompozicije voza prestala je da deluje aktivna sila vuče lokomitove u smeru njegovog kretanja, tako da zbog dejstva sile trenja F_{tr} (nasuprot smeru njegovog kretanja) vagon dobija negativno ubrzanje (usporenje) i posle vremena t, za koje je prešao put s, zaustavlja se. Kako je kretanje vagona (pod dejstvom sile trenja) jednako usporeno, to možemo lako izračunati početnu brzinu v_0 vagona, znajući da se posle vremena t zaustavlja ($v=0$). S obzirom da je pređeni put s kod jednako ubrzanog (usporenog) kretanja jednak proizvodu srednje brzine v_{sr} i proteklog vremena t:

$$s=v_{sr}\,t=\frac{v+v_0}{2}\cdot t=\frac{v_0}{2}t,$$

sledi da je početna brzina $v_0=2\,s/t=2\cdot20\text{ m/s}=2\text{ m/s}$. Kako ubrzanje iznosi

$$a=\frac{v-v_0}{t}=-\frac{v_0}{t}=-\frac{2s}{t^2}$$

sledi da je sila trenja

$$F_{tr}=ma=-\frac{2ms}{t^2}=-\frac{2\cdot10^4\text{ kg }20\text{ m}}{20^2\,s^2}=$$

$$=-1\text{ kN}.$$

(znak »—« označava da je sila trenja usmerena nasuprot smeru kretanja vagona).

Koeficijent trenja μ, koji pokazuje odnos veličine sile trenja F_{tr} i veličine normalne komponente N sile težine, u ovom slučaju iznosi

$$\mu=\frac{F_{tr}}{t^2}=\frac{\frac{2ms}{t^2}}{mg}=\frac{2s}{gt^2}=0{,}01.$$

237. Pod dejstvom sile $F=ma$ telo mase m dobija ubrzanje $a=(v-v_0)/t$. Vreme t za koje je pod dejstvom sile F telo promenilo brzinu od v_0 do v možemo odrediti znajući da je pređeni put kod jednako ubrzanog kretanja jednak proizvodu srednje brzine $v_{sr}=(v+v_0)/2$ i proteklog vremena t: $s=v_{sr}t=\frac{v_0+v}{2}t$. Odavde je vreme t jednako $t=\frac{s}{v_{sr}}=\frac{2s}{v+v_0}$.

Ako dobijeni izraz za t zamenmo u izraz za ubrzanje, dobijamo:

$$a=\frac{v-v_0}{t}=\frac{v-v_0}{2s/(v-v_0)}=\frac{(v-v_0)\cdot(v+v_0)}{2s}=$$

$$=\frac{v^2-v_0^2}{2s}.$$

Sada smenom u izraz $F=ma$ dobijamo da aktivna sila iznosi

$$F=ma=m\,\frac{v^2-v_0^2}{2s}.$$

Kako nasuprot kretanju deluje sila trenja F_{tr}, ukupan rad koji treba izvršiti jednak je zbiru radova aktivne sile Fs i rada da bi se savladala sila trenja $F_{tr}s$:

$$A=Fs+F_{tr}s=m\,\frac{v^2-v^2}{2}+F_{tr}s=$$

$$\frac{(1\,\mathrm{kg}\,6^2-2^2\,\mathrm{m}^4/\mathrm{s}^2)}{2}+2\,\mathrm{N}\cdot 10m=$$

$$=16\,\mathrm{J}+20\,\mathrm{J}=36\,\mathrm{J}.$$

Ovaj zadatak mnogo lakše i brže možemo rešiti primenom zakona održanja energije: $A=E_k-E_{k0}+A_{tr}$ (u ovom slučaju potencijalna energije se ne menja, jer se telo kreće po horizontalnom putu) Znači, uloženi rad »troši« se na promenu kinetičke energije

$$\Delta E_k=E_k-E_{ko}=\frac{mv_0}{2}-\frac{mv^2}{2}$$

i na rad nasuprot sili trenja $A_{tr}=F_{tr}s$.

238. Koeficijent korisnog dejstva η jednak je odnosu oslobođenog, tj. korisnog rada i uloženog rada, odnosno energije. U našem slučaju uložena je električna energija A, a oslobođena je količina toplote ΔQ, tako da je koeficijent korisnog dejstva jednak $\eta=\Delta Q/A$. Oslobođena količina toplote ΔQ iznosi

$$\Delta Q=mc(T_2-T_1),$$

gde je m masa vode, $c=4{,}186\,\mathrm{kJ/kg°C}$ specifična toplota vode, a T_1 i T_2 su početna odnosno krajnja temperatura vode. Na osnovu predhodnog sledi da je koeficijent korisnog dejstva jednak

$$\eta=\frac{mc}{A}(T_2-T_1)=$$

$$=1\cdot\frac{\mathrm{kg}\,4{,}186\,\mathrm{kJ/kg\,°C}}{0{,}5\,\mathrm{kWh}}(100-23)\,°\mathrm{C}=$$

$$=\frac{1{,}45\,\mathrm{MJ}}{1{,}80\,\mathrm{MJ}}=0{,}80.$$

U ovom slučaju električni grejač predaje vodi 80% od uložene električne energije. Ovaj deo energije uslovio je povećanje temperature vode od 23°C do 100°C. Preostali deo električne energije »izgubljen« je na odvođenje toplote u okolnu sredinu.

239. Rad električne struje A jednak je proizvodu napona U u datom delu kola, jačine električne struje I i proteklog vremena t: $A=UIt$. Kako je proizvod jačine struje i vremena jednak protekloj količini elektriciteta Q: $Q=I,t$ sledi da je rad jednak proizvodu napona U i količine elektriciteta Q: $A=UQ$. Iz prvog Faradejevog zakona elektrolize sledi da je elektrolizom izdvojena masa m srazmerna elektrohemijskom ekvivalentu k i protekloj količini elektriciteta: $m=kQ$. Odavde je $Q=m/k$. Smenom ovog izraza u izraz za rad dobijamo $A=U\frac{m}{k}=$

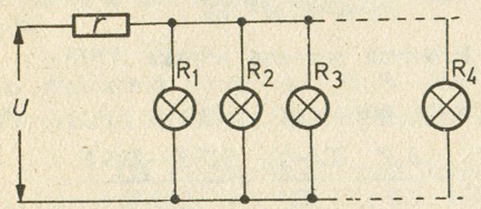
Nataloženu masu bakra možemo naći znajući gustinu bakra ρ i zapreminu V: $m=\rho V$. Kako je zapremina V jednaka proizvodu površine sloja S i njegove debljine d: $V=Sd$, sledi da je masa bakra $m=\rho Sd$. Smenom dobijenog izraza u izraz za rad, dobijamo da je uloženi rad električne struje jednak

$$A=U\frac{m}{k}=\frac{U\rho Sd}{k}=$$

$$=\frac{4\,\mathrm{V}\,8{,}9\cdot10^3\,\mathrm{kg/m^3}\,1{,}5\,\mathrm{m^2}\,5\cdot10^{-5}\,\mathrm{m}}{3{,}3\cdot10^{-7}\,\mathrm{kg/C}}=$$

$$=8{,}1\,\mathrm{MJ}=2{,}25\,\mathrm{kWh}.$$

240. Struja I, koja protiče kroz otpor osigurača r, jednaka je odnosu napona U i ukupnogo tpora R_0 ovoga dela strujnog kola: $I=U/R_0$. Otpor r je redno vezan sa paralelno vezanim otporima R sijalica (pogledaj sliku). Kako



je recipročna vrednost ekvivalentnog otpora paralelno vezanih otpornika jednaka zbiru recipročnih vrednosti svakog od otpora posebno:

$$\frac{1}{R_{eqv}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}$$

i kako su otpori svih sijalica jednaki $R_1=R_2=\ldots=R_n=R$, sledi da je $1/R_{eqv}=n/R$, pa je $R_{eqv}=R/n$, gde smo sa n označili broj paralelno vezanih sijalica. Ukupan otpor kola R_0 jednak je zbiru vezanih otpora r i R_{eqv}: $R_0=r+R/n$. Struja I koja protiče kroz osigurač jednaka je $I=U/R_0=U/(r+R/n)$. Kako jačina struje I ne sme da pređe dozvoljenu maksimalnu vrednost I_m: $I\leqq I_m$, sledi $U/(r+R/n)\leqq I_m$ odakle je $r+R/n\geqq U/I_m$, pa je $R/n\geqq(U/I_m)-r=(U-r_{1m})/I_m$. Konačno, dobijamo uslov:

$$n\leqslant\frac{RI_m}{U-rI_m}=\frac{150\,\Omega\,5\,\mathrm{A}}{220\,\mathrm{V}-15\,\Omega5\,\mathrm{A}}=5{,}17.$$

Znači, da kroz osigurač ne bi protekla jačina struje veća od dozvoljene, u dato strujno kolo može se priključiti samo $n=5$ paralelno vezanih sijalica naznačenih karakteristika.

241. Neka dečak baca n loptica u jednoj sekundi (u našem slučaju $n=2$). Tada je vreme za koje svaka loptica dostigne najvišu tačku $t=1/n$ [s]. Vreme podizanja loptica jednako je vremenu njenog slobodnog padanja naniže. S druge strane, put i vreme padanja su između sebe vezani relacijom za jednako ubrzano kretanje $s=gt^2/2$, odnosno $s=g/(2n^2)$. Na osnovu ovih razmatranja, sledi da je tražena visina jednaka:

$$H=s=\frac{g}{2n^2}=\frac{9{,}81\,\mathrm{m/s^2}}{2\cdot4\,s^2}=2{,}23\,\mathrm{m}.$$

242. Neka je m masa celog lanca a $m_0=m/L$ masa lanca jedinačne dužine. U nekom trenutku vremena sa stola visi deo lanca čija je dužina x (u početnom trenutku $x=L/2$). Tada je sila koja izaziva kretanje (sklizanje) lanca jednaka: $F=xm_0g$, a ubrzanje $a=F/m=xm_0g/m$ (za $t=0\Rightarrow a=g/2$). Očigledno je da se lanac kreće sa ubrzanjem koje nije konstantno, već se menja (raste) kako raste dužina dela lanca koji visi.
Ako se na krajeve lanca prikače jednake mase M, to će, onda kada sa stola visi lanca dužine q, sila koja izaziva kretanje biti $F_1=xm_0g+Mg$. Ubrzanje sistema je

$$a_1=F_1/(m+2M)=\frac{xm_0+M}{m+2M}\cdot g.$$

Da bi se odredilo u kom slučaju će lanac brže skliznuti, treba uporediti gornje izraze za ubrzanje a i a_1 u istom trenutku vremena, odnosno za istu dužinu dela lanca koji visi. Ovo upoređivanje se vrši tako što se gornji izrazi za ubrzanja dovedu na isti imenilac, pa se upoređuju brojioci. Tako je

$$a=\frac{xm_0\,mg+Mg}{m(m+2M)}\quad\text{i}\quad a_1=\frac{xm_0\,mg+mMg}{m(m+2M)}.$$

Kako je za sve vreme kretanja lanca $2xm_0\geqq m$ (minimalna dužina dela lanca koji visi je $L/2$), to je i ubrzanje sistema u prvom slučaju veće nego u drugom ($a>a_1$), što znači da je vreme sklizavanja duže kada se na krajeve lanca prikače jednake mase M (drugi slučaj).

Ovaj isti zadatak može se rešiti i na drugi način, preko zakona održanja energije. Pokušajte da to uradite.

243. Na lanac deluju dve sile: sila težine dela lanca koji visi i sila trenja između stola i dela lanca koji leži na stolu. Označimo sa m_0 masu po jedinici dužine lanca ($m_0=m/L$), a sa k koeficijent trenja mirovanja, tj. odnos najveće sile trenja i težine dela lanca koji se nalazi na stolu. Neka je L_1 dužina dela lanca koji visi, pri kojoj lanac još ne počinje da klizi. Pri toj kritičnoj dužini gore pomentute sile su jednake, odnosno

$$m_0gL_1=km_0g(L-L_1).$$

Iz ove relacije sledi da je koeficijent trenja jednak:

$$k=\frac{L_1}{L-L_1}=\frac{15\text{ cm}}{(50-15)\text{ cm}}=0{,}428.$$

244. Talasna dužina je u vezi sa periodom oscilovanja preko relacije $\lambda=c\cdot T$, gde je c brzina prostiranja elektromagnetnog talasa. Period T je određen Tomsonovom formulom $T=\pi 2\sqrt{LC}$ gde je C električni kapacitet kondenzatora. Kapacitet pločastog kondenzatora je $C=\varepsilon_a S/d$. Iz poslednje relacije sledi da je apsolutna dielektrična propustljivost dielektrika jednaka $\varepsilon_a=C\cdot d/S$, odnosno

$$\varepsilon_a=\frac{\lambda^2\cdot d}{4\pi^2\cdot c^2\cdot S\cdot L}=$$

$$=\frac{750^2\cdot\text{m}^2\cdot 0{,}2\cdot 10^{-3}\text{ m}}{4\cdot 3{,}14^2\cdot 9\cdot 10^{16}\text{m}^2/\text{s}^2\cdot 10^{-2}\cdot\text{m}^2\cdot 3\cdot 10^{-5}\text{H}}$$

$$=10{,}56\cdot 10^{-11}\frac{F}{m}$$

245. Sila, koju treba upotrebiti za odvajanje prstena od površine vode, sastoji se od dve komponente: težine prstena i sile površinskog napona, tj. $F=F_1+F_2$. Težina prstena je $F=\rho Vg=$ $=\rho gh(d_2^2-d_1^2)\pi/4=2800\text{ kg/m}^3\cdot$ $\cdot 9{,}81\text{ m/s}^2\cdot 0{,}01\text{ m}(2{,}704-2{,}5)\cdot$ $\cdot 10^{-3}\text{ m}^2\cdot 3{,}14/4=4{,}4\cdot 10^{-2}\text{N}$. Pri odvajanju prstena, površinska opna od vode se kida na obe kružnice prstena (i unutrašnjoj i spoljašnjoj). Zato je sila površinskog napona jednaka: $F_2=\pi\alpha$

$$(d_1+\alpha_2)=3{,}14\cdot 7{,}3\cdot 10^{-2}\text{N/m}\cdot$$

$$(0{,}05+0{,}052)\text{ m}=2{,}3\cdot 10^{-2}\text{N}.$$

Tako je tražena sila $F=F_1+F_2=6{,}7\cdot$ $\cdot 10^{-2}$N. Odavde se vidi da sila površinskog napona predstavlja $F_2/F=0{,}36$ deo ukupne sile F.

246. Na osnovu jednačine stanja idealnih gasova

$$PV=n_m RT=\frac{m}{M}RT,.$$

sledi izraz za pritisak idealnog gasa u funkciji temperature T i zapremine V

$$P=\frac{mR}{MV}T.$$

Znači, pri stalnoj zapremini, pritisak P gasa srazmeran je temperaturi T. Pri temperaturi T_1, pritisak P_1 iznosi

$$P_1=(mR/MV)T_1,$$

a pri temperaturi T_2 pritisak P_2 iznosi

$$P_2=(mR/MV)T_2$$

Relativna promena pritiska $\Delta P/P=$ $=P_2-P_1/P_1$ na osnovu prethodnih izraza iznosi

$$\frac{\Delta P}{P}=\frac{T_2-T_1}{T_1}=\frac{313\text{ K}-293\text{ K}}{293\text{ K}}=$$

$$=0{,}068\cong 0{,}07$$

Pritisak na temperaturi T_2 iznosi

$$P_2=\frac{mR}{MV}T_2=$$

$$=\frac{5\cdot 10^{-3}\text{ kg}\,8{,}3\cdot\text{J/k mol}}{28\cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}\cdot 4\cdot 10^{-3}}2{,}93\cdot 10^2\text{ K}=$$

$$=1{,}15\cdot 10^5\text{ Pa}.$$

(Pritisak gasa na temperaturi od 20°C iznosio bi $P_1=1.085\cdot 10^5$Pa).

247. Težina kapi tečnosti u trenutku otkidanja treba da razori površinsku opnu čiji je obim $L=2\pi r$, gde je r poluprečnik cevi. To znači da je težina jedne kapi $G=2\pi\cdot r\cdot\alpha=\pi\cdot d\cdot\alpha$. Broj kapi se dobija kada se težina tečnosti podeli sa težinom jedne kapi: $N=Q/G=$ $=Mg/(\pi d\alpha)$. Zamenom brojnih vrednosti dobija se da je $N=780$ kapi. Pošto se prema uslovu zadatka svake sekunde otkida po jedna kap, onda će sva tečnos isteći za $t=780\text{ s}=13\text{min}$.

REŠENJE TAKMIČARSKIH ZADATAKA

1. Veće je ubrzanje a_2.

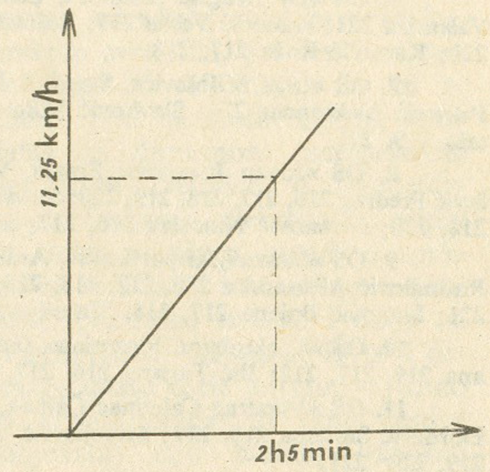
2. Vozovi će se sresti u 17 časova. Voz koji je krenuo iz mesta A prelazi put od 300 km, a voz koji je krenuo iz mesta B prelazi put od 120 km.

3. $a=0$.

4. a) $F=0{,}002$ N; $a=v^2/r$; c) kretanje je ravnomerno kružno.

5. 500 m.

6. a) $v=1{,}5$ m/s; b) $s=11250$ m; c) vidi sliku.



7. a) $P=43{,}5$ W; b) Fizičke veličine koje karakterišu osobine supstancije su gustina, temperatura ključanja, temperatura topljenja, specifična toplota, specifični otpor i druge; c) Materija se ispoljava u vidu fizičkog polja i supstancije.

8. a) Telo u tačkama A, B i C ima potencijalnu energiju; b) Telo se kreće usled dejstva sile Zemljine teže.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF BR. 21 DOSTAVILI SU

1. OŠ »Karađorđe«, Topola, (nastavnici fizike: Milomir Mladenović i Živadinka Jevđić); Jovanović Saša 219, 220, 221; Nikolić Dakmena 219, 220, 221; Nekić Zoran 219, 220, 221; Milovanović Zorica 219, 220, 221; Stevanović Nada 219, 220, 221; Srećković Dejan 219, 220, 221; Nikolić Gordana 219, 220, 221; Manojlović Vesna 219, 220, 221; Ješić Olivera 219, 220, 221; Mihailović Mirko 219, 220, 221; Ješić Milan 219, 220, 221; Jelić Jelić Vesna 219, 220, 221; Jovanović Snežana 219, 220, 221; Komnenović Gorica 219, 220, 221; Nikodijević Snežana 219, 220, 212; Lugonić Radoslav 219, 221; Damjanović Nenad 216, 217, 218; Avramović Nataša 216, 217, 218; Nikolić Darko 216, 217, 218; Lepoja Zoran 216, 217, 218; Spasić Dušan 216, 217, 218; Puhalović Biljana 216, 217, 218; Jeremić Goran 216, 217, 218; Pantić Nada 216, 217, 218; Đekić Snežana 216, 217, 218; Aleksijević Milan 216, 217, 218; Blagojević Dejan 216, 217, 218; Đorđević Milan 216, 217, 218; Spasić Nataša 216, 217, 218; Nikolić Marko 216, 217, 218; Vujičić Nebojša 216, 217; Milošević Goanr 216, 217; Blagojev Dejan 216, 217; Stojadinović Zoran 216, 217; Đorđević Boban 222, 224; Živanović Aleksandar 222, 224; Petrović Dejan 222; Jeremić Saša 216, 217, 218, 222.

2. OŠ »Milan Ilić Čiča«, Aranđelovac (nastavnik fizike: Savka Kosić i Mila Milivojević): Račić Jasna 216, 217, 218; Arsenijević Jasnima 216, 217, 218; Novović Goran 216, 217, 218; Milovanović Mirjana 216, 217; 218; Arsenijević Dejan 216, 217, 218; Ivković Predrag 216, 217, 218; Marjanović Milica 216, 217, 218; Jevtić Jelena 216, 217, 218; Katatanić Jelena 216, 217, 218; Radović Milena 216, 217, 218; Milić Goran 216, 217.

3. OŠ »Joca Milosavljević«, Miloševo, (nastavnik fizike: Miodrag Milanović): Vitić Slađana 216, 217, 218; Božinović Slaviša 216, 217, 218; Pavlović Šumadinka 216, 217, 218; Srećković Lidija 216, 217, 218; Nikolić Snežana 216, 217, 218; Stojanović Dragan 216, 217, 218; Milić Natalija 216, 217, 218; Živković Mirjana 216, 217, 218; Radosavljević Olivera 216, 217, 218.

4. OŠ »Milutin Jelenić«, Gornja Trnava, (nastavnik fizike: Vera Marković): Antonijević Nataša 217, 218, Jevtić Slavica 217, 218; Simić Goran 217, 218; Stojanović Branka 217, 218; Srećković Aleksandar 219, 221; Jevtić Olivera 221; Antonijević Mila 221; Radosavljević Endina 221.

5. OŠ »22 decembar«, Gornji Krupac, (nastavnik fizike: Slobodan Mitić): Stojković Vojkan 216, 217, 218; Branković Goran 216, 217, 220; Lazić Ivan 217, 217, 218; Stojanović Žiža 216, 217; Stanojević Ljiljana 217; Tasić Lidija 220.

6. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak (nastavnik fizike: Rada Aćimović): Žižović Valentina 221; Ivanović Vesna 217; Bojović Sanja 217, 218; Radičević Gordana 219, 220, 221; Karaulić Ruža 217, 218.

7. OŠ »Olga Milošević«, Smed. Palanka (nastavnik fizike: Vukmanović Borivoje): Petrović Aleksandar 224; Slavković Milovan 224; Radošević Željko 217; Marković Nataša 219, 221.

8. OŠ »Jovan Jovanović Zmaj«, Vranje (nastavnik fizike: Biljana Barać): Milošević Predrag 216, 217, 218, 219, 220; Stevanović Jadranka 217, 218, 220; Stajić Dušica 217, 218, 220; Jovanović Ninoslav 216, 217; Stevanović Slađan 219, 220.

9. OŠ »Šumadijski partizani«, Aranđelovac (nastavnik fizike: Radojka Berisavac): Radmilović Aleksandra 216, 217, 218, 219, 220; Trajković Zoran 217, 217, 218, 219, 220, 221; Ivanović Bojana 217, 218, Timotijević Suzana 216, 217.

10. OŠ »8. oktobar«, Vlasotince, (nastavnik fizike: Mihajlo Đokić): Stojanović Suzana 216, 217, 218; Ilić Tatjana 216, 217, 218; Stojković Boban 217, 218;

11. OŠ »Miodrag Čajetinac Čajka«, Trstenik (nastavnik fizike: Vojislav Lazarević): Đorđević Snežana 216, 217; Miljojković Vesna 216, 217, 218; Subotić Svetlana 216, 217, 219, 220, 221.

12. OŠ »Milan Milošević«, Mrčajevci (nastavnik fizike: Stanojka Milosavljević): Baralić Mirjana 217, 219, 220; Stanojlović Biljana 219, 220.

13. OŠ »Braća Topalović«, Plužine (nastavnik fizike: Dušanka Dondić): Bošnjak Veselin 197, 198, 199; Adžić Radenko 197, 198, 199; Lučić Vitomir 197, 198, 199.

14. OŠ »Miroslav Jovanović Cerovac«, Vrčin (nastavnik fizike: Milan Baričevac): Kepić Srećko 217, 218, 219, 220; Petrović Nenad 217, 218, 222; Kepić Srećko 219; Andrić Goran 216, 217, 218, 219, 220, 221, 224, 225.

15. OŠ »20. oktobar«, Novi Beograd (nastavnik fizike: Irena Antonić): Lasković Jelena 216, 217, 218; Laković Goran 216, 217.

16. OŠ »S. Veljković Zele«, Bojnik (nastavnik fizike: Blagoje Maksimović): Krstić Dejan 216, 217, 218, 219, 220, 221; Ranđelović Radomir 222, 224.

17. OŠ »I kongres USAOJ-a«, Bihać (nastavnik fizike: Kerzima Sitnić): Galin Zoran 224.

18. OŠ »Svetolik Raković«, Bosuta (nastavnik fizike: Sofija Aleksić): Mijatović Ljiljana 218.

19. OŠ »22. oktobar«, Surčin (nastavnik fizike: Dragica Zdjelarić): Milićević Biljana 216, 217, 218.

20. OŠ »Milosav Stiković«, Prijepolje (nastavnik fizike: Tomislav Despotović): Kijanović Veliša 217, 218.

21. OŠ »Branko Radičević«, Trgovište (nastavnik fizike: Ivanka Georgijeva): Jaćimović Miroljub 216, 217.

22. OŠ »Jovan Kursula«, Varvarin (nastavnik fizike: Dušan Milovanović): Dolić Radiša 217.

23. OŠ »Manojlo Popić«, Zenica (nastavnik fizike: Jelena Vujović): Talić Ermin 219, 220.

24. OŠ »Nikola Mačkić«, Klinč (nastavnik fizike: Ilija Kovačević): Petrović Draženka 220.

25. OŠ »Jusuf Jakubović, Tuzla (nastavnik fizike: Ankica Peran): Hadžić Samira 216, 217; Smajlović Samir 217.

26. OŠ »Nada Purić«, Valjevo (nastavnik fizike: Ljiljana Milić): Petrović Đorđe 217; Zdravković Biljana 219, 220, 221.

27. OŠ »Svetozar Miletić«, Beograd (nastavnik fizike: Branislava Jovanović): Ivanišević Jelena 216.

28. OŠ »Živadinka Divac«, Stanovo (nastavnik fizike: Živadin Stojković): Erić Savo 219, 220.

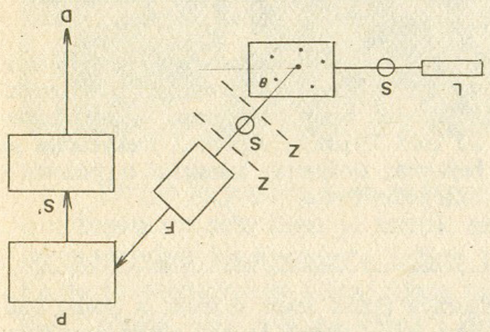
29. OŠ »25. maj«, Svetozarevo (nastavnik fizike: Dragica Đurđević): Mirkailo Bojan 216, 217, 218.

(Nastavak na str. 31)

(Nastavak sa str. 16)

emitovanog sa aviona i onog reflektovanog sa zemljine površine, određuje tzv. horizontalna komponenta brzine aviona tj. horizontalna komponenta brzine u odnosu na zemlju.

Međutim, možda je još od većeg značaja primena koju je ovaj efekat našao zadnjih godina u laboratorijskim istraživanjima. Bazirana na njemu i uz korišćenje i razvoj optičkih lasera (vidi *Mladi fizičar* 13/79 i 17/79), razvijena je jedna nova tehnika merenja brzina tzv. *LDV tehnika* (na engleskom *Laser Doppler Velocimetry*). Osnovne prednosti ove tehnike su mogućnosti korišćenja zračenja kratkih talasnih dužina i, zbog velike frekvencije optičkog zračenja, merenje brzina u veoma širokom opsegu — od 10^{-3} do 10^{+3} m/s.



Sl. 1. Blok-šema eksperimenta koji koristi LDV tehniku: svetlosni zrak iz lasera (L) rasejava se na čestici uzorka (U) i uvodi u fotodetektor (F); nakon pojačanja signala u pojačavaču (P), izvodi se analiza signala u spektralnom analizatoru (S); konačno, dobijeni podaci šalju se ka računaru (D) na dalju obradu. Između lasera i uzorka, kao i između uzorka i fotodetektora postavljena su sočiva (S) i zakloni (Z) za fokusiranje svetlosnog snopa.

Shema jednog tipičnog eksperimenta u kome se koristi LDV tehnika prikazana je na sl. 1: objekat ili skup čestica čija se brzina određuje, osvetljava se laserskom svetlošću, pri čemu se ona rasejava ili reflektuje, da bi se zatim, pod poznatim uglom, »mešala« sa direktnom, nerasejanom laserskom svetlošću u fotodetektoru. Dobijeni elektronski signal se zatim pojačava, uvodi u spektralni analizator i obrađuje u procesu spektralne analize i dalje na elektronskom računaru. Izvor i detektor talasa ovde miruju — jedino se kreće objekat ili skup čestica (objekata) čiju brzinu, odnosno raspodelu brzina (srednju brzinu) određujemo. U opisanom eksperimentu ustvari razmatramo slučaj dva Doplerova pomaka: promenu frekvencije usled kretanja objekta u odnosu na izvor zračenja i promenu frekvencije usled njegovog kretanja u odnosu na detektor. Ukupna promena data je izrazom

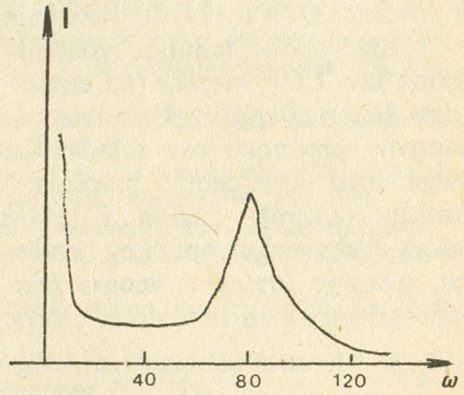
$$\Delta\nu = \frac{2v}{\lambda}\sin\frac{\theta}{2}$$

odakle sledi da promena frekvencije zavisi i od ugla rasejanja θ (v — brzina objekta, λ — talasna dužina laserske svetlosti).

LDV tehnika je uvedena 1964. godine, a danas se već koristi u mnogim oblastima fizike i tehnike i sve više u biološkim naukama. U tehnici se prvenstveno radi o problemima iz hidrodinamike i dinamike fluida uopšte: pomoću nje vrše se aerodinamički proračuni, proračuni turbina i tunela, izračunavanje brzine protoka

fluida, otkrivanje turbulencija u fluidima itd. Na ovaj način može da se odredi i brzina elektroforetskog** kretanja i difuzioni koeficijent makromolekula, što se uspešno primenjuje kod rastvora ili suspenzije proteina, bakterija, krvnih zrnaca i naelektrisanih čestica uopšte. Jedna od aparatura koje rade na ovom principu je i *Doplerov ultrasonični merač*, za merenje brzina protoka u cevima kroz koje protiče fluid u kome se nalaze čestice koje mogu da reflektuju zvučne talase — mehurići vazduha i različite nečistoće. Uređaj sadrži predajnik i prijemnik ultrazvučnog talasa, pa se na osnovu razlike u frekvenciji između emitovanog signala i onog reflektovanog od strane čestica nečistoće, određuje brzina protoka.

U biologiji, ova se tehnika koristi za merenja malih brzina, ali u širokom opsegu različitih problema: za određivanje pokretljivosti ćelija (posebno muških polnih ćelija, spermatozoida), određivanje brzine strujanja protoplazme unutar živih ćelija (vidi sl. 2), a posebno u hemodinamici*** — za ispitivanje brzine protoka krvi kod viših životinja i čoveka. Pošto koristi lasere male snage, LDV tehnika je potpuno bezopasna po biološke organizme, pa je omogućila neka do skora praktično neizvodljiva merenja, posebno u slučaju ispitivanja na čoveku. Prva ovakva merenja izvršena su 1972. godine, dok se danas već vrše i tako precizna merenja kao što su merenje brzine protoka krvi kroz kožu i slično, a dalja primena je u stalnom razvoju.



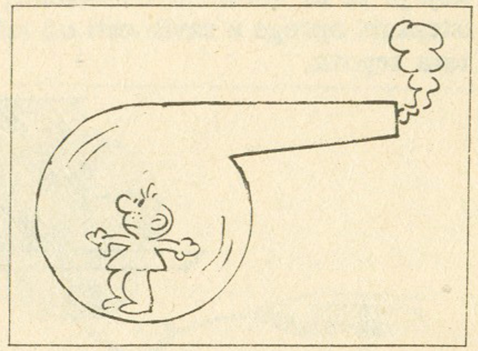
Sl. 2. Doplerov spektar rasejane svetlosti na ćeliji Nitela. Maksimum intenziteta odgovara brzini strujanja protoplazme od oko 70 μm/s. Apscisa: frekvencija u hercima; ordinata: intenzitet u proizvoljnim jedinicama.

*pojedini slučajevi kretanja izvora i posmatrača (kada izvor miruje, a posmatrač se kreće i obratno) razmatraju se u srednjoškolskim udžbenicima fizike, pa se na njima nećemo zadržavati.

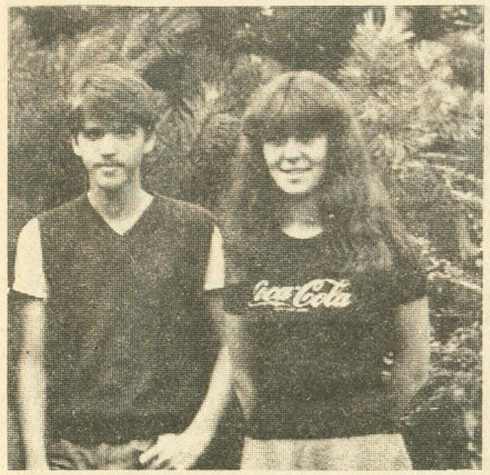
**elektroforeza — kretanje koloidnih čestica u rastvoru pod dejstvom spoljašnjeg električnog polja; slično elektrolizi, samo što su čestice koloida većih dimenzija od jona.

***hemodinamika — oblast biofizike koja proučava zakonitosti kretanja krvi.

UČENIČKA LABORATORIJA



ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA TRENJA KLIZANJA



Ovom laboratorijskom vežbom predstavićemo vam mlade fizičare *Mirjanu Spasojević* i *Vladimira Ostojića*, bivše učenike osnovne škole „Oton Župančić" u Zemunu. Oni su na raznim takmičenjima iz fizike prošle i pretprošle godine osvojili brojna priznanja. Kada se fizika mnogo voli i mnogo radi, uspeh je nesumnjiv — kaže skromno Mirjana. Njen školski drug Vladimir posebno se zanima za elektroniku i praktičan rad. Za jedan školski maskenbal napravio je „kosmičko odelo". Mirjana i Vladimir, inače, redovno rešavaju konkursne zadatke iz „Mladog fizičara". Za sve njihove uspehe je dobrim delom zazlužna i nastavnica *Jelica Crnjanski*.

Trenje je pojava koja se ispoljava dejstvom sile koja ima suprotan smer u odnosu na silu koja je uzrok samom kretanju. Sila trenja klizanja zavisi od normalne komponente težine tela koje se kreće i koeficijenta trenja u kome je otelotvoren uticaj vrste materijala od kojih su načinjeni telo i podloga, stanja dodirnih površina i dr. Ona je brojno jednaka proizvodu navedenih veličina

$$F_{tr} = \mu N.$$

U našem slučaju normalna komponenta težine je jednaka samoj težini tela, tj.

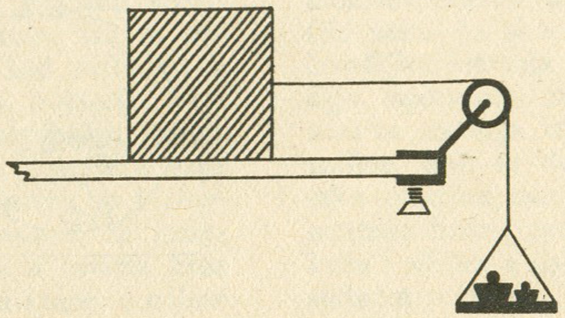
$$F_{tr} = \mu G,$$

odakle za koefiijent trenja dobijamo:

$$\mu = \frac{F_{tr}}{G}.$$

Za određivanje koeficijenta trenja potrebno je da izmerimo težinu tela i silu trenja, tj. vučnu silu pri jednolikom pravolinijskom kretanju tela. Pribor

koji je za to korišćen: tribometar, drvena kocka, dinamometar sa grafikom istezanja opruge u zavisnosti od težine tela, tas sa plastičnim užetom i garnitura tegova.



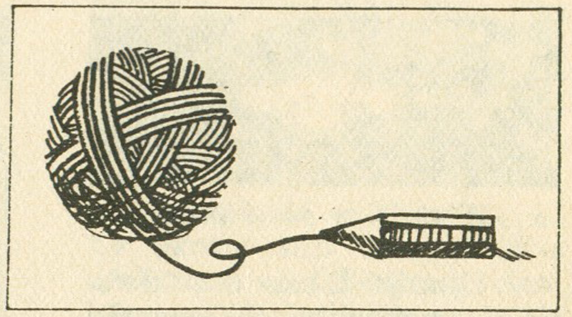
Merni postupak sastoji se u sledećem: Izvrši se baždarenje dinamometra, ako to već nije učinjeno; masa kocke izmeri se tri puta, nakon čega se izračuna srednja vrednost; masa tasa sa plastičnim užetom izmeri se terazijama; kocka i tas postave se na tribometar, pošto se prethodno povežu plastičnim užetom; na tas se dodaju tegovi sve dok se kocka ne pomeri. Zbir mase tegova, tasa i užeta, pomnožen gravitacionim ubrzanjem predstavlja silu trenja. Kako je merenje ponovljeno tri puta, izračunata je srednja vrednost. Greške su računate uobičajeno, pri čemu je kao »tačna« vrednost za koeficijent trenja korišćen tablični podatak 0,20.

masa kocke (g)	sila trenja (N)	koeficijent trenja
180	0,363	0,21
185	0 392	0,22
183	0,383	0,21
	$\mu = 0{,}21 \pm 0{,}02$	

UČENICI!

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

EKSPERIMENTI



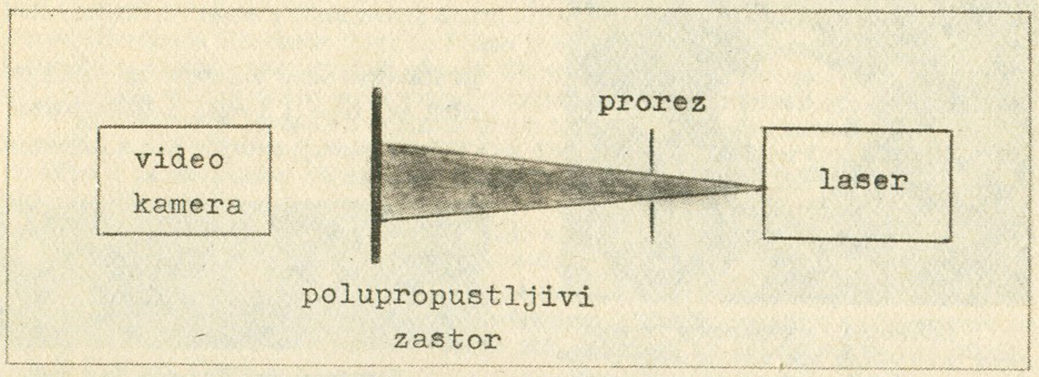
POKAZIVANJE INTERFERENCIJSKIH I DIFRAKCIJSKIH FENOMENA NA TEEVIZIJSKOM EKRANU

A. TEČIĆ i Ž. BRENČIĆ (Rijeka)

Demonstracije interferencije i difrakcije svjetlosti u našim školama najčešće izvodimo koristeći klasične izvore svjetlosti. Efekti koje na taj način dobijemo na zastoru su vrlo slabi, a uz to ih je vrlo teško i dobiti. Osim toga, za demonstracije svjetlosnih fenomena dobijenih korišćenjem klasičnih izvora svjetlosti, potrebno je osigurati potpuno zamračenje prostorije i individualno promatranje, često i s upotrebom povećala, pa se kod učenika stvara osjećaj neuvjerljivosti.

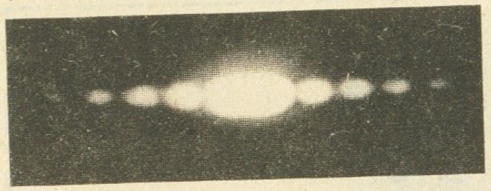
Razvoj laserske i video tehnike i njene adaptacije za školsku upotrebu omogućuje kvalitetnu i uvjerljivu demonstraciju svjetlosnih fenomena u školskoj praksi. Ove tehnike su dostupne i našim školama, pa se nameće potreba izvođenja eksperimenata (osobito iz optike) korišćenjem ove tehnike.

U ovom članku dat ćemo rezultate nekih uobičajenih lekcija interferencije i difrakcije svjetlosti, koristeći laserski izvor svjetlosti i video opremu. Eksperiment je izveden u centru usmjerenog obra-



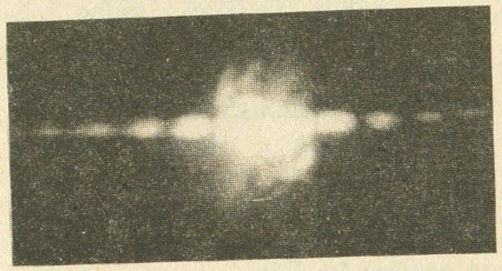
Slika 1.

zovanja »*Mate Blažina*« u Labinu (Istra).



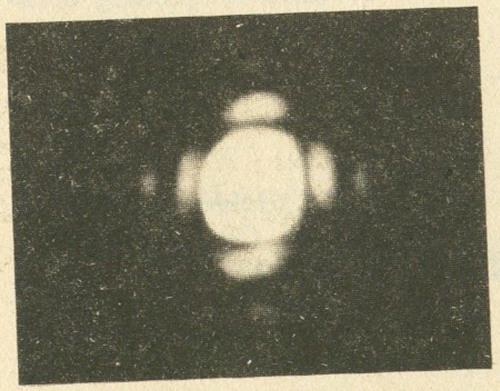
Difrakcija na jednoj pukotini

Upotrijebili smo ova *laboratorijska sredstva*: plinski laser »Iskra« PL-9, optički objektiv iz kompleta »Univerzalni projekcijski aparat (SSSR)«, crno-bijela video kamera PHILIPS 017 319, polupropusni zastor, TV aparat »Gorenje« i fotoaparat »Praktika«.



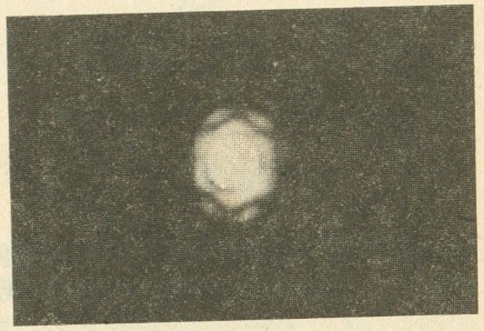
Difrakcija na niti (vlasi)

Shema na sl. 1. pokazuje *međusobni položaj lasera, pukotine, polupropusnog zastora i video kamere.*



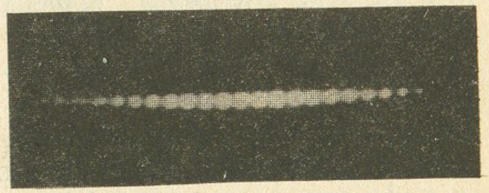
Difrakcija pravokutnog otvora kojeg smo dobili upotrebom dviju pukotina postavljenih međusobno pod pravim kutom.

Laserski snop se usmjeri na pukotinu, koja je nekoliko centimetara udaljena od leće lasera i difrakcijska slika se formira na polupropusnom zastoru. Zastor



Za difrakciju okruglog otvora (0,6 mm) polupropusni zastor bio je udaljen 6 metara od okruglog otvora.

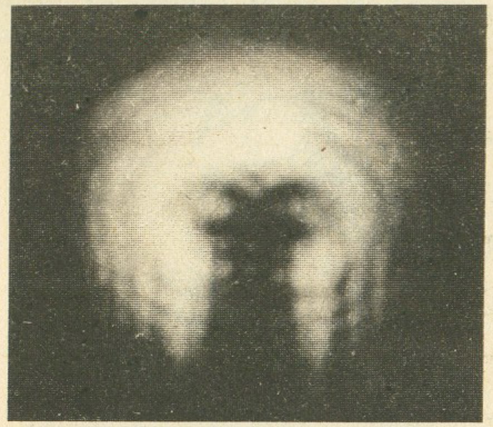
može biti udaljen 2 ili više metara od pukotine. Slika na zastoru je redovito mala i treba je gledati iz pozadine zastora. Video kameru



Difrakcija dvije pukotine (na začađenoj staklenoj pločici načinili smo dva zareza, jedan uz drugi, vrhom nožića za brijanje)

postavimo iza zastora na udaljenost od oko 1 metar i fokusiramo

Interferencija Fresnelovom biprizmom



Za difrakciju na pribadači (špenadli) polupropusni zastor bio je udaljen 6 metara od pribadače. Pri tome smo laserski snop »rasuli« divergentnom lećom (—5 D).

je na polupropusni zastor. Sa malo podešavanja kamere, na TV ekranu se pojavi difrakcijska slika koja ispunjava cijeli ekran. U ovom slučaju otvor pukotine možemo varirati, pa se može pratiti mijenjanje difrakcijske slike na ekranu.

Formirani optički efekt na TV ekranu smo fotografirali s udaljenosti od 0,5 metara. Analogno smo postupili i za sve ostale primjere interferencije i difrakcije.

OSVRT NA XII MEĐUNARODNU OLIMPIJADU IZ FIZIKE

U Varni je od 1. do 10. jula održana XII međunarodna olimpijada iz fizike za učenike rednjih škola. Na ovoj Olimpijadi učestvovalo je 70 talentovanih učenika iz 14 zemalja Evrope i Azije. Svaka zemlja je bila zastupljena ekipom od po 5 učenika.

Svaku međunarodnu olimpijadu, pa i ovu iz fizike, treba shvatiti kao zborno mesto mladih talenata gde se sasvim sigurpo odmeravaju intelektualna i naučna dostignuća naučnog podmlatka jednog društva. Takmičenja na međunarodnim olimpijadama su takođe i prilika da svako društvo spozna i odmeri kako i koliko pažnje posvećuje odgoju svog podmlatka.

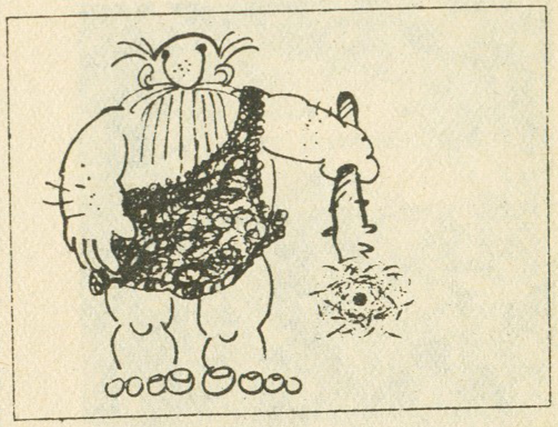
U organizaciji Saveza društva matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije naša zemlja je bila zastupljena nacionalnom ekipom na ovoj Olimpijadi. U velikoj konkurenciji naši učenici su osvojili **dve treće nagrade, jednu pohvalu** i **jednu specijalnu nagradu.** Našu zemlju pretstavljali su: **Kaluža Matjaž,** učenik IV razreda Gimnazije »Miloša Zidanška« iz Maribora — osvojio je III nagradu, **Mozetič Dean,** učenik II razreda Slovenske gimnazije iz Kopra — osvojio je takođe III nagradu, **Grčanac Tomislav,** učenik III razreda Matematičko-informativnog obrazovnog centra iz Zagreba — osvojio je pohvalu, **Cvetković Slobodan,** učenik IV razreda Obrazovnog centra »25 maj« iz Kladova i **Ignjatović Siniša,** učenik učenik III razreda Gimnazije »Ognjen Prica« iz Sarajeva. Učenik Mozetič Dean osvojio je i specijalnu nagradu kao najmlađi učesnik Olimpijade, zbog čega su ga njegovi novi oznanci i prijatelji odmah nakon saopštavanja rezultata takmičenja prozvali »beba olimpijade«.

Olimpijada je održana u organizaciji i o trošku Ministarstva narodno prosvete NR Bugarske, a pod pokroviteljstvom UNESCO-a. Dr. S. Samadi, direktor Odelenja za naučno, tehničko i profesionalno obrazovanje UNESCO-a podužim govorom pozzdravio je sve učesnike Olimpijade.

Olimpijski komitet Bugarske zaslužuje svaku pohvalu i priznanje na izvanredno dobroj organizacji takmičenja učenika i boravku preko 100 članova delegacija.

Koristimo priliku da se zahvalimo Ambasadi NR Bugarske u Beogradu i Saveznom zavodu za međunarodnu naučnu, prosvetno-kulturnu i tehničku saradnju sa inostranstvom čijim posredstvom je bilo omogućeno učešće naše delegacije na XII međunarodnoj olimpijadi iz fizike u Varni.

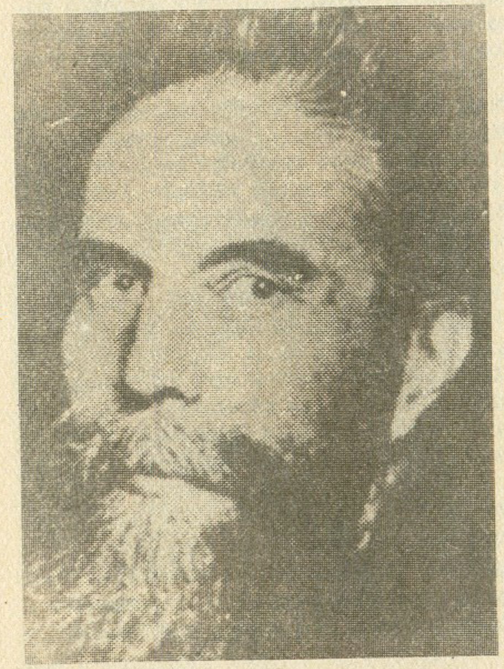
Draško Grujić



OTKRIĆE *X*-ZRAKA

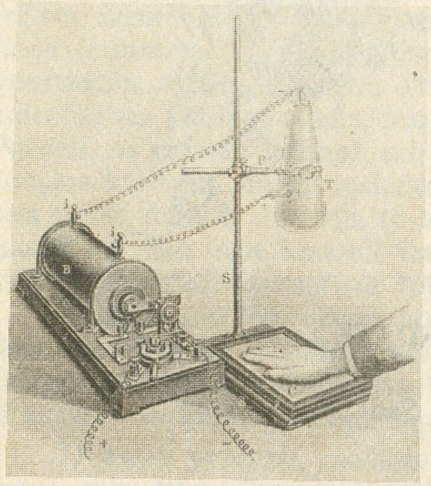
VLADIMIR ADAMOVIĆ *(Kučevo)*

U Nemačkom gradu Vircburgu, krajem 1895. godine, jedan, profesor počeo je nešto kriti od svojih asistenata, pa i od svojih najbližih. Zatvorio se u laboatoriju i nešto je proučavao. Ko je taj profesor i šta se s njim desilo? To je bio profesor fizike *Vilhelm Konrad Rentgen* (1845—1923). On je jedne noći u potpuno mračnoj sobi sedeo pored katodne cevi i proučavao *katodne zrake*. Najednom, Rentgen je primetio da kristali koji su se našli na stolu svetlucaju. Odmah mu je bilo jasno da elektroni iz cevi ne izazivaju svetlucanje, jer je zid cevi debeo, tako da oni kroz njega ne mogu proći. Kristale je zatim pokrio knjigom, krpom, drvetom, ali oni su i dalje svetlucali. Nekoliko nedelja kasnije Rentgen objavljuje svoju raspravu »*Jedna nova vrsta zraka*«. Ovaj datum smatra se važnim datumom u razvoju fizike, jer ovaj događaj označuje prelaz iz doba klasične fizike u savremenu.



Konrad Rentgen

Rentgen je primetio da ovi novi zraci izlaze iz dela cevi gde elektroni udaraju, što znači da je njihov nastanak u vezi sa kočenjem katodnih zraka u staklu. Golim okom se ne mogu videti, ali se mogu ustanoviti po tome što pobuđuju na svetlucanje razne supstancije i crne fotografsku ploču. Ne skreću u magnetskom i električnom polju i vrlo su prodorni. Prolaze kroz mišiće i ostalo tkivo, a ovo je Rentgen dokazao, stavljajući ruku između katodne cevi i fotografske ploče, sl. 1. Na fotografskoj ploči, posle razvijanja, video se skelet ruke u vidu senke, sl. 2. Javnost



Slika 1

Slika 2

je bila uzbuđena otkrićem novih zrakova. Mnogi ljudi su mislili da je došlo vreme kada se može prozreti ljudska unutrašnjost, misli i osećanja. Koliko je psihoza zahvatila ljude, vidi se po tome što je jedan američki poslanik zatražio da se donese poseban zakon protiv novih zrakova, a jedan trgovac u Londonu počeo prodavati rublje koje zaštićuje od njih.

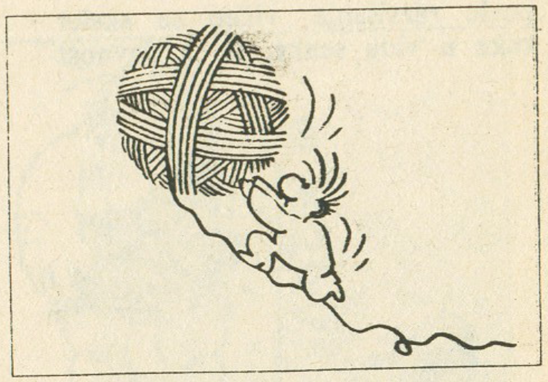
Na početku se nije znala priroda ovih zraka; da li su oni korpuskularne ili talasne prirode, iako je sam Rentgen mislio da su to talasi. Imajući ovo u vidu, on ih je nazvao *x-zracima*, a danas, u njegovu čast, zovu se Rentgenovi zraci. Deset godina kasnije, naučnik Barkla ukazuje na činjenicu da su to elektromagnetni talasi, međutim, odmah se nametnulo pitanje kako odrediti njihovu talasnu dužinu, jer tadašnje difrakcione rešetke nisu davale pozitivne rezultate?

Maks Laue došao je, 1912. godine, na ideju da bi se možda pomoću prostorne rešetke kristala mogla postići difrakcija ovih zrakova. Prema toj ideji, njegovi asistenti Fridrih i Kniping izveli su ovaj ogled koji mi danas zovemo *Lauev ogled*. Uz to, talasnu dužinu bilo je mogućno odrediti tek nakon radova engleskog naučnika Brega i njegovog sina.

Jednom je poznati fizičar **Rentgen** primio vrlo zanimljivo pismo. Pošiljalac pisma moli ga da mu pošalje nekoliko rendgenskih zrakova sa uputstvom kako se oni upotrebljavaju. Još je naveo da je zapazio da se u njegovom grudnom košu nalazi zaostalo revolversko tane, a da mu je nemogućno da poseti Rentgena, jer »nema vremena«. Naučnik koji je bio poznat po svojoj duhovitosti, odgovorio je na pismo: »Nažalost, trenutno ne raspolažem x-zracima. Takođe, njihovo transportovanje je vrlo složeno. Budimo jednostavniji — pošaljite mi Vaš grudni koš.«

T. S.

POKUŠAJTE



DVA SLIČNA ZADATKA

D. KAPOR (N. Sad)

Ovde želimo da vam damo kao primer dva zadatka koji su slični, ali ćemo za njihovo rešavanje upotrebiti veoma različite metode. Štaviše, sigurni smo da ste ovaj zadatak sreli, zato smo ga i odabrali da biste se više koncentrisali na način rešavanja, a ne na sam zadatak.

Prvi zadatak: *U jednoj čaši nalazi se četiri kašike vode, a u drugoj čaši četiri kašike vina. Uzmemo iz prve čaše kašiku vode, prespemo je u vino, dobro promešamo i potom kašiku ove »bevande« vratimo u čašu sa vodom. Pitanje glasi: koliko sada ima vina u čaši sa vodom, a koliko vode u čaši sa vinom?*

Tipičan postupak rešavanja je sledeći: posle prvog presipanja, u čaši sa vinom ima četiri kašike vina i jedna kašika vode, a u čaši sa vodom tri kašike vode. Ako smo smešu dobro izmešali, onda će u kašici koju zahvatimo biti četiri petine kašike vina i jedna petina kašike vode. U čaši vina ostalo je $4-4/5 = 3\,1/5$ kašika vina i $4/5$ kašike vode. U čaši sa vodom će se naći $3 + 1/5$ kašika vode i $4/5$ kašike vina.

Rezultat jednostavan, na prvi pogled ovo i nije problem iz fizike, već iz matematike. (Na kraju članka bacićemo i drugi pogled i videti da ipak nije tako).

Drugi zadatak (teži): *U jednoj čaši imamo vino, u drugoj vodu (količine, tačnije, zapremine ne moraju čak ni biti jednake). Prebacimo kašiku vode u čašu sa vinom, a potom kašiku ove smeše vratimo u čašu sa vodom. Sada pitanje glasi: Da li ima više vode u čaši sa vinom ili više vina u čaši sa vodom?*

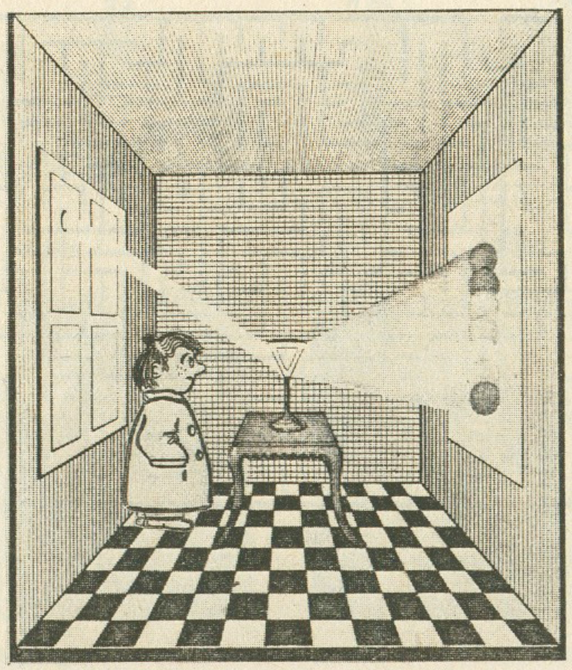
Pre svega uočavamo da su zapremine vina i vode (izražene u broju kašika, kao jedinici koja ne pripada Internacionalnom sistemu!) ostale iste tokom celog procesa. Dalje, u obe čaše je ukupna zapremina tečnosti ista na početku i na kraju presipanja. Znači, ako posmatramo na kraju »procesa«, koliko god da smo vina oduzeli iz čaše sa vinom, to mesto je tačno popunila voda, s obzirom da je ukupna zapremina tečnosti u čaši ostala ista. S druge strane to vino se sigurno nalazi u čaši a vodom. Zaključak: u čaši sa vodom ima isto toliko vina koliko i vode u čaši sa vinom.

Da li ste uočili način razmišljanja? Iskoristili smo ustvari samo podatak da je ukupna količina (zapremina) obe vrste tečnosti stalna kao i da je ukupna zapremina tečnosti u svakoj čaši ista u početku i na kraju. Drugim rečima, iskoristili smo (u naivnoj formi) ono što se u fizici zove *zakon održanja* (konzervacije). Kada tokom nekog procesa određena veličina ostaje konstantna, ta činjenica nam omogućuje da saznamo veoma mnogo o karakteristikama krajnjeg stanja, iako možda ne znamo ni sve detalje o procesu. Poznati su primeri zakona održanja energije, količine kretanja, momenta količine kretanja, mase, naelektrisanja itd. Svi ovi zakoni su obično posledica nekih dubljih simetrija (o tome ste sigurno već čitali u »Mladom fizičaru«). Mi smo ovde koristili »zakon održanja broja kašika tečnosti« koji je najbliži *jednačini kontinuiteta* koju srećemo u mehanici fluida.

Svaki zakon ima uslove pod kojima važi. Tako je kod jednačine kontinuiteta bitno da u posmatranoj oblasti nema izvora ili ponora tečnosti. Drugim rečima, naš eksperiment bi verovatno imao drugačiji rezultat ako bi ga izvodio ljubitelj dobre kapljice (on bi predstavljao ponor!).

U ovom pristupu, međutim, nismo mogli odrediti količinu vode, odnosno vina, kao u prvom zadatku. To je takođe posledica prirode zakona održanja i same formulacije zadatka. Pokušajte da ga preformulišete tako da i to možemo odrediti (uvedite potrebne dodatne pretpostavke).

I na kraju, da objasnimo zašto ni prvi zadatak nije čisto matematičkog karaktera. Iz vrlo jednostavnog razloga: za matematičara »dobro promešati« ne znači ama baš ništa, a za fizičara je to bitna informacija, jer time saznaje da je smeša homogena, inače, opet ne bismo zadatak mogli rešiti. Ostavljamo vas da posle ovog porazmislite o razlici između fizičkog i matetičkog načina razmišljanja.

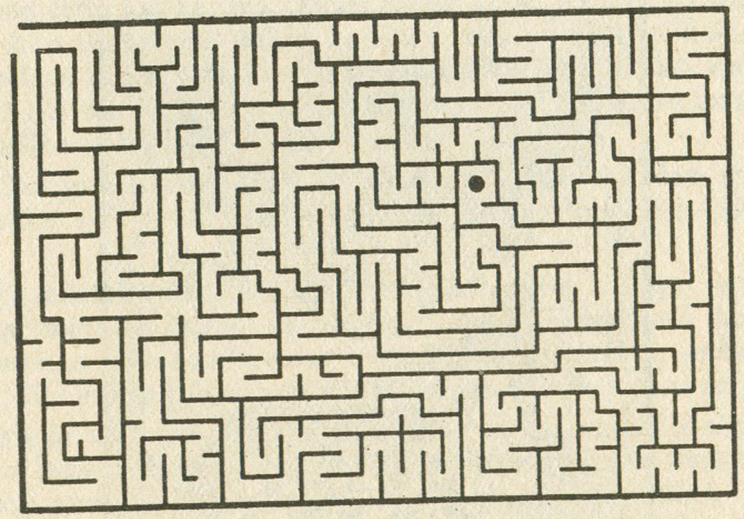


DVA LAVIRINTA

Lavirinti od šimšira i drugih živica bili su arhitektonska moda kasne renesanse. U to doba, u vrtu glasovitog zamka u Hemptonu na Temzi, izrastao je najpopularniji engleski lavirint od živice. Po njemu i danas zbunjeno tumaraju i sudaraju se turisti, nakon obilaska bogate galerije slika u Hempton Kortu. Šema ovog lavirinta prikazana je na slici 1: cilj je doći do centralnog skvera i — razume se — vratiti se u hotel.

Slika 1

Jedan od najsloženijih lavirinta trasirao je u svom vrtu britanski matematičar Rauz Bol. Prikazan je na slici 2, a cilj je doseći crnu tačku u njegovoj unutrašnjosti. Pokušajte.



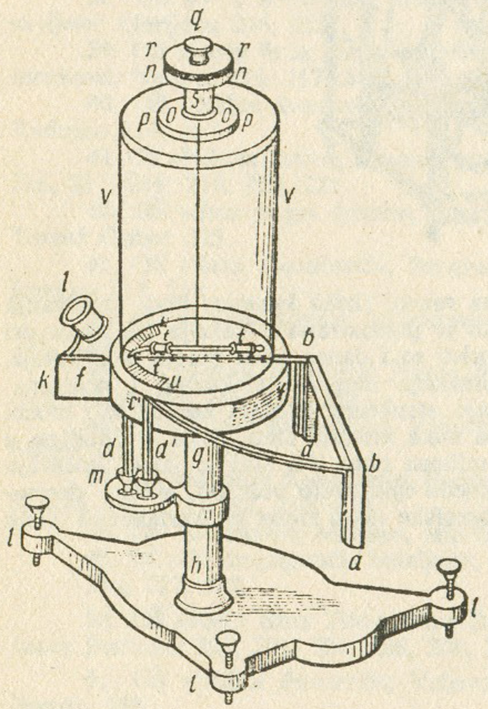
Slika 2

D. K.

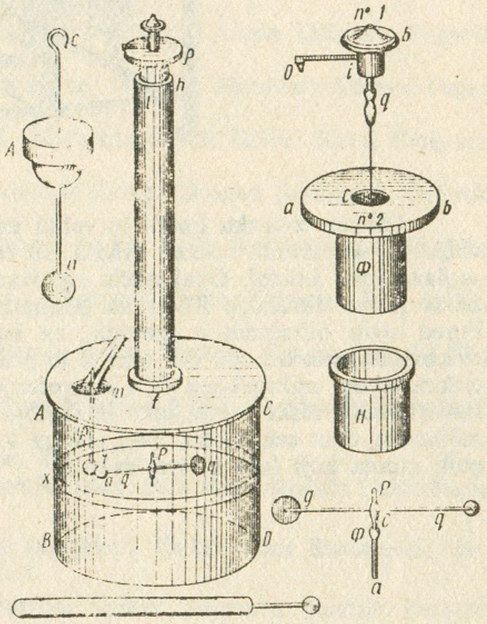
ZANIMLJIVE BELEŠKE

Jednostavni eksperimentalni uređaji, koji su shematski prikazani na slikama 1 i 2 poslužili za izvođenje eksperimenata iz kojih su rezultirala dva važna fizička zakona: Omov i Kulonov zakon. Na prvom uređaju Om je ispitivao jednosmerne struje, a na drugom je Kulon eksperimentalnim putem ustanovio zakon elektrostatičke interakcije.

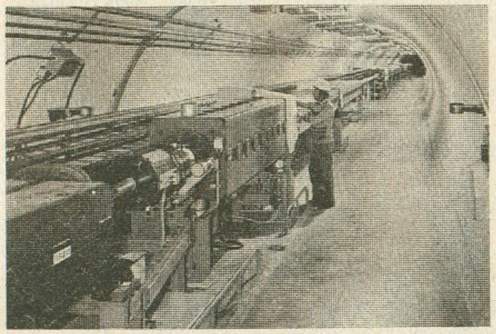
Eksperimentalni uređaji koji se danas koriste u fizičkim eksperimentima su neuporedivo složeniji. Među najkomplikovanije eksperimentalne uređaje spadaju oni na kojima se ispituju fizičke osobine mikročestica. Na slikama 3 i 4 prikazana su dva takva eksperimentalna uređaja, koji su instalirani u Evropskom centru za nuklearna istraživanja CERN u Ženevi.



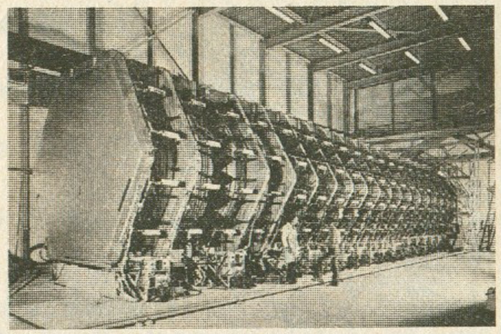
Slika 1



Slika 2

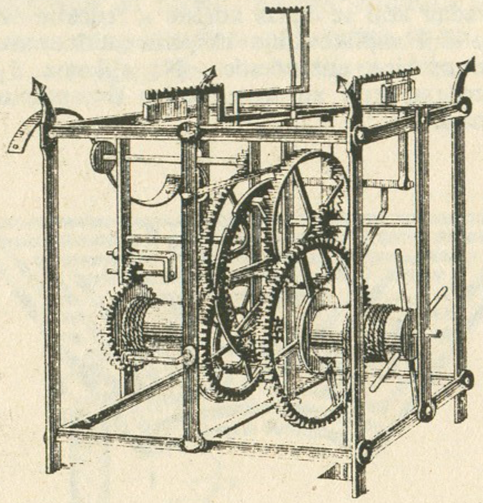


Slika 3

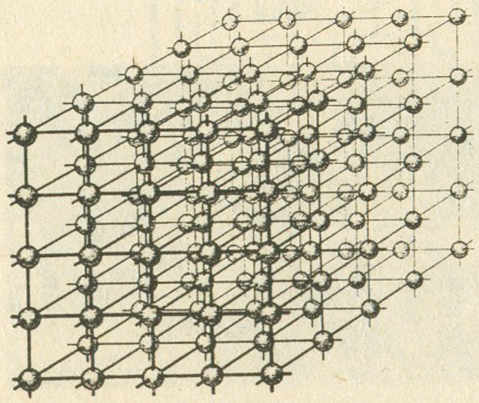


Slika 4

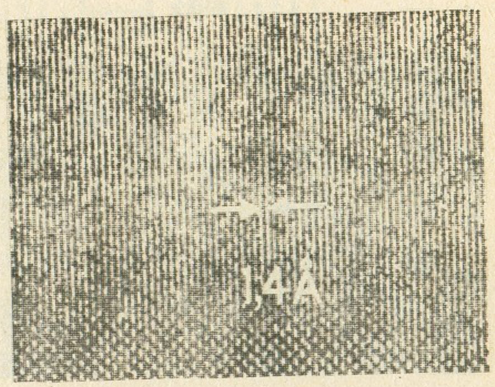
Ispitivanje vremenski promenljivih fizičkih procesa zahteva i precizno merenje vremena. Na slici je prikazan jedan od prvih mehaničkih časovnika, koji je konstruisan u 17. veku. Otkriće mehaničkog časovnika omogućilo je eksperimentalno ispitivanje mehaničkog kretanja na način koji je doveo do formulacije osnovnih zakona tog kretanja. Reč je o kvantitativnom načinu ispitivanja kojim se mogu ispostaviti tačni kvantitativni odnosi između ispitivanih fizičkih veličina.



Otkriće *x*-zraka imalo je veliki uticaj na razvoj fizike kristala. Prva ispitivanja struktnre kristalnih rešetki vršena su tako što je posmatrana difrakcija tih zraka pri prolazu kroz kristal. Ovaj način ispitivanja koristi se i danas ništa manje nego ranije, ali se pored difrakcije Rö-zraka posmatra i difrakcija snopova elektrona i neutrona. Pored ovih difrakcionih metoda, za ispitivanje strukture kristala koriste se i moćni elektronski mikroskopi. Na slici 2 je prikazana slika kristala zlata, koja je dobijena u elektronskom mikroskopu čije je uvećanje 10 miliona puta. Na slici se jasno uočavaju tzv. kristalografske ravni, iako je rastojanje između njih nešto veće od jednog desetomilionitog dela centimetra. Pod slikom kristalografske ravni treba podrazumevati sliku onih atoma koji leže u istoj ravni.



Slika 1



Slika 2

(Nastavak sa str. Z 176)

30. OŠ »Petar Vragolić«, Ljubovija (nastavnik fizike: Pavle Perić): Ostojić Miroslav 216, 17, 218.

31. OŠ »21. decembar«, Derventa (nastavnik fizike: Miodrag Starčević): Marinković Svetozar 216, 219, 220, 225.

32. OŠ »Mostarsko blato«, Jele (nastavnik fizike: Ivan Marušić): Buhač Ankica 219.

33. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška (nastavnik fizike: Zorica Đorđević): Miladinović Milan 218.

34. OŠ »Marija Bursać«, Beograd (nastavnik fizike: Tomislav Sećanski): Nestorović Vojislav 216, 217, 219, 220, 221, 224.

35. OŠ »Milutin Smiljković«, Vinarac: Cakić Olivera 216.

36. OŠ »Radoje Domanović«, Vranje (nastavnik fizike: Sima Arsić): Stošić Vesna 216, 217.

37. OŠ »Čubukovački partizani«, Kraljevo (nastavnik fizike: Branislava Milosavljević): Radulović Mile 216, 217, 218.

38. OŠ »Vuk Karadžić«, Beograd (nastavnik fizike: Mirjana Nikodijević:) Milosavljević Marijana 216, 217.

39. OŠ »Josip Broz Tito«, Malošište (nastavnik fizike: Predrag Stamenković): Stamenković Nevena 216, 217, 218, 219, 220.

40. OŠ »Milun Ivanović«, Studenica (nastavnik fizike: Ljubica Džiglić): Vujović Radojko 216, 217.

41. OŠ »Nikola Tesla«, Beograd (nastavnik fizike: Marinko Mamula): Carević Dejan 216, 217, 218, 219, 220, 221.

42. OŠ »Šmarje pri Jelšah«, Šmarje pri Jelšah (nastavnik fizike: Karel Šmigoc): Tomaž Gobec 225.

43. OŠ »Sava Kovačević«, Beograd (nastavnik fizike: Dragan Smiljević): Bojović Predrag 217, 218.

44. OŠ »V. Marković«, Majdanpek (nastavnik fizike: Rada Janošević): Minić Peko 219, 220.

45. OŠ »Jovan Jovanović Zmaj«, Svilajnac (nastavnik fizike: Miroslav Radošević): Gvero Dušanka 216, 217, 218.

46. OŠ »Žikica Jovanović«, Valjevo (nastavnik fizike: Jovanka Perić): Pantelić Slobodan 216, 217, 218.

47. OŠ »Miladin Kovačević«, Bačevci (nastavnik fizike: Vidan Pavićević): Obradović Slavica 216, 217, 218, 219, 220.

48. OŠ »Stanković Milena«, selo Šumane, 217, 218.

49. OŠ »III kragujevački bataljon«, (nastavnik fizike: Stanislava Stošić): Đusić Nada 216, 217, 218.

50. OŠ »Josip Broz Tito«, Novi Beograd (nastavnik fizike: Vitor Stefanović): Iričanin Bratislav 201, 203, 204, 206, 208, 210, 214.

51. OŠ »Milica Pavlović«, Valjevo (nastavnik fizike: Dobrinka Terzić): Pantelić Branko 230.

52. OŠ »Milentije Popović«, Vlasotince (nastavnik fizike: Sava Ćukalović): Stojanović Goran 225, 227.

53. OC »Stojan Ljubić«, Lebane (nastavnik fizike: Nikola Kostov): Stevanović Ljiljana 225, 227, 231.

54. ROUO »Boris Kidrič«, Pirot (nastavnik fizike: Slobodan Mančić): Igić Saša 225, 227.

55. OC »Prvi maj«, Beograd (nastavnik fizike: Živorad Rašić:) Iričanin Bratislav 224, 225, 226, 227, 230, 231.

56. ŠSUOV, Koceljevo (nastavnik fizike: Slobodan Stojković): Dimitrijević Ljiljana 220, 221, 224, 216, 217, 218.

57. »Milka Trailović«, Ušće (nastavnik fizike: Ivan Stanić): Rakić Gojko 227.

58. »20. april«, V. Topola (nastavnik fizike: Nandor Grujić): Guti Đerđi 222, 224,

59. »Ćele kula«, Niš (nastvnik fizike: Jasmina Prvulović): Vasić Nataša 216, 217. 218, 224, 225.

Tačno rešenje nagradnog zadatka broj 18 poslali su sledeći učenici:

1. Stamenković Nevena (OŠ »J. B. Tito«, Malošište)
2. Zdravković Biljana (OŠ »Nada Purić«, ime mesta nije poslala)
3. Gobec Lidija (OŠ »Šmarje«, Podplat-Mestinje)
4. Đurić Nada (OŠ »III Kragujevački bataljon«, nedostaje ime mesta)
5. Buhač Ankica (OŠ »Mostarsko blato«, Jare kod Mostara)
6. Subotić Svetlana (OŠ »M. Č. Čajka«, Trstenik)
7. Mirkailo Bojan (OŠ »25. maj«, Svetozarevo)
8. Galin Zoran (OŠ »I. kongres USAOJ-a«, Bihać)
9. Kovačević Danijela (OŠ »Andra Savčić«, Valjevo)
10. Glišić Božidar (OŠ »Vuk Karadžić«, Čačak)
11. Obradović Slavica (OŠ »Miladin Kovačević«, Bačevci)
12. Andrić Goran (OŠ »M. Jovanović—Cerovđc«, Ripanj)
13. Dželatović Nevena (OŠ »25. Maj«, Svetozarevo)
14. Batizić Vladimir (OŠ »Žarić Ratko«, Nikšić)
15. Radovanović Zoran (OŠ »O. Miloševića«, Smederevska Palanka)
16. Basta Rada (OŠ »Hasan Kikić«, Sanski Most)
17. Mikoć Slobodan (OŠ »R. Kovačević«, Donja Kozica—Tomina)
18. Marinković Svetozar (OŠ »21. Decembar«, Milići—Derventa)
19. Gilja Draženka (OŠ »Mostarsko blato«, Jare kod Mostara)
20. Đapić Nenad (OŠ »I. G. Kovačić«, Stanišić)
21. Medloli Bernarda (OŠ »Strahominec«, Strahominec—Čakovec)
22. Vuk Darko (OŠ »Strahoninec, Čakovec)
23. Zobec Dijana (OŠ »Strahoninec«, Strahoninec—Čakovec)

Žrebom je odlučeno da budu nagrađeni sledeći učenici:

1. Gobec Lidija (OŠ »Šmarje«, Podplat—Mestinje)
2. Mirkailo Bojan (OŠ »25. Maj«, Svetozarevo)
3. Gilja Draženka (OŠ »Mostarsko blato«, Jare kod Mostara)

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
Rešenje zadataka
Spisak rešavača

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 21

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 22

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

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođeja 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