OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

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

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

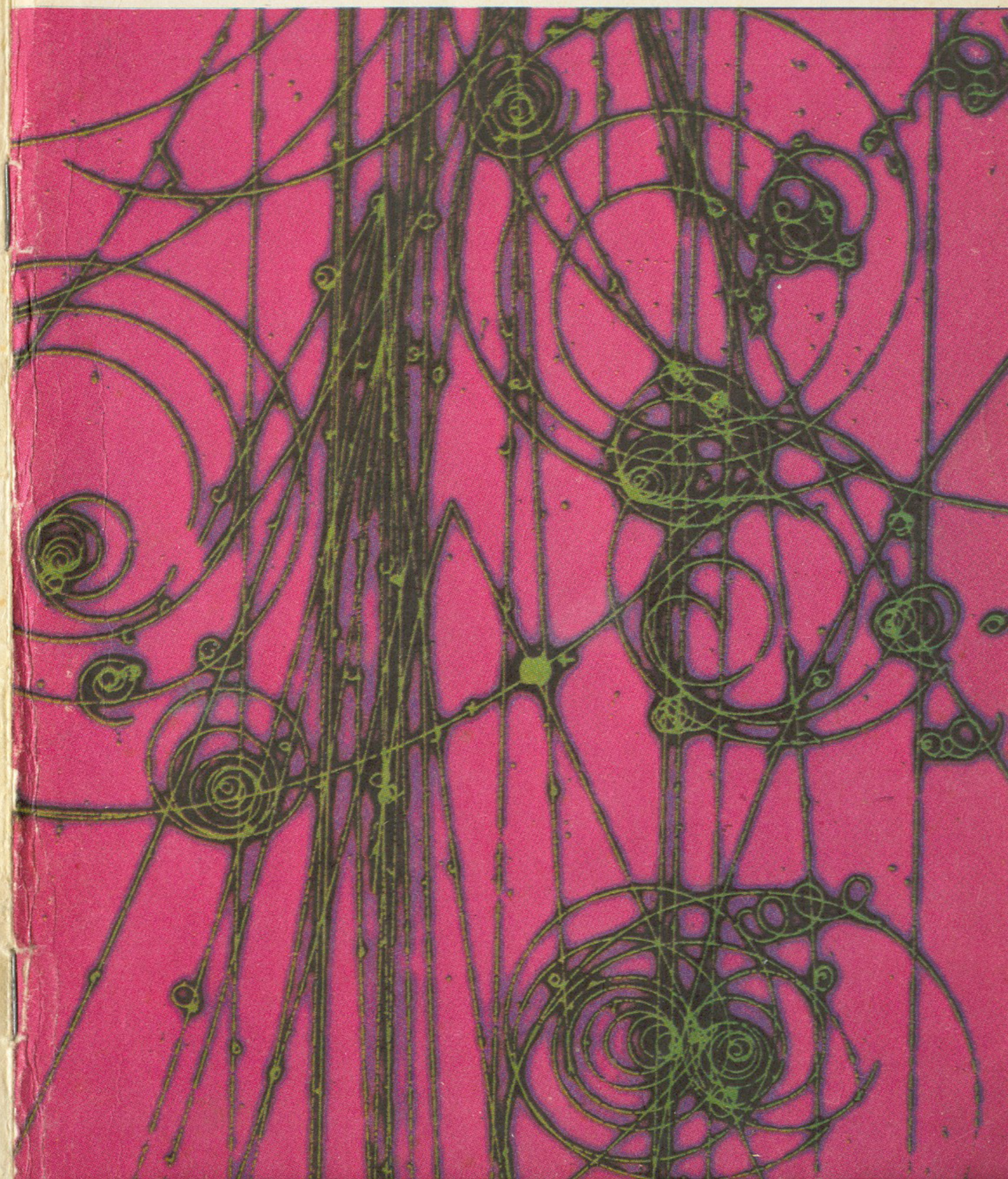
Narudžbenice i priloge slati na adresu:

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

mladi
fizičar
21
81/82
časopis iz fizike za učenike



MLADI FIZIČAR

časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina VI
broj 21
(1980/81)

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

Ljubo RISTOVSKI
glavni i odgovorni
urednik
Dušan KOLEDIN
urednik

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

SADRŽAJ

D. Koledin: Naučnik Herman Helmholc 1
Lj. Ristovski: Energija, energija 4
MHD — generator 7
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama.. 10
A. Marinčić: Svetlosni prenos vesti 14
D. Popović: Akcioni potencijali 17
Iz autobiografije M. Milankovića 20
B. Milić: Analiza grešaka jednog zadatka. 23
V. Živanović: Merenje talasane dužine svetlosti 26
V. Babović i B. Čabrić: Fukoovo klatno .. 27
A. Tečić: Rotacija 30
Biblioteka „Mladog fizičara" 32
Konkursni zadaci Zl29
Nagradni zadatak Zi32
E — zadatak Zl32
Rešenje zadataka ..... Zl 37

Vinjete: N. Ubović

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo fizičara Srbije.
Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329, od 29. IX 1976. godine.

Štampa: BIGZ—Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17

ŽIVOT I DELO

HERMANN HELMHOLTZ

NAUČNIK HERMAN HELMHOLC

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Svedočimo i saučestvujemo u naizgled izuzetnim i srećnim okolnostima: danas, istovremeno s nama, živi devedeset odsto od svih pisanoj istoriji poznatih tzv. *naučnih radnika.* Međutim, ako je nauka celovit, u biti intelektualni i moralni, a ne tehnološki izazov, naučni sadržaji minulih vremena, čini se, nisu podređeni našim, današnjim: od Galileja i Njutna, možda čak od Talesa Milećanina, do Diraka i Ajnštajna, na primer, *naučnici* se pravilno i ravnomerno raspoređuju u vremenu. Stvaralaštvo je isključivo u svojoj individualnosti — kvantitet ne obezbeđuje kvalitet.

Naučnik Herman Helmholc rođen je 1821. godine u Postdamu, Nemačka. Završio je Medicinski fakultet u Berlinu. Potom je izvesno vreme bio vojni i bolnički lekar, a tokom 1848. godine predavao je anatomiju na Umetničkoj akademiji u Berlinu. Godinu dana docnije izabran je za profesora fiziologije u Kenigsbergu. Od 1856. godine predavao je anatomiju i fiziologiju u Bonu, a od 1858. u Hajdelbergu. Naučnik Herman Helmholc izabran je 1871. godine za profesora fizike na Univerzitetu u Berlinu, a kasnije i za predsednika tamošnjeg Fizičko-tehničkog zavoda.

Od davnina postoje iskustva o šarolikoj i uvek ravnopravnoj *razmeni* sa okolinom: naš daleki neštavljenim krznom ogrnuti predak umeo je da se ogreje vatrom; radovao se proleću; posle dugog lova osećao se umorno, izgladnelo . . . ; konačno, rađao se i umirao. I dalje od toga: još u poznom predantičkom periodu potoci i reke su, razume se, žuborili, a vodenice su mlele; čitav vek pre našeg računanja vremena Heron je napravio onu uveseljavajuću kuglu; uz to, priča se da je taj daroviti konstruktor zabavnih igračaka, pred prestravljenom publikom, nevidljivom parom vode otvorio vrata hrama . . .

I dublje od iskustva, a i pre Helmholca: Hajgens je, pre više od tri veka, uspešno izvodeći obrasce za klatno i sudar tela, koristio *matematičku* formu koju danas nazivamo zakonom o održanju energije; Bernuli i Dekart, nešto kasnije, množe masu i brzinu tela i proizvodu daju ime *živa sila*; Lajbnic u tom proizvodu kvadrira brzinu, pišući o živoj, ali i o mrtvoj, odnosno »*prikrivenoj*« *sili*; kada je Džems Vat bio u najboljim godinama, Akademija nauka u Parizu odlučno baca u koš svaki projekat perpetuum mobila; nadovezujući se na Heronove, Severijeve, Papenove i Vatove radove, zainteresovan za ekonomičnu potrošnju goriva, francuski vojni inženjer Karno objavljuje 1824. godine jedno (izuzetno vredno) i jedino svoje delo — »*Razmišljanja o pogonskoj sili vatre*«; dve godine docnije Koriolis množi silu i put duž koga ona deluje i proizvod naziva *radom*, a Džul iscrpnim eksperimentima ukazuje na zamenljivost tog pojma sa *toplotom* . . . Duga priča o večito ravnopravnoj razmeni sa okolinom gotovo se završava: nemački lekar Robert Majer objavljuje 1846. godine raspravu »*Opažanja o sili mrtve prirode*«, ispisujući u njoj obrazac koji je u savremenim udžbenicima fizike poznat kao *prvi princip mehaničke teorije toplote*.

Ipak: *Kako izdvojiti sistem koji predstavlja jedan, i samo jedan,* **naš** *svet iskustva*?

Naučnik Herman Helmholc je 1847. godine objavio članak »*O održanju sile*«. U njemu je ispisao formulu:

$$\frac{1}{2}mv^2 + E_p = \text{const.},$$

u kojoj jednostavno prepoznajemo — *kinetičku* i *potencijalnu energiju*. Navedenim terminima, doduše, zadužio nas je škotski inženjer Renkin 1855. godine.

Novom pitanju se ne može umaći: kako *dokazati* ovako sažet, sveobuhvatan i operativan *opis* iskustva? Ni Helmholcu, ni nama, nema druge: *činjenicom da je bio podvrgnut* (*i podvrgava se*) *proverama i da ih je izdržao* (*i izdržava*).

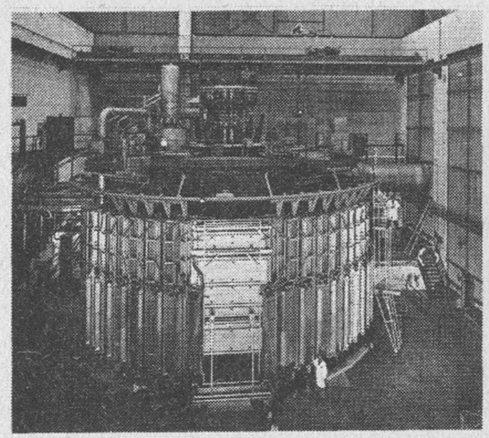
Pošto je od svojih glasovitih zemljaka — Johana Sebastijana Baha, Jozefa Hajdna, Volfganga Amadeusa Mocarta, Ludviga van Betovena, Roberta Šumana i drugih, nasledio bogatu muzičku tradiciju, Helmholc se zamašno posvetio *nauci* o zvuku. Iako su i ranije violine, orgulje, frule . . . svirale svojom bojom, tek je Helmholc u obimnoj »*Nauci o osećajima tona*« razložio složene tonove i tako objasnio njihovu boju.

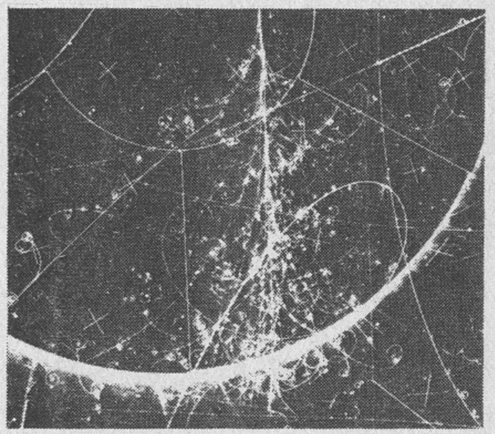
Oftalmolozima je Helmholc, takođe, bio na usluzi delom »*O fiziološkoj optici*«. U njemu je, pored ostalog, opisao konstrukciju očnog ogledala kojim nam i danas, istina u nešto savršenijem obliku, očni lekari ispituju unutrašnjost oka.

Brzinu prostiranja talasa pobuđenosti duž neurona izračunao je Helmholc.

Potkraj prošlog veka, kada je fizika vidljivog sveta postala sve manje sagledljiva i kada su kvanti energije ušli u »prenatalni« period, Helmholc je komentarisao Faradejeve zakone elektrolize: »Ako pretpostavimo da se elementi sastoje od atoma, ne možemo izbeći zaključku da se negativan i pozitivan elektricitet može deliti na određene elementarne kvantume koji se ponašaju kao atomi elektriciteta.«

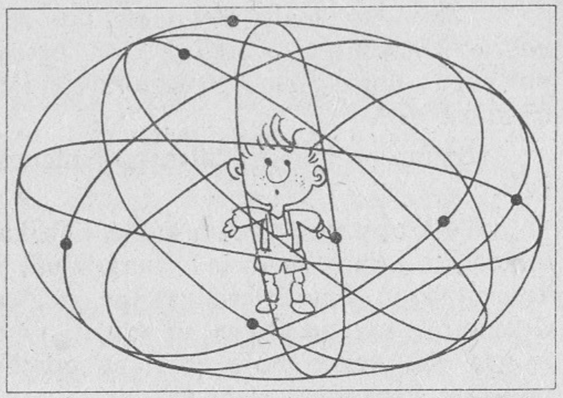
Naučnik Herman Helmholc umro je septembra 1894. godine u Šarlotenburgu, Nemačka.





Na ovoj fotografiji možete videti spoljni izgled tzv. mehuraste komore, koja se koristi pri ispitivanju elementarnih čestica i fizičkih procesa u kojima one učestvuju. Osnovni deo komore je sud ispunjen prozračnom pregrejanom tečnošću u kojoj se nalaze i tzv. čestice mete koje se bombarduju česticama projektilima, koje se ubrzavaju u akceleratoru. Svaka od ispitivanih čestica pri prolazu kroz pregrejanu tečnost izaziva njeno isparavanje u uskom »kanalu« duž trajektorije kojom se kreće. Na taj način svaka čestica za sobom ostavlja trag koji čine mikroskopski sitni mehurići pare. Njihovim snimanjem dobijaju se fotografije poput druge koju vam prikazujemo. Fotografisanjem procesa u magličastoj komori rukovodi specijalni kompjuterski sistem kojim se jedino može obezbediti velika brzina snimanja. U svakom eksperimentu dobija se ogroman broj fotografija.

Mehurasta komora koja je prikazana na gornjoj fotografiji spada među najveće u svetu. Prečnik suda u kome se nalazi pregrejana tečnost je 3,7 m i on se na slici ne vidi. Ono što vidite je prateća oprema, pre svega elektronska. Komora se nalazi u institutu Evropske organizacije za nuklearna istraživanja CERN u Ženevi.

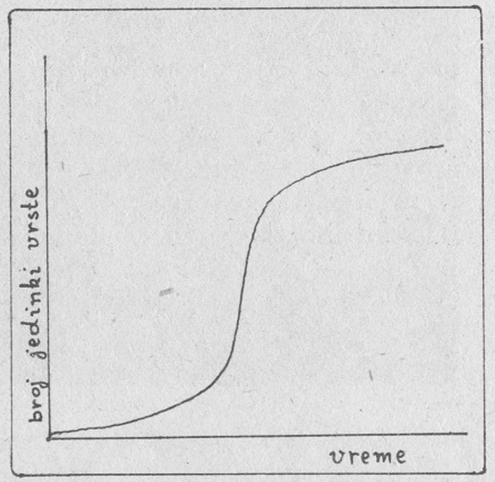


ENERGIJA, ENERGIJA, . . .

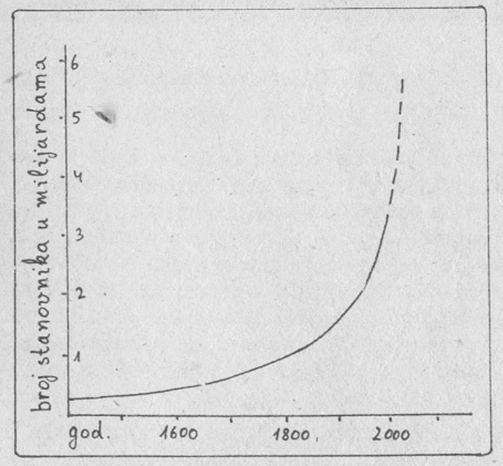
LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Dvadeseti vek je, pre svega, vek demografske eksplozije. Broj stanovnika naše planete uveća se svakog sata za novih 8000 ljudi. U periodu od 1400. do 1900. godine godišnji porast stanovništva nije bio veći od 0,75%, a danas je on već jednak 2%. Ako se takav tempo porasta stanovništva očuva, broj stanovnika Zemlje će se udvostručiti kroz 30 godina. Preti li nam glad?

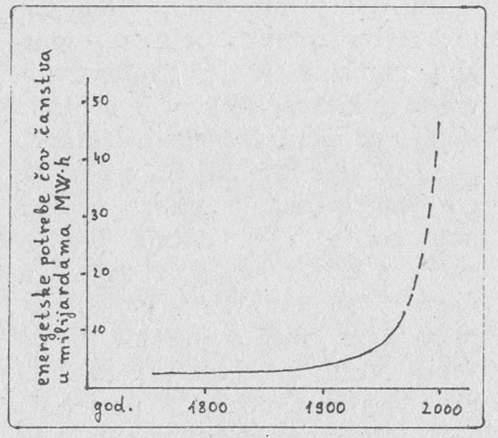
Ako je suditi prema krivoj prikazanoj na slici 1, tendencija porasta stanovništva je sve izraženija i bojazan od gladi nije neosnovana. Donekle ohrabrujuće deluje kriva na slici 2, koja pokazuje da uvećana gustina populacije životinjskih vrsta postaje ograničavajući faktor u porastu broja jedinki vrste. Naime, broj jedinki date vrste na datom području u početku raste na način koji je sličan načinu porasta stanovništva Zemlje (slika 1), ali posle određenog vremena, koje je određeno gustinom jedinki, porast se usporava i na kraju praktično prestaje. Ako pretpostavimo da nema razloga da se tako ne menja i broj stanovnika naše planete, tj. ljudi, onda se može proceniti da će se on ustaliti oko cifre od oko 10 milijardi ljudi. Prema tome, kada je reč o gladi, postavlja se pitanje da li naša planeta može da prehrani toliko stanovništvo? Pretpostavlja se da može pod uslovom da bude rešen problem pretnje jedne druge vrste.



Slika 2



Slika 1



Slika 3

Na slici 3 je prikazan procenjeni tempo porasta energetskih potreba čovečanstva (isprekidana linija) u narednim decenijama. Ako je ova procena tačna, onda se može lako pokazati da će rezerve *klasičnih izvora energije* (ugalj, nafta, plin), kojima se danas zadovoljava preko 80% energetskih potreba čovečanstva, biti utrošene u narednih 40 godina. Postoje i znatne količine neotkrivenih rezervi, ali se procenjuje da su količine dostupne za eksploataciju samo oko 3 puta veće od poznatih, postojećih rezervi. Zato, možemo slobodno reći da je nestašica klasičnih izvora energije problem sa kojim se delimično već i danas suočavamo. *Potrebno je naći nove izvore energije* koji će u početku delimično a kasnije i potpuno zameniti klasične izvore.

U klasične izvore toplote, formalno gledano, možemo ubrojiti i tzv. »*beli ugalj*« ili hidroenergetske izvore. Ovde, pored klasičnih hidrocentrala, ubrajamo i prelivne hidrocentrale koje koriste energiju talasa plime i oseke. Postoje ideje da se iskoristi temperaturska razlika između površinskih i dubinskih slojeva vode. Ako je ta razlika oko 20 °C, može se konstruisati toplotna mašina čiji će grejač biti gornji, topliji slojevi vode a hladnjak donji, hladniji. Ova toplotna mašina može pokretati generatore električne struje i tako poslužiti za proizvođenje energije. Međutim, od »belog uglja« ne očekuje se mnogo, jer je očigledno da su njegove mogućnosti ograničene. Sve je manje reka na kojima nije izgrađena bar neka hidrocentrala. Malo je morskih obala na kojima je talas plime dovoljno veliki da omogući izgradnju ekonomične prelivne hidrocentrale. I, na kraju, toplotne mašine koje rade zahvaljujući razlici temperatura različitih slojeva vode su, može se tako reći, neekonomične. Koeficijent iskorišćenja nije veći od 1—2%.

Najveći postojeći izvor energije, koji je verovatno i najneiskorišćeniji, je *Sunce*. Ono ka Zemlji zrači veoma mali deo svoje ukupne energije zračenja. Kada bi bilo moguće da se ta energija u potpunosti iskoristi, onda bi prikupljanjem energije koja padne na samo 80km² zemljine površine bile zadovoljene celokupne godišnje energetske potrebe čovečanstva. Realnost je ipak drugačija. Svu tu energiju nije moguće prikupiti, a ni prikupljanje na tako velikoj površini ne bi bilo ekonomično, jer je intenzitet Sunčevog zračenja relativno slab. U svakom slučaju, postoji nada da će se postupci prikupljanja, skladištenja i pretvaranja Sunčeve energije u druge oblike energije (električnu) po-

boljšati, jer je izazov zaista veliki. U pitanju je besplatan i vrlo čist izvor energije koji ne zagađuje čovekovu okolinu.

Klasični izvori energije menjaju na neželjen način čovekovu okolinu. Zahvaljujući sagorevanju klasičnih izvora energije 1970. godine u atmosferu je, kako se procenjuje, izbačeno: 100 miliona tona čvrstih čestica, 150 miliona tona sumporastih jedinjenja, 300 miliona tona oksida ugljenika (CO, CO_2 itd.) i preko 50 miliona tona azotnih oksida. Nije zanemarljiv ni uticaj hidroenergetskih sistema. Njihovom izgradnjom menja se preraspodela vodenih masa i režimi toka površinskih voda što dovodi do klimatskih promena lokalnog karaktera.

Postoji još jedan praktično neiscrpan izvor energije. Reč je o Zemlji i tzv. *geotermičkoj energiji.* Izvori geotermičke energije su vulkani, izvori tople vode i izvori tople pare. Postoje već geotermičke električne centrale koje koriste vodu i paru iz ovih izvora. Prva geotermička centrala izgrađena je još 1913. godine. Ipak, od tada pa do današnjih dana nije se mnogo napredovalo u korišćenju geotermalne energije. Prema današnjim proračunima, ekonomičnim se smatraju samo oni izvori koji daju paru temperature od oko 80 C, bar kada je reč o izgradnji geotermičkih centrala.

Korišćenje vulkana se smatra neekonomičnim, jer je količina lave postojećih vulkana isuviše mala.

U vremenu u kome živimo, kada su dostupne rezerve klasičnih izvora energije sve manje, kada se u iskorišćenju Sunčeve i geotermičke energije, praktično, čine prvi koraci, jedino mogućnosti korišćenja *nuklearne energije* pružaju nadu da, možda, do prave gladi za energijom nikada neće doći. Danas se nuklearnom energijom zadovoljava samo 2% energetskih potreba čovečanstva, iako je taj procenat u razvijenim zemljama znatno veći. Međutim, ovo je informacija koja zahteva stalne ispravke, pošto se u mnogim zemljama sveta sve intenzivnije grade nuklearne električne centrale, koje su najjači izvori električne energije. To je i razumljivo, jer se sagorevanjem jednog grama nuklearnog goriva U^{233} dobija onoliko energije koliko se dobije sagorevanjem tri tone kvalitetnog uglja. Ipak, priroda se, opet, pobrinula da čoveku otežа egzistenciju; prirodni uran sadrži samo 0,7% potrebnog U^{233}. Da stvar bude još teža, uranove rude su vrlo siromašne, pa se danas obrađuju i u slučaju kada sadrže manje od jednog promila (jedan hiljaditi deo) urana. I pored svih ovih nepovoljnih okolnosti, van svake sumnje je da su mogućnosti razvoja nuklearne energetike ogromne. Postojeće rezerve nuklearnog goriva, prema nekim procenama, neće biti iscrpljene ni u narednom milenijumu. Radi se na razvoju reaktora koji će kao gorivo koristiti izotope Pu^{233} i U^{233} na čijim procenjenim rezervama je zasnovana pomenuta procena rezervi nuklearnog goriva.

Ljudi će, sasvim sigurno, prestati da ispituju rezerve izvora energije onog trenutka kada budu uspeli da ostvare proces kontrolisane nuklearne fuzije. Sadašnje nuklearne elektrane rade na principu nuklearne fisije. To je proces deobe teških atomskih jezgara koji je praćen oslobađanjem energije. *Nuklearna fuzija* je proces spajanja lakih atomskih jezgara koje je, tako-

đe, praćeno oslobađanjem energije. Jedina, ako se stvar posmatra sa praktične strane, razlika, ali vrlo bitna, je u onome što se koristi kao nuklearno porivo. Nuklearno gorivo u reaktoru u kome se odvija proces fuzije će biti laki elementi deuterijum, tricijum i litijum a njihove rezerve u prirodi su praktično neograničene. Na ovom planu, tj. na planu korišćenja procesa nuklearne fuzije u cilju dobijanja energije, ostaje još da se reši problem ostvarenja kontrolisanog procesa nuklearne fuzije. Zašto kontrolisanog? Zato što je proces nekontrolisane fuzije, nažalost, već odavno uspešno realizovan. Kažemo nažalost, zato što je to učinjeno u vojne svrhe. Takav se proces odvija pri eksplosiji hidrogenske bombe.

Po svemu sudeći, glad za energijom neće biti. Ona nam danas preti, ali ne zato što nema mogućnosti da je izbegnemo, nego zato što se potrebe za energijom uglavnom zadovoljavaju korišćenjem klasičnih izvora energije kojih je, a to je izvesno, sve manje. Energije ima i problem nije u njenom nedostatku nego u nečem što, čini nam se, može znatno lakše da se reši. Dok najrazvijenije zemlje troše preko 20 000 kWh po stanovniku godišnje, dotle se u siromašnim zemljama ne utroši više od par stotina kWh. Prema tome, dok manji deo čovečanstva ima mogućnosti i troši energiju u ogromnim količinama, dotle njegov veći deo oseća pravu glad za energijom, koja je, kako se često naglašava, osnovni ograničavajući faktor razvoja siromašnih zemalja. Danas se svaka zemlja, ma kako siromašna bila, koja ima velike rezerve energetskih izvora smatra potencijalno vrlo bogatom. Za one siromašne zemlje, koje ni to nemaju, kao da nema nade za bolje sutra.

M H D — GENERATOR

Ljudsko društvo ne može živeti bez energije. Za sada, osnovni izvori energije su prirodna goriva: ugalj, nafta, gas. Međutim, rezerve prirodnih goriva nisu večite. Istina, mi poznajemo i druge izvore energije — Sunce i atom. U budućnosti će baš oni biti glavni izvori energije, ali njihovo »osvajanje« zahteva vremena, a rezerve prirodnih goriva se brzo smanjuju.

Kako efektivnije koristiti postojeće rezerve prirodnog goriva? Najjednostavniji predlog je da se povisi koeficijent korisnog dejstva (KKD) uređaja koji pretvaraju energiju prirodnog goriva u električnu energiju. Važno preimućstvo ovog pretvaranja energije je i smanjeno zagađivanje sredine koja nas okružuje.

Kao što je poznato, KKD toplotne mašine se povećava pri povećanju maksimalne temperature T_{max} i smanjenju minimalne temperature T_{min} radnog tela. Međutim, T_{min} je ograničena odozdo — to je temperatura sredine koja okružuje telo. Čime je odozgo ograničena maksimalua temperatura T_{max}? Čvrstinom lopatica turbine — jer čvrstina svih metala opada sa porastom temperature, a na delove sistema koji se brzo kreću deluju najveća opterećenja. Lopatice turbina termoelektričnih centrala (TEC) rade »na granici«, i jedna od osnovnih briga graditelja turbina je dobijanje (korišćenje) materijala koji imaju veliku čvrstinu pri visokim temperaturama. Najbolje TEC mogu imati KKD 35—40%.

Ako hoćemo da uvećamo KKD na račun povećanja temperature radnog tela, treba tražiti način transformisanja energije veoma toplog gasa u električnu energiju, što ne zahteva materijale sa velikom čvrstinom.

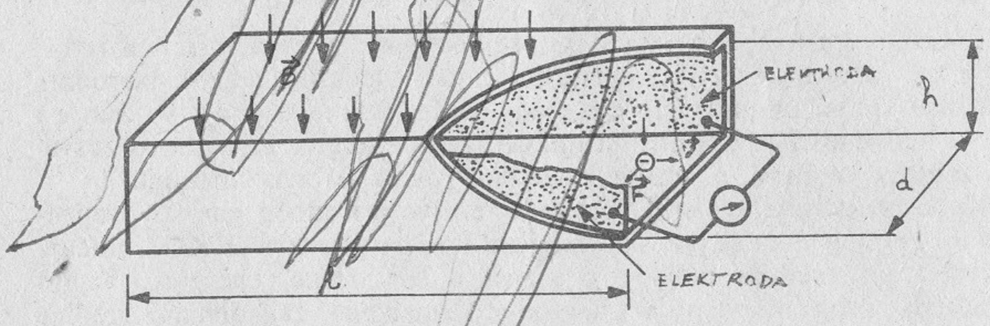
Jednom je na mostu nad Temzom stajao čovek koji je probao da izmeri razliku potencijala među dvema elektrodama koje su bile spuštene u vodu. Međutim, razlika potencijala koja se dobila bila je nula, i ogorčeni Majkl Faradej (a to je upravo bio on) je pošao kući.

Neuspeh Faradeja je objašnjen samo niskom osetljivošću uređaja, kojima se on koristio. A razlika potencijala je postojala, i nju je nakon 19 godina izmerio fizičar Volaston. Tada je Vijlem Tomson (lord Kelvin) predložio da se taj efekat iskoristi za transformisanje energije kretanja morske vode za vreme plime u električnu energiju. Tako su bili postavljeni idejni osnovi novog metoda transformisanja energije, koji daje mogućnost korišćenja prirodnog goriva sa većim KKD, nego u tradicionalnim TEC. Na ovom metodu zasniva se rad *magnetohidrodinamičkog (MHD) generatora.*

Zamislimo cev, izrađenu od elektroizolacionog materijala, koja na suprotnim unutrašnjim zidovima ima elektrode. Cev je smeštena u magnetno polje B. Unutar cevi se kreće struja vrelog gasa. To je principijelna šema magnetohidrodinamičkog generatora — *MHD generatora.* (Kretanje vrele struje gasa u mnogom je slično kretanju tečnosti. Otuda naziv i samog metoda i generatora).

U MHD-generatoru mehanička energija vrelog gasa, koji se kreće, transformiše se u električnu energiju. Pogledajmo, kako se to ostvaruje.

Neka se gas u MHD-kanalu (tako se naziva cev sa elektrodama na unutrašnjim zidovima) kreće sleva nadesno brzinom v, i neka je indukcija magnetnog polja B usmerena kao što je pokazano na slici 1.



Slika 1

Ako u gasu, koji se kreće po MHD-kanalu, postoje slobodni elek roni, to će se oni, pod dejstvom Lorencove sile $F=e\cdot v\cdot B$, kretati u gasu u pravcu elektrode koja je bliža nama (videti sliku) i skupljati na njoj.

Zbog toga se dobija razlika potencijala na zidovima MHD-kanala. Ako na elektrode priključimo električni otpor (opterećenje), to će u kolu proticati struja. I tako, uspostavivši protok vrelog gasa u cevi sa dvema elektrodama i u magnetnom polju, stvorili smo *generator električne energije.*

Mehanizam pojave struje u MHD-generatoru je isti kao i u bilo kom električnom generatoru — struja se javlja u provodniku koji se kreće u magnetnom polju. Samo što su u električnom generatoru ti provodnici *metalni, čvrsti*, a u MHD-generatoru to je — vruć gas.

Međutim, to je samo princip rada. Da bismo razumeli pod kojim će uslovima taj generator raditi, izračunajmo njegove parametre — elektromotornu silu i unutrašnji otpor.

Neka je otpor opterećenja (uključenog u kolo) beskonačan, drugačije rečeno — kolo je prekinuto. Kakav će biti napon na izlazu generatora, tj. EMS? On je (napon E) jednak radu koji se izvrši pri premeštanju jediničnog naelektrisanja među elektrodama. Pošto se ovaj rad vrši protiv sile $F=e\cdot v\cdot B$, pri širini kanala d, to je $E=F\cdot d/e$. Za $d=3$ m, $v=1500$ m/s i $B=5$T sledi da je $E=22{,}5$ kV što je značajna vrednost za praktične primene.

Vratimo se za trenutak u vreme Faradeja i ocenimo EMS za par elektroda, spuštenih u Temzu (konačno, reka — to nije struja provodnog gasa, već struja provodne tečnosti, no principijelne razlike nema). Temza je široka reka (to je dobro), ali spora (to je loše), a magnetno polje Zemlje je malo (to je takođe loše). Uzimajući da je $d=30$ m; $v=0{,}1$ m/s, a $B=10^{-3}$ T, dobijamo $E=3\cdot 10^{-4}$ V. (Takvu veličinu Faradej nije mogao izmeriti).

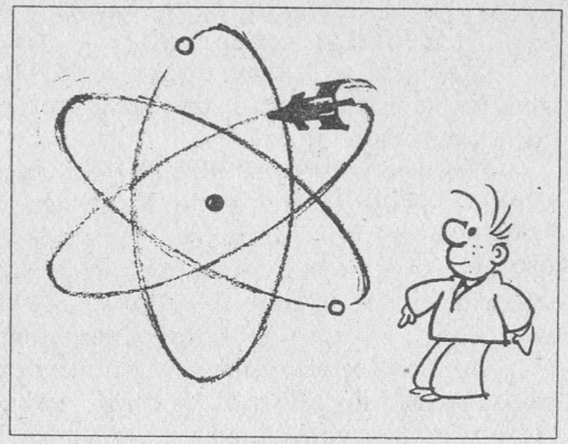
Sada nađimo unutrašnji otpor R MHD-generatora. Kao što je poznato, otpor metalnog provodnika dužine L i preseka S je $R=\mathrm{m}L/e^2 n\tau^2 S$ gde su m i e — masa i naelektrisanje elektrona, n koncentracija slobodnih elektrona u metalu, τ — vreme slobodnog puta elektrona (srednje vreme koje prođe između dva uzastopna sudara elektrona).

Ovom formulom možemo da se koristimo i u slučaju gasa sa elektronskom provodnošću, stavljajući u formulu »gasne« vrednosti τ i n. Pri temperaturi $T=2000$ K i pritisku gasa u kanalu $p=10^5$ Pa (veličine koje su karakteristične za MHD-generatore) τ je približno 10^{-22} s. Kao što se vidi sa slike 1, u našem slučaju je $L=d$, $S=hl$, tako da je $R=3{,}5\cdot 10^{22}\, d/nhl$. Na taj način smo povezali unutrašnji otpor MHD-generatora sa dimenzijama kanala i koncentracijom elektrona u gasu.

Kakvu veličinu otpora R treba ostvariti, da bi primena MHD-generatora bila ekonomična (celishodna)? Neka od generatora sa dimenzijama kanala $d=h=3$ m, $l=15$ m hoćemo da dobijemo snagu $P=2000$ MW. Ako je otpor priključenog opterećenja R_0, to je struja u generatoru i u opterećenju $I=E/(R+R_0)$. Snaga koju daje generator je $Pg=E^2/(R+R_0)$. Snaga koja se izdvaja na priključenom opterećenju je $P=E^2R_0/(R+R_0)^2$, a »izgubljena« snaga je $P_i=E^2R/(R+R_0)^2$. Pošto je uslov da dobijemo snagu od $P=2000$ MW, a $E=22{,}5$ kV, to je $R_0=4\,(R+R_0)^2$ (voditi računa da 4 nije bezdimenzioni broj – prim. prevodioca). Osnovni razlog, zbog čega »izmišljamo« MHD generator je visoki KKD. Znači, Pi treba da bude dosta manje od Pg — recimo $\mathrm{Pi}\leqslant 0{,}1$ Pg. Inače MHD generator ne bi bio efikasniji od obične TEC. Uslov $\mathrm{Pi}\leqslant 0{,}1$ Pg daje $\mathrm{R}\leqslant 0{,}11$ Ro. Odavde i iz $Ro=4\,(Ro+R)^2$ imamo da je $R\leqslant 0{,}002\, d$. Zato da bi pri $d=h=3$ m, $l=15$ m dobili takav unutrašnji otpor generatora R, potrebno je ostvariti koncentraciju elektrona $n\geqslant 10^{22}$ elektrona/m^3.

No, kako da se u gasu dobije takva količina elektrona? Pri temperaturi od 2000 K gas se skoro u potpunosti sastoji iz nejonizovanih molekula; njega možemo da jonizujemo zagrevajući ga do 8000 K. Međutim, pri toj temperaturi se tope svi poznati materijali, pa nemamo od čega da napravimo MDH kanal i komoru u kojoj se vrši sagorevanje.

(preveo M. Kulić)



NOVO O STARIM PLANETAMA I: JUPITER

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Prošlo je skoro deset godina od martovskog dana 1972. godine kada je posle tri neuspela pokušaja lansiran Pionir 10, kosmička sonda bez posade čiji je cilj bio da poseti Jupiter i da potpomognuta njegovom gravitacionom silom napusti Sunčev sistem. Za tako malo vremena, naše znanje o planetama više je napredovalo nego od momenta kada je čovek po prvi put upravio svoj pogled prema nebu. Mnoge naše predstave o Sunčevom sistemu promenile su se od tada. Merkur više nije najmanja planeta. Oko Jupitera koji je imao dvanaest pratilaca, »sada« obleće roj od 15 satelita. Saturn više nije nebesko telo koje krasi prsten, sada su ga »dobili« i Jupiter i Uran . . .

Dok su u šezdesetim i početkom sedamdesetih godina osnovni ciljevi astronautike bili Mesec, Mars i Venera, sada se čovek okrenuo prema spoljašnjim planetama, Jupiteru, Saturnu, Uranu i Neptunu. U ovom trenutku, u tim dalekim oblastima Sunčevog sistema nalaze se četiri kosmička broda: Pionir 10, Pionir 11, Vojadžer 1 i Vojadžer 2. Prolaz svakog od njih pored neke planete predstavlja čitavu malu revoluciju u čovekovom poznavanju Sunčevog sistema. Na primer, prema rečima Džona Volfa, jednog od rukovodioca grupe naučnika koji su pratili kretanje Pionira 11, njegov prolazak pored Saturna hiljadostruko je uvećao naše znanje o ovoj planeti. U narednim brojevima **Mladog fizičara** upoznaćemo vas sa nekim od najnovijih saznanja o Sunčevom sistemu, od kojih su verovatno najspektakularniji rezultati planetarnih misija Pionira i Vojadžera.

Jupiter koji s pravom zaslužuje ovo ime, ne samo da je najveća planeta, nego je skoro dva i po puta masivniji od svih ostalih zajedno. Poznato je da je hemijski sastav Jupitera sličan sastavu Sunca, ali po građi ova planeta ne liči ni na zvezdu ni na bilo koju planetu zemaljske grupe. Jupiter je skoro u celini tečno telo, osim malog, gvozdeno silikatnog jezgra u centru u kome temperatura dostiže 30000 K. Iznad ovog jezgra nalazi se sloj tečnog vodonika debljine 70000 km, koji zauzima gotovo celu zapreminu planete, čiji je radijus na ekvatoru 71398 km. Kao što vidimo, teško da će se astronauti nekada spustiti na Jupiter, utoliko pre što i atmosfera, sa olujama pri kojima vetrovi u ekvatorijalnim oblastima svakodnevno duvaju brzinom od 400 kilometara na sat, kao i pražnjenjima prema kojima su munje i gromovi na Zemlji dečja igračka, onemogućava boravak ljudi na ovoj planeti.

Debljina atmosfere je oko 1000 km. Gornji sloj oblaka sastoji se od kristalića amonijaka, srednji od amonijum bisulfida, a donji od kristalića vode. Prisustvo amorfnog crvenog fosfora, vodoničnih i amonijačnih polisulfida i sumpora, boji Jupiter crvenom, braon i žutom bojom.

Nekoliko stotina godina atmosfera Jupitera krila je veliku zagonetku koja je raspaljivala maštu pisaca naučnofantastičnih romana. To je velika crvena pega koju je *Kasini* otkrio 1665. godine. Danas je ustanovljeno da je tvorevina, široka 14000 km a dugačka 30—40000 km, ustvari *»oko« džinovskog tornada* koji traje već stotinama godina i prema kome su najjači zemaljski uragani samo obični povetarci. Danas čak znamo *kako miriše* crvena pega. Zahvaljujući prisustvu fosfina, koji je glavni sastojak arome belog luka, i crvena pega ima takav miris.

rastojanje od Sunca	5,2 puta veće nego rastojanje Sunce — Zemlja
period obrtanja oko Sunca	11,9 godina
radijus na ekvatoru	71 398 km
gustina	1,33 g cm^{-3}
ubrzanje sile teže na ekvatoru	2707 cm s^{-2}
temperatura	—150 °C

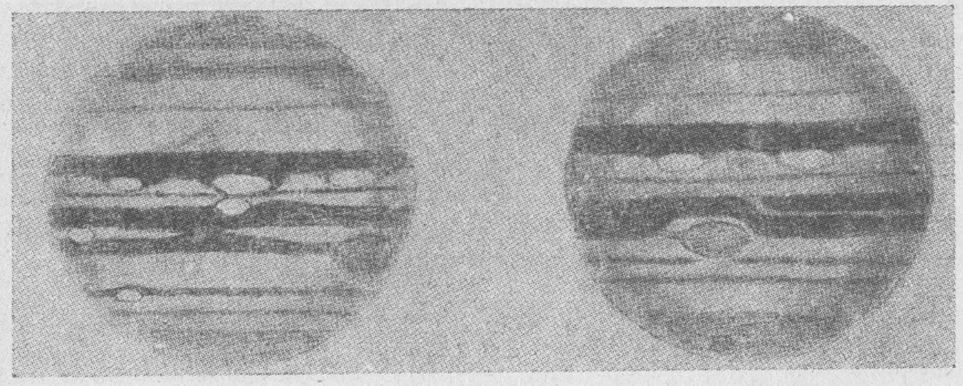
Osnovni podaci o Jupiteru

Jedan od iznenađujućih rezultata koji su dobijeni prilikom prolaska Vojadžera pored Jupitera1. marta 1979. godine, predstavlja *otkriće prstena* oko ove planete. Ovaj prsten je debeo oko 30 km, a širok 9000 km i nalazi se na 128000 km od centra planete. Sastavljen je od čestica koje su krupnije od onih koje čine Saturnov prsten, usled čega slabo reflektuje svetlost i teško se može primetiti sa Zemlje. On bi se pokazao u svoj svojoj lepoti tek onome ko mu se približava iz spoljašnjih delova Sunčevog sistema.

Prolaz Pionira i Vojadžera pored Jupitera, obogatio je i naša saznanja o porodici njegovih satelita, od kojih je najveći Ganimed, čiji je dijametar 5280 km. Ovo telo je veće od dve planete Sunčevog sistema, Merkura i Plutona. *Sateliti Jupitera* su često pomagali čoveku da dobije bolju predstavu o Vasioni i shvati neke od fizičkih zakona. Na primer, otkriće četiri najveća Jupiterova satelita, koje je izvršio Galilej 1610. godine (Io, Evropa, Ganimed i Kalisto, koji se zato nazivaju Galilejevi sateliti), pokazalo je da Zemlja nije jedinstveni centar kretanja u Vasioni, što je mnogima pomoglo da napuste geocentričnu sliku sveta. Olaf Remer je 1675. godine izmerio po prvi put brzinu svetlosti, koristeći posmatranja pomračenja Galilejevih satelita. Pravilno shvatanje nastanka i evolucije porodice Jupiterovih satelita može da odigra odlučujuću ulogu u našem shvatanju nastanka Sunčevog sistema.

Bez sumnje najviše uzbuđenja astronomima je priredio Io, Galilejev satelit koji je najbliži Jupiteru. Na ovome satelitu Vojadžeri su »posmatrali« osam aktivnih vulkana, čije se erupcije uzdižu i do 320 km iznad površine. U prilog pretpostavci da je to na Iou svakodnevna pojava, ide i činjenica da na njegovoj površini nije nađen nijedan krater. Šef grupe stručnjaka za ob-

radu snimaka sa Vojadžera, izjavio je tim povodom: »*Izuzimajući Zemlju, mi nikada nismo mogli da otkrijemo vulkansku aktivnost u Sunčevom sistemu. Otkrivali smo tragove takve aktivnosti na Mesecu i Marsu, ali su ti vulkani već odavno mrtvi. Po svemu sudeći, Io je još i danas najaktivnije nebesko telo u Sunčevom sistemu u pogledu dejstva vulkana, čak mnogo aktivnije od Zemlje.*« Izgleda da je krivac za ovakvu vulkansku aktivnost blizina Jupitera, koji na Iou izaziva snažne unutrašnje plimske sile.



Amaterski snimak Jupitera

Io je takođe najmanje telo u Sunčevom sistemu koje poseduje *atmosferu* i *jonosferu*. Atmosfera je vrlo retka i u njen sastav ulaze vodonik, kalcijum, kalijum, sumpor i natrijum, a možda i amonijak i azot. Za vreme 21 časovne noći, na satelitu se obrazuju smetovi od metana koji na osunčanoj strani isparavaju za desetak minuta. Usled vulkanske aktivnosti, na površini Ioa postoje i tople oblasti. Tako su otkrivena jezera rastopljenlg sumpora čije dimenzije idu i do 500 km. Zbog dejstva Jupitera, Io stalno gubi atmosferu, ali se ona obnavlja usled vulkanske aktivnosti satelita. Ovaj proces je doveo do formiranja oblaka koji se proteže duž cele putanje satelita.

Prilično iznenađenja donelo je i *otkriće zatvorenog strujnog kola*, koje povezuje površinu Ioa sa jonosferom Jupitera, pri čemu naelektrisane čestice u magnetosferi planete služe kao provodna sredina. Utvrđeno je da jačina struje između satelita i planete dostiže možda i svih 5 000 000 ampera, a napon 400 000 volti.

Evropa blistave zlatne boje sa tamnim prugama, drugi je Galilejev satelit Jupitera. Analiza snimaka sa Vojadžera 2 pokazala je da pruge predstavljaju pukotine prečnika 20—40 km koje su delimično ispunjene ledom. Evropa je izuzetno glatko telo, na kome najveće neravnine na prelaze 50 metara i po svemu sudeći prekrivena je ledenom korom čija debljina ide i do 100 km.

Ganimed, najveći Jupiterov satelit, je takođe potpuno prekriven ledom.- On je sivkasto smeđe boje, sa mnoštvom tragova tektonske i meteorske aktivnosti. Satelit poseduje retku atmosferu, koja je otkrivena kada je, posm trano sa Vojadžera, satelit prošao ispred jedne zvezde.

Poslednji od Galilejevih satelita, Kalisto, telo je planetarnih dimenzija prljavo sive boje, izbrazdan je tragovima meteorskih udara. Utvrđeno je da se ovo telo sastoji od gotovo jednakih delova stenja i leda.

Još mnogo drugih interesantnih podataka otkriveno je poslednjih godina o Jupiteru i njegovom sistemu, ali nam prostor ne dozvoljava da se njima detaljnije pozabavimo. Takoreći do pre nekoliko godina naša znanja o Jupiteru su bila više nego skromna, a 1976. godine, posle prolaska Pionira 10 i 11, o ovoj planeti i njenim satelitima napisana je obimna knjipa od preko hiljadu stranica, čiji predgovor počinje rečima: »*Nikada niko nije bio u mogućnosti da o Jupiteru napiše knjigu bolju od ove.*« Već danas, pošto su dobijeni rezultati misije Vojadžer, ova knjiga se može smatrati prilično zastarelom.

O Jupiteru smo poslednjih godina saznali mnogo, ali svako novo saznanje otvara nova pitanja. Zato su rezultati misija Pionira 10 i 11 i Vojadžera 1 i 2 podstakli američke naučnike da razrade plan nove misije čiji je naziv Galileo. U okviru ove misije, prema Jupiteru će 1984. godine biti lansiran kosmički brod, koji će, posle tri godine prvo proći pored Ganimeda, zatim će sa njega prema Jupiteru biti lansiran modul sa koga će se vršiti direktna merenja parametara Jupiterove atmisfere. Ostvarenje ove misije će svakako još više obogatiti naše znanje o najvećoj planeti Sunčevog sistema.

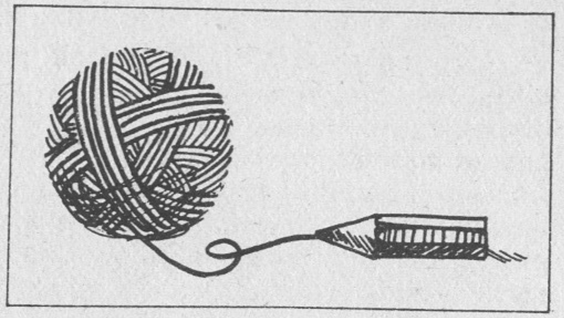
Kada bi se Mesec zaustavio negde iznad nekog od okeana ili većih mora, onda bi se nivo vode ispod njega podigao za oko 54 cm stvarajući tako »grbu« na površini vode. Ova »grba«, zahvaljujući rotaciji i Zemlje i Meseca, ne ostaje lokalizovana nego se pomera. To je dobro poznati talas plime koji, u zavisnosti od konfiguracije obale i rasporeda kopna uopšte, može biti i znatno viši od 54 cm.

*

Muva Surphidae za 1 s preleti rastojanje koje je za oko 1000 puta veće od njene sopstvene dužine. Kada bi tako nešto mogao da učini i avion čija je dužina 30 m, tj. kada bi za 1 s preleteo rastojanje od 30 000 m, onda bi se kretao brzinom koja je oko 100 puta veća od brzine zvuka u vazduhu. Tako velike brzine ne postižu ni najbrže rakete.

*

Najniži dosad zabeležen pritisak na visini koja odgovara nivou mora jednak je 885 milibara. Izmeren je iznad Kineskog mora 1927. godine. Najveći pritisak od 1080 milibara izmeren je u Sibiru 1900. godine. Normalna vrednost pritiska vazduha na nivou mora, jer on opada sa visinom, isnosi oko 1013 milibara.

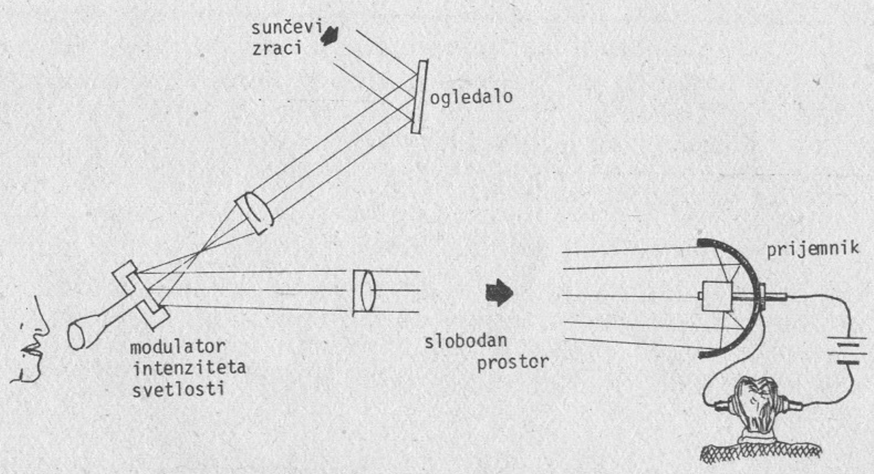


SVETLOSNI PRENOS VESTI

A. MARINČIĆ (Beograd)

Čovek je davno uočio mogućnost da kontroliše svetlosni izvor — vatru — i da tako prenosi neke jednostavne poruke na daljinu koja je prevazilazila domet ljudskog glasa ili zvuka bubnja. Setimo se sporazumevanja Indijanaca pomoću dimnih signala, ili paljenja vatri na kopnu kao upozorenja pomorcima na opasnosti koje ih vrebaju.

Veliki skok u tehnici komuniciranja pomoću svetlosti učinjen je 1880. godine. Tada je američki naučnik Aleksandar Graham Bel, inače dobro poznat po otkriću telefona, konstruisao svoj »svetlosni telefon« koji je nazvao **fotofon.** Belov fotofon prikazan je na sl. 1. Kao izvor svetlosti ova naprava koristi Sunčeve zrake koji se reflektuuju od malog ogledala

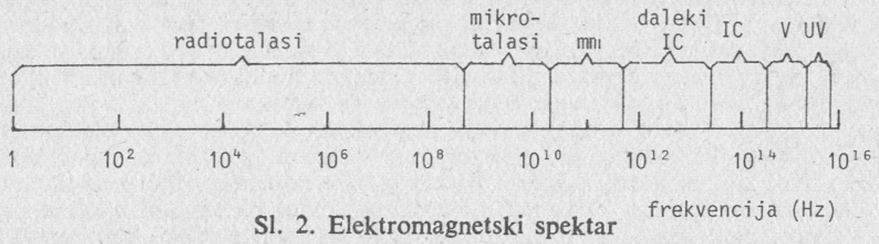


Sl. 1. Belov fotofon

usmeravaju na membranu koja vibrira u ritmu čovečijeg glasa. Reflektovani snop svetlosti se preko sočiva usmerava na parabolični reflektor u čijoj žiži se nalazi selenska ćelija. Ova ćelija menja svoju otpornost u zavisnosti od intenziteta svetlosti. Promena otpornosti ćelije izaziva pojavu pulzirajuće struje u kolu slušalica. Na kraju, pulzirajuća struja izaziva vibracije membrane koje su verna replika čovečjeg glasa. Sa svojom napravom — fotofonom — Bel je ubrzo uspeo da prenese čovečji glas na više od dve stotine metara udaljenosti.

Posle početnih uspeha Bela, eksperimenti Herca iz 1887., Branlija, Lođa i Tesle početkom dvadesetih godina prošlog veka skrenula su istraživanja elektromagnetskog spektra

na područje radio frekvencija. Usledio je zatim buran razvoj radija, uz puno korišćenje svih prednosti elektromagnetskih talasa nižih frekvencija za koje magla, dim, kiša, ili sneg nisu predstavljali prepreku. Šta više, radio talasi su se »savijali« i pratili Zemljinu krivinu i odbijali od visokih slojeva atmosfere, jonosfere i vraćali nazad. Tako su stvorene veze na velike udaljenosti nezavisne od meteoroloških uslova i direktne vidljivosti predajnika i prijemnika.

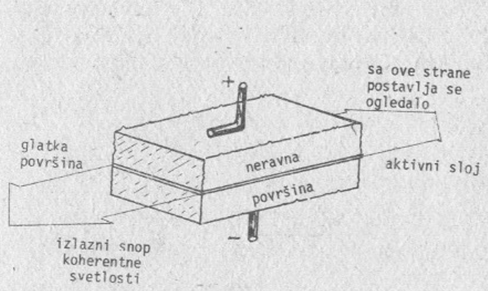


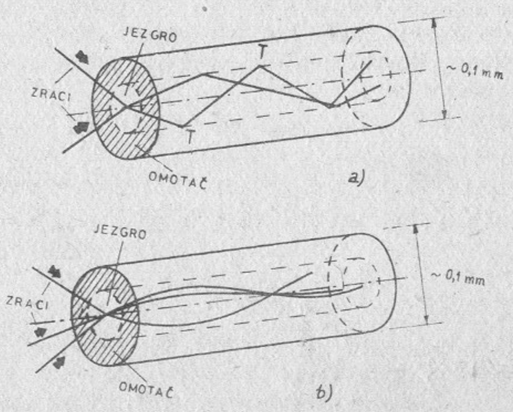
Sl. 2. Elektromagnetski spektar

Ponovni interes za svetlost kao nosioca poruka u telekomunikacijama javio se 1960. godine kada je otkriven izvor koherentne svetlosti — **laser.** Reč laser je skraćenica od engleskih reči »Light Amplification by Stimulated Emission od Radiation« što u prevodu znači »pojačanje svetlosti putem stimulisanog zračenja«. Kod lasera svetlost stvaraju pobuđeni elektroni koji sa višeg energetskog nivoa prelaze na niži nivo i pri tome emituju foton (kvant) svetlosti. Kod lasera koji se koriste u telekomunikacijama pobuđivanje vrši električna struja, a materijal u kome se obavlja čitav proces je galijum-arsenid ili galijum-arsenid sa primesama aluminijuma. Najjednostavniji laser napravljen je od dva komada GaAs sa malim dodatkom nečistoća tako da se formira p-n spoj. Na sl. 3 je prikazan jedan jednostavan laser i pokazano je kako se iz ovog spoja emituje svetlost. Bočne strane materijala iz koga je napravljen laser se grubo obrađuju tako da se svetlost ne širi bočno. Prednji i zadnji krajevi se poliraju, a jedna ivica se zatim potpuno prekriva tako da se od nje svetlost reflektuje u spoj. Konačno, svetlost se emituje samo sa prednje ivice u vidu uske trake dimenzija 2—3 μ m sa 10 μ m. Ova mala površina zrači uski snop svrtlosti koji se usmerava u **optičko vlakno.**

Optičko vlakno, koje je u stvari optički telekomunikacioni kanal, je tanka staklena nit koja je često složene konstrukcije. Jako uveličano otpičko vlakno izgleda kao na sl. 4. Karakteristično je za optička vlakna da imaju jezgro od materijala (stakla) nešto većeg indeksa prelamanja od omotača. Prečnici jezgra su nekad svega desetak μ m. Vlakno ovog tipa je izuzetno teško za manipulaciju, ali zato ima izvanredne osobine prenosnog medija: može se koristiti i za prenose na daljine od (50—100) km bez međupojačavača, istovremeno za nekoliko hiljada telefonskih kanala. Slabljenje najboljih vlakana je tako malo da bi se kroz staklo, napravljeno od istog materijala kao vlakno, videlo i kada bi ono bilo debelo

Sl. 4. Izgled optičkog vlakna: a) jezgro napravljeno od stakla nešto većeg indeksa prelamanja od omotača, b) jezgro napravljeno od stakla sa promenljivim indeksom prelamanja.





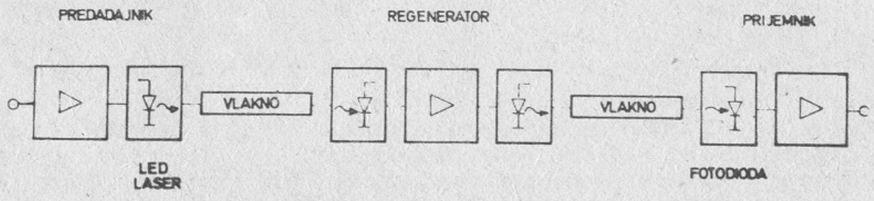
Sl. 3. Poluprovodnički laser

15 km sa samo prepolovljenom jačinom svetlosti! Uporedimo ovo sa običnim staklom kroz koga se ne bi videlo i kada bi bilo samo desetak metara debelo. Jednostavnija vlakna imaju nešto veći presek jezgra — negde oko 0,05 mm, ali ono obično nije napravljeno od istog stakla, već od stakla čije se osobine postupno menjaju od centra ka periferiji. U takvom vlaknu zrak se kreće po krivolinijskoj putanji i svi zraci koji polaze iz neke tačke na osi periodično se ponovo sakupljaju — fokusiraju radi čega se ova vlakna nazivaju »**fokusirajuća vlakna**« (vidi sl. 4). Dobra strana ovih vlakana je što razni zraci, iako putuju različitim pu tanjama, putuju istom brzinom duž ose vlakna. Tako se sprečava širenje impulsa koje bi se javilo kada neki zraci brže putuju od drugih. U vlaknu trećeg tipa koje ima veliko jezgro, ali sa stalnim indeksom prelamanja, zraci duž ose prolaze kraći put od zraka koji se reflektuju od omotača. S obzirom da je omotač napravljen od stakla manjeg indeksa prelamanja, za dovoljno velike upadne uglove na mestu obeleženom sa T (sl. 4a) dolazi do tzv. totalne refleksije i zrak se vraća u jezgro. Pojava totalne refleksije odgovorna je za vođenje svetlosti duž vlakna ovog tipa. Oni zraci koji u vlakno uđu pod nepovoljnim uglom napuštaju vlakno i bivaju izgubljeni za prenos. Zato je važno da izvor svetlosti koji napaja vlakno ima uski snop zračenja, a takav izvor je mali poluprovodni laser o kome smo već govorili. Postoje i drugi jednostavni izvori svetlosti po konstrukciji jednostavniji od lasera. To su svetleće diode. U modernim instrumentima i aparatima slični izvori svetlosti zamenili su male signalne lampice. Proizvode žutu, crvenu ili zelenu svetlost zavisno od materijala od koga su napravljene. Za telekomunikacione primene koriste se i one koje emituju nevidljivu infracrvenu svetlost, a konstrukcija im je prilagođena za rad sa optičkim vlaknima. Svetleće diode imaju i drugih dobrih osobina u odnosu na lasere, ali se ipak ne mogu porediti sa njima kada se traže izvori za sisteme za velike domete i velike kapacitete.

Svetlost ubačena u optičko vlakno postupno slabi pri prostiranju. Slabljenje je obično malo i daleko je ispod onog koje se javlja kod drugih vrsta električnih vodova. Zato su dometi optičkih veza nekoliko puta veći od dometa ostalih kablovskih veza.

Prijemnici optičkih signala su opet specijalne p-n diode. Kada na fotodiodu naiđu fotoni svetlosti oni u p-n poluprovodniku izazivaju pojavu struje. Kod običnih fotodioda jedan foton može da stvori najviše jedan slobodni par elektron — šupljina. Kod savršenijih »lavinskih fotodioda« jedan foton prvobitno stvori jedan par elektron — šupljina koji se, budući da se nalazi u jakom električnom polju spoljnjeg izvora napona, ubrza i sudara sa drugim atomima stvarajući nove parove elektron — šupljina. Ovaj proces je sličan lavini i često jedan foton posredno izaziva pojavu nekoliko stotina parova elektron — šupljina. Tako lavinska fotodioda ima ugrađeni pojačavač i osetljivost takvog sistema je velika. Male struje koje stvara fotodioda pojačavaju se u klasičnim tranzistorskim pojačavačima i vode dalje u elektronska kola ili ponovo u laser da bi se zatim opet prenosili do sledeće tačke u sistemu.

U optičkim telekomunikacionim sistemima najčešće se primenjuje **digitalna modulacija**. To znači da se poruke prenose u vidu uskih impulsa čiji se broj kreće od miliona do nekoliko stotina miliona u sekundi. Televizijska slika ili govor pretvaraju se u poruke impulsa koji se pakuju jedan do drugog i šalju u neprekidnom nizu. Ovi impulsi obično direktno uključuju u rad laser ili svetleću diodu koji onda pulsiraju velikom brzinom. Optičko vlakno prenosi ove impulse uz mala izobličenja i kada oni stignu na kraj veze izazivaju pojavu foto struje u prijemnoj diodi. Ako se zahteva da se savlada veće rastojanje od onog koje je moguće ostvariti u jednom skoku, dodaju se tzv. regeneratorske stanice. U ovim stanicama primljeni optički signal se pretvara u strujni signal, pojačava i vodi na predajnik. Blok šema jednog tipičnog optičkog telekomunikacionog sistema sa regeneratorskim stanicama prikazan je na sl. 5.



Sl. 5. Blok šema optičkog telekomunikacionog sistema

(Nastavak na str. 31)

KONKURSNI ZADACI
NAGRADNI ZADATAK
ZADACI PITANJA
E — ZADATAK

KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

216. Dva automobila su istovremeno krenula, jedan iz Beograda drugi iz Zagreba, jedan drugom u susret. Automobil iz Beograda se kreće brzinom $v_1 = 80$km/h, a automobil iz Zagreba brzinom $v_2 = 60$ km/h. Ako je udaljenost između Beograda i Zagreba približno 400 km, odrediti mesto susreta odnosno njegovu udaljenost od nekog od ova dva grada.

217. Da li 8,1 litar vode može da stane u sud u obliku kocke čija je ivica $a = 20$ cm?

218. Za koliko je masa 12 cm^3 gvožđa veća od mase iste zapremine voska?

B) Za učenike VII razreda

219. Odrediti brzinu kretanja bicikliste i pešaka, ako je poznato da pri kretanju u istom smeru svakog minuta pešak zaostaje za biciklustom za 210 m a kada se kreću jedan drugom u susret, pri nepromenjenim vrednostima brzina, za svaka dva minuta njihovo rastojanje se smanji za 780 m.

220. Odrediti vreme za koje avion preleti rastojanje između dva grada udaljena 1000 km, ako mu u susret duva vetar brzinom od 25 m/s a znamo da je srednja brzina aviona u odnosu na vazduh 250 m/s. Koliko bi bilo vreme preleta istog rastojanja ali u suprotnom smeru (pravac i smer vetra, kao i brzina vetra i aviona u odnosu na vazduh ostaju isti)?

221. U trenutku nailaska autobusa na »rupu« kolovoza sa prtljažnika je pao paket. Znajući da se autobus kretao brzinom od 108 km/h i da je visina prtljažnika u odnosu na zemlju 2,5 m, odrediti na kom će rastojanju od »rupe« u smeru kretanja autobusa pasti paket na kolovoz.

C) Za učenike VIII razreda

222. Maksimalan kapacitet kondenzatora promenljivog kapaciteta iznosi 350 pF. Koliko ploča polukružnog oblika poluprečnika 5 cm sadrži ovaj kondenzator, ako znamo da je rastojanje između njih 1 mm?

223. Kondenzator nepoznatog kapaciteta naelektrisan do napona od 1000 V spojen je paralelno s drugim kondenzatorom čiji je kapacitet 2,0 μ F a napon na oblogama 400 V. Odrediti kapacitet prvog kondenzatora ako je posle spajanja na oblogama uspostavljen napon od 470. Odrediti ukupnu količinu elektriciteta na oblogama.

224. Imamo dva identična promenljiva kondenzatora čiji se kapacitet može menjati u granicama od 15 do 250 nF. Kombinujući ova dva kondenzatora, odrediti maksimalnu i minumalnu vrednost kapaciteta koji se može dobiti.

D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

225. O vazdušni balon je okačen teg pa balon lebdi na nekoj visini iznad površine Zemlje. U jednom trenutku balon je eksplodirao tako da su teg i zvuk koji potiče od eksplozije istovremeno stigli na površinu Zemlje. Ako je brzina zvuka u vazduhu $c=340$ m/s, odrediti visinu na kojoj je lebdeo balon.

226. Od voza mase $M=3{,}2\ 10^5$ kg, koji ide konstantnom brzinom, odvaja se poslednji vagon mase $m=2\cdot 10^4$kg, i zaustavlja se posle pređenog puta $S=1{,}5$ km. Na kom rastojanju od vagona, u trenutku njegovog zaustavljanja se nalazi voz ako je vučna sila voza F_V za sve vreme kretanja konstantna? Koeficijent trenja k je takođe konstantan.

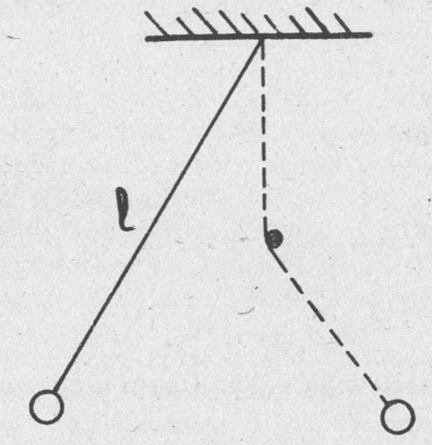
227. Točak se obrće brzinom $n=1500$ ob/min. Pri kočenju počinje da se kreće usporeno i zaustavlja se posle 30 sekundi. Naći ugaono ubrzanje točka i ukupan broj obrta od trenutka kad je kočenje počelo pa do trenutka kada se točak zaustavio.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

228. Matematičko klatno dužine 1,2 m osciluje u blizini vertikalnog zida. Ispod tačke vešanja klatna, na rastojanju koje je jednako polovini dužine klatna pobijen je ekser (sl. 1), tako da nit klatna udara u njega. Odrediti period oscilovanja ovog klatna. Na kojoj udaljenosti ispod tačke vešanja treba da se nalazi ekser, da bi period oscilovanja klatna bio jednak 2 sekunde?

229. Neka ploča harmonijski osciluje sa periodom $T=5$ s. Telo koje se nalazi na ploči počinje da klizi, kada amplituda oscilovanja ima vrednost $A=0{,}6$ m. Odrediti koeficijent trenja između tela i ploče.

230. Iz podmornice, koja se spušta vertikalno, emituju se kratki zvučni signali u pravcu dna. Vreme trajanja jednog signala je 10,00 ms. Vreme trajanja signala reflektovanih sa dna jednako je 9,98 ms. Odrediti brzinu spuštanja podmornice. Brzina prostiranja zvuka u vodi iznosi 1450 m/s.



Slika 1

231. Na difrakcionu rešetku, koja ima 500 zareza na 1 mm, pada normalno svetlost talasne dužine od 720 nm. Odrediti maksimalan red spektra koji se može videti pomoću ove rešetke, kao i ugao pod kojim će se videt spektri različitih redova.

Pripremili: **A. Srećković**
J. Dojčilović

UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

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

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

NAGRADNI ZADATAK BROJ 18

Glatka ledena ploča površine $S=3\ m^2$ i debljine $d=0{,}5\ m$ pliva na mirnoj površini jezera. Koliko ljudi može stati na ovu ploču, a da im pri tome noge ostanu suve, nepokvašene? Prosečna težina jednog čoveka je $G=75$ kp, a specifična težina leda $9 \cdot 10^2$ kp/m^3.

Pripremio: *Lj. Ristovski*

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

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 nagradnjg zadatka ili odgovore na zadatke pitanja obavezno priložiti i čitko popunjen kupon,** koji treba izrezati. Kupon će uvek biti odštampan tako da se njegovim isecanjem ne oštećuje ni tekst ni slika.

KUPON

UČENIK .....

ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....

ZADACI PITANJA

A. Možda niste znali da se svakodnevno srećete sa jednim nevidljivim predmetom. To je ogledalo. Čisto ogledalo je nevidljivo. Objasnite zašto.

*

B. Verovatno ste bili u prilici da na filmskom platnu posmatrate poletanje elisnog aviona. Ako jeste, onda ste primetili da se u početku, neposredno na kon paljenja motora, elisa aviona kreće u smeru kazaljke na časovniku, a posle izvesnog vremena, bar tako nešto vidite na filmskom platnu, elisa počinje da se obrće u suprotnom smeru. Isto to se dešava i sa točkovima na zaprežnim kolima, točkovima voza i slično. Izvesno je da se elisa neprekidno okreće u smeru kazaljke na časovniku. Pokušajte da objasnite zbog čega filmsko platno »laže«.

*

C. Koliko god brzo vozili bicikl ili automobil, uvek će neke tačke na biciklu i na automobilu biti nepokretne u odnosu na podlogu-drum. Koje su to tačke i zašto su nepokretne?

REŠENJE E-ZADATKA IZ BROJA 19

1) Na osnovu pokazivanja mernih instrumenata, pokazanih na slici u zadatku, vidi se da je: $I=0{,}55$ A, $U=2{,}8$ V a dijametar manganin-žice $d=1{,}2$ mm. (Treba uočiti da nonijus kao merni instrument ima tačnost od 0,1 mm. Pošto se drugi po redu podeljak na nojususnoj skali poklapa sa jednim od podeljaka na lenjiru nonijusa, to je za 0,2 mm debljina žice veća od 1 mm, koji je očitan na lenjiru nonijusa).

Za rešavanje ovog eksperimentalnog zadatka treba najpre napisati formulu u kojoj se nalazi tražena veličina ($R=\rho\, l/S$, gde je R — električni otpor kalema, ρ — specifični otpor manganina, l — tražena dužina žice, S — poprečni presek žice). Pošto samo iz te formule ne može da se odredi l zbog nepoznatog R, to ćemo s obzirom da su napon na krajevima žice i struja kroz nju poznati, iskoristili Ohm-ov zakon i R zameniti sa U/I.

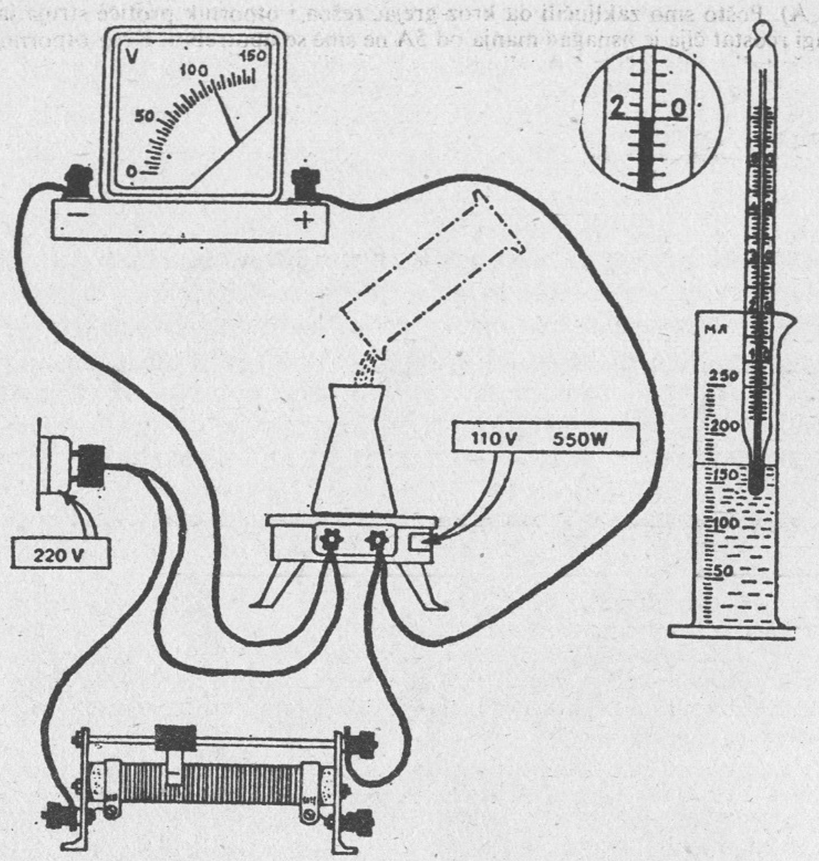
Iz $R=\rho\, l/S=U/I$ sledi izraz za dužinu žice.

Zamenom brojnih vrednosti dobijamo da je

$$l=\frac{2{,}8\ V\,(0{,}6\cdot 10^{-3}\ m)^2}{0{,}55\ A\ 3{,}9\cdot 10^{-7}\ \Omega\ m}=\frac{2{,}8}{0{,}55}\ \Omega\cdot\frac{0{,}36\cdot 10^{-6}\ m^2}{3{,}9\cdot 10^{-7}\ \Omega\ m}=4{,}7\ m$$

$$C_A=\frac{1\ A}{20}=0{,}05\ A \qquad C_V=\frac{3\ V}{30}=0{,}1\ V$$

3) Na osnovu slike u zadatku koja prikazuje kompletan uređaj i eksperimentalnu situaciju dobijaju se eksperimentalni podaci: masa vode —$m=170\ g=0{,}17$ kg, početna temperatura vode $T=20$ °C, snaga rešoa — $P=550$ W pri nominalnom naponu od 110 V.



4) U ovom eksperimentu ukupni rad električne struje troši se na povećanje unutrašnje energije vode, na zagrevanje suda u kome je voda i na tzv. gubitke usled razmene toplote sa okolinom. Prema uslovu zadatka samo 50%, tj. 1/2 od ukupnog rada električne struje ide na povećanje unutrašnje energje vode ΔQ. Prema tome:

$$\frac{1}{2}UIt = mc\,(T_2 - T_1).$$

Odavde je

$$t = \frac{2\,mc\,(T_2 - T_1)}{UI} \qquad (2)$$

Da bi se moglo izračunati vreme t potrebno je, pored datih eksperimentalnih podataka (m, T_1, T_2, i U) i tabličnog podatka sa specifičnu toplotu vode —$c=4\ 186$ J/kg °C, poznavati i jačinu struje I. Iz snage rešoa i nominalnog napona lako se određuje jačina struje. ($I=P/U=550/110=5$A). Zamenom brojnih vrednosti u izraz (2) dobija se

$$t = \frac{2 \cdot 0{,}17\ \text{kg}\ 4\,186\ J/\text{kg}\,°\text{C} \cdot 30\ °\text{C}}{550\ J/s} = 77\ s$$

Za vreme od 77 sekundi rešo je utrošio električne energije u iznosu $E=UIt=42350$ J.

5) Rešo čiji je nominalni napon 110 V ne sme se uključiti na mrežni napon od 220 V. Zbog toga se na red sa rešoom uključuje otpornik koji snižava mrežni napon na dozvoljenih 110 V. Od navedenih otpornika za ovaj eksperiment može se koristiti samo otpornik D (30 Ω, 5 A). Pošto smo zaključili da kroz grejač rešoa i otpornik protiče struja jačine 5 A, svaki drugi reostat čija je »snaga« manja od 5A ne sme se upotrebiti. Kroz otpornik E (15 Ω 10 A), može teći struja jačine 5 A, ali njegov otpor nije dovoljan da stvori potreban pad napona od 110 V. Da bi upotrebljeni otpornik snizio mrežni napon za 110 V i kroz njega proticala struja jačine 5 A, potrebno je pomoću klizača podesiti da otpor otpornika bude 22 Ω. ($R=U/I=110/5=22\ \Omega$).

Za uspešno i stalno učestvovanje u rešavanju zadataka za mlade eksperimentatore nagrađuje se **Iričanin Btatislav,** $VIII_2$, OŠ »J. B. Tito« Novi Beograd. (Predmetni nastavnik Vitor Stefanović).

Za delimično učestvovanje u rešavanju ovih zadataka pohvaljuju se:

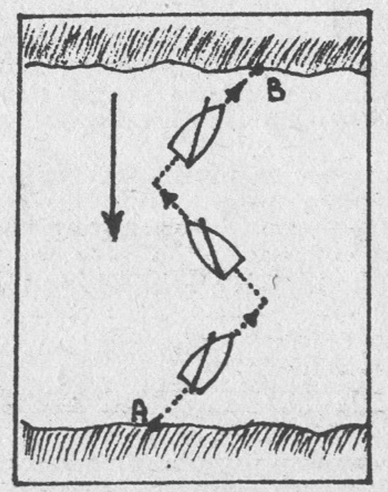
1. **Cojić Zoran,** $VIII_2$, OŠ »Ivo Lola Ribar«, Grdelica. (Predmetni nastavnik Ilić Smilja)

2. **Koričanac Goran,** VIII, OŠ »Milan NMilošević-Ćopo«, Mrčajevci.

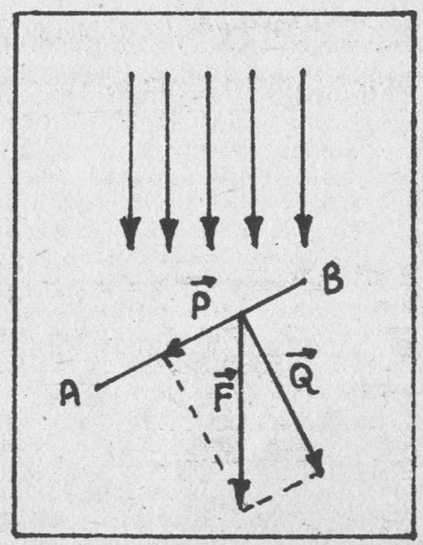
ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 20

A. Najkraće rečeno, pitanje je kako objasniti kretanje jedrilice u pravcu koji je suprotan od pravca duvanja vetra koji je, pomalo paradoksalno, i u uzrok kretanja jedrilice. Precizno govoreći, a to i otklanja paradoksalnost, jedrilica se ne kreće onako kako smo ovde rekli, nego cik-cak putanjom kao na slici 1., pod određenim uglom u odnosu na pravca duž koga duva vetar. Da bismo objasnili takvo kretanje jedrilice razmotrićemo kako vetar deluje na jedro jedrilice.

Ma kako to, možda, čudno delovalo vetar uvek, nezavisno od ugla koji pravac duž koga on duva zaklapa sa jedrom, deluje tako da izaziva kretanje jedrilice u pravcu koji je normalan na ravan jedra. Ovu tvrdnju, tj. njenu istinitost, potvrđuje slika 2. Na njoj linija AB označava jedro, a F silu kojom vetar deluje na jedro. Ova sila se, kako je prikazano, može razložiti na dve komponente. Očigledno da samo komponenta Q može dovesti do kretanja



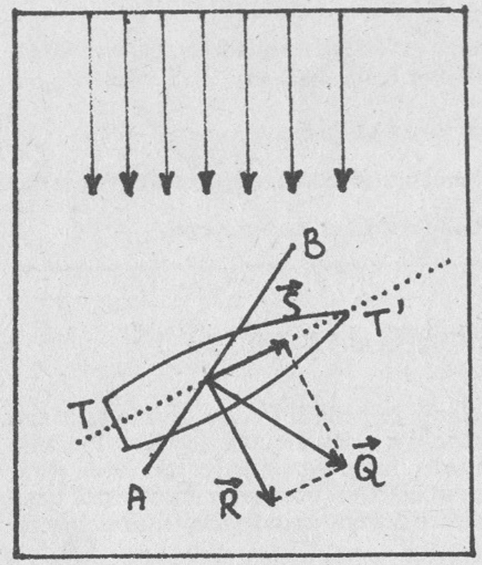
Slika 1



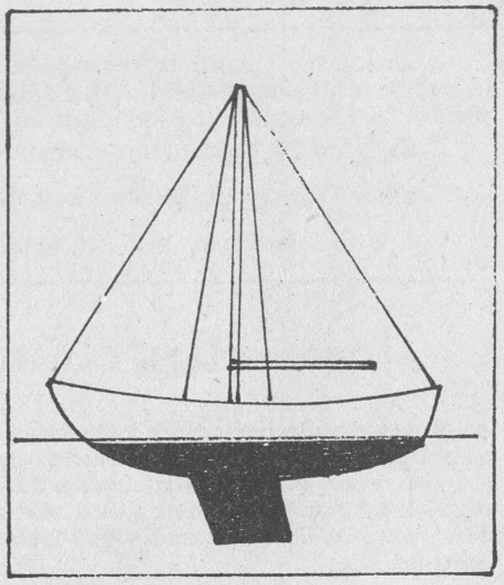
Slika 2

jedrilice i to, opet očigledno, u pravcu koji je normalan na ravan jedra. Ako je ovo jasno, onda je i slika 3 potpuno razumljiva, a upravo ona pokazuje kako to može jedrilica da se kreće nasuprot vetru.

Na slici 3 normalna sila Q kojom vetar deluje na jedro razložena je na dve komponente. Komponenta R deluje normalno na ravan uzdužnog poprečnog preseka jedrilice, u kojoj leži prava TT', dok komponenta S deluje duž pravca kretanja jedrilice. Naime, sil R praktično ne dovodi do primetnog kretanja jedrilice, jer je sama jedrilica konstruisana tako (ima veliku kobilicu kako je prikazano na slici 4.) da se što je moguće više »opire« dejstvu sile R. Kretanje pod oštrim uglom u odnosu na pravac duž koga duva vetar omogućeno je zahvaljujući dejstvu sile S.



Slika 1



Slika 2

B. Da nije jednostavno potonuti u moru, ali kada strah od vode ne postoji, uverili su se mnogi plivači koji su pokušali da zarone a ronjenju nisu vični. Naime, gustina vode je veća od prosečne gustine čovečjeg tela, ali kada su pluća ispunjena dovoljnom količinom vazduha. Zbog toga ljudsko telo pliva na površini mora, a pri uronjavanju moramo da savlađamo silu potiska. Treba uočiti da pri uronjavanju u pluća ubacujemo veću količinu vazduha pa tako otežavamo svoj put u morske dubine. Zašto onda ima toliko davljenika i u moru? Zato što zbog straha od vode, nekontrolisano i sa disanjem neusklađenim kretnjama ruku i nogu otežavaju sebi disanje, pa često umesto vazduha u pluća ulazi voda i tako sve više i više povećava prosečnu gustinu ljudskog tela. Problem je u tome da se upravo delovi tela koji su imali znatno manju gustinu od vode, jer su bili ispunjeni vazduhom, sada pune vodom. Telo postaje sve teže i zato sve brže i brže tone.

C. Tačno je da se i Sunce može iskoristiti kao deo jednog prirodnog rashladnog sistema i to na dva načina. Prvo, dovoljno je prekriti lubenicu krpom koju povremeno polivate vodom da bi ostala vlažna. Pod dejstvom Sunčevih zraka dolazi do pojačanog isparavanja vode iz vlažne krpe. Proces isparavanja praćen je apsorpcijom toplote. Deo te toplote voda dobija od Sunca, a deo od okoline, a to znači i od same lubenice. Prema tome, u procesu isparavanja voda iz krpe apsorbuje i toplotu od lubenice i tako dovodi do njenog hlađenja. Ovaj rashladni sistem, u što se možete lako uveriti, je vrlo efikasan.

Da biste realizovali drugi prirodni rashladni sistem ne treba vam ništa, odnosno ni krpa ni voda. Dovoljno je da lubenicu prepolovite i obe polovine izložite direktno Sunčevim zracima. Tada će doći do pojačanog isparavanja soka lubenice. Pošto će se tom prilikom apsorbovati i toplota same lubenice, doći će i do hlađenja. Ovaj proces hlađenjs ne sme da traje dugo, jer nakon izvesnog vremena počinje proces grejanja. Naime, kada se površine preseka lubenice osuše onda će proces isparavanja biti znatno usporen i počeće grejanje.

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA

200. Sila potiska P_{vz} koja deluje na loptu u vazduhu brojno je jednaka težini Q_{vz} loptom istisnutog vazduha:

$$P_{vz}=Q_{vz} \qquad \ldots (1)$$

Težina istisnutog vazduha iznosi:

$$Q_{vz}=m_{vz}g=\rho_{vz}Vg \qquad (2)$$

$$Q_{vz}=m_{vz}g=\rho_{vz}V_1 g \quad \ldots \quad (2)$$

gde je $m_{vz}=\rho_{vz}V_1$ — masa vazduha u zapremini V_1 koju je istisla lopta a $\rho_{vz}=1{,}293$ kg/m³ gustina vazduha (podatak iz tablice).

Zapremina lopte poluprečnika $R=D/2=(0{,}30/2)$ $m=0{,}15$ m iznosi:

$$V_1=\frac{4}{3}\pi R^3=\frac{4}{3}3{,}14\cdot 0{,}15^3\ m^3$$

$$=0{,}0141\ m^3$$

Na osnovu dobijene vrednosti za zapreminu lopte i izraza (1) i (2) sledi da je sila potiska koja deluje na loptu u vazduhu jednaka:

$$P_{vz}=O_{vz}=\rho_{vz}V_1 g=$$

$$=1{,}293\frac{\text{kg}}{m^3}0{,}0141\ m^3\ 9{,}81\frac{m}{s^2}=$$

$$=0{,}179\ N$$

Na osnovu prethodnog možemo zaključiti da se sile potiska kada se dato telo nalazi u vodi (P_{vo}), odnosno vazduhu (V_{vo}) odnose kao gustina vode ρ_{ov} prema gustini vazduha ρ_{vz}:

$$\frac{P_{vo}}{P_{vz}}=\frac{Q_{vo}}{Q_{vz}}=\frac{\rho_{vo}V_1 g}{\rho_{vz}V_1 g}=$$

$$=\frac{\rho_{vo}}{\rho_{vz}}=\frac{1000\ \text{kg/m}^3}{1{,}293\ \text{kg/m}^3}=773$$

Znači, sila potiska u vazduhu je 773 puta manja nego sila potiska na isto telo u vodi.

201. Na osnovu definicije gustine: $\rho=m/V$ sledi da je potrebno odrediti masu m i zapreminu V datog tela. Masa tela može se naći iz podatka za težinu tela u vazduhu: $m=Q_1/g$, dok se zapremina tela može naći znajući da je težina tela tečnosti (Q_2) manja od težine tela u vazduhu (Q_1) za veličinu sile potiska:

$$Q_2=Q_1-P$$

kao i na osnovu Arhimedovog zakona, koji kaže da je sila potiska jednaka težini telom istisnute tečnosti: $P=\rho_0 Vg$. Na osnovu prethodna dva izraza lako dobijamo izraz za zapreminu tela ukoliko poznajemo gustinu tečnosti ρ_1, kao i težine tela u vazduhu Q_1 i tečnosti — Q_2:

$$V=\frac{Q_1-Q_2}{\rho_0 g}$$

Na kraju se dobija da je gustina datog tela

$$\rho=\frac{Q_1/g}{(Q_1-Q_2)/\rho_0 g}=\frac{\rho_0 Q_1}{Q_1-Q_2}=$$

$$=800\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\frac{100\ N}{100\ N-70\ N}=$$

$$=2667\ \text{kg/m}^3\cong 2700\ \text{kg/m}^3.$$

Na osnovu podataka iz tablica možemo zaključiti da je dato telo napravljeno od aluminijuma.

202. Sila kojom stub vode visine h_1 deluje vertikalno uvis na pločicu površine S iznosi: $F_1 = \rho_0 g h_1 S$.

Sa druge strane, u suprotnom smeru na pločicu deluje stub žive visine h_2 silom: $F_2 = \rho_{Hg} g h_2 S$ i sila Zemljine teže $Q = mg$. Pločica će mirovati ukoliko je $Q + F_2 \leqslant F_1$ odnosno

$$mg + \rho_{Hg} g h_2 S \leqslant \rho_0 g h_1 S$$

Odavde dobijamo da visina stuba žive mora biti manja ili jednaka visini

$$h_2 \leqslant \frac{S\rho_0 h_1 - m}{S\rho_{Hg}} =$$

$$\frac{10 \cdot 10^{-4}\,\text{m}^3 \cdot 10^3\,\text{kg/m}^3 \cdot 1{,}5\,\text{m} - 1{,}36 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}}{10 \cdot 10^{-4}\,\text{m}^3 \cdot 13600\,\text{kg/m}^3}$$

$$= 0{,}110\,\text{m}.$$

203. Svetlosna godina predstavlja rastojanje koje bi svetlost prešla za vreme od godinu dana u vakuumu. To rastojanje iznosi

$$L = c \cdot t = 3 \cdot 10^8\,\text{m/s} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot$$

$$\cdot 60\,s = 9{,}46 \cdot 10^{15}\,\text{m}.$$

Na osnovu gornje definicije, svetlost će sa zvezde stići na Zemlju za 4,3 godine.

204. Kinetička energija elektrona jednaka je razlici njegovih potencijalnih energija u tačkama sa potencijalom V_2 i V_1:

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

gde su $e = 1{,}6 \cdot 10^{-23}\,C$ i $m = 9{,}1 \cdot 10^{-32}$ kg naelektrisanje, odnosno masa elektrona. Iz ove relacije dobijamo za brzinu elektrona izraz:

$$v = \sqrt{2 \cdot e \cdot (V_2 - V_1)/\text{m}}.$$

Brojne vrednosti kinetičke energije i brzine elektrona su: $E_k = 3{,}2 \cdot 10^{-23}$ J i $v = 0{,}83 \cdot 10^3$ m/s.

205. Talasna dužina svetlosti u vakuumu je data izrazom $\lambda = c/\nu$, gde je ν — učestanost elektromagnetnog talasa. Iz ovog izraza sledi da je $\nu = c/\lambda$. Pri prelazu u drugu sredinu učestanost (frekvenca) svet, losnog talasa se ne menja. Menja se, pri tome, brzina prostiranja talasa i njegova talasna dužina. Talasna dužina svetlosti u vodi je $\lambda_1 = v/\nu$ gde je v — brzina asvetlosti u vodi. $v = c/n$ (n — indeks prelamanja). Zamenivši izraze za v i ν u relaciju za λ_0 dobijamo $\lambda_0 = c \cdot \lambda/n \cdot c = \lambda/n = 700$ nm$/1{,}33 = 530$ nm. U vakuumu ovu talasnu dužinu ima ne crvena, već zelena svetlost Međutim, čovek pod vodom će videti crvenu boju, pošto je obojenost svetlosti određena frekvencijom elektromagnetnog oscilovanja, a ne talasnom dužinom.

J. D.

206. Na osnovu formule za period matematičkog klatna $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ dobija se za njegovu dužinu izraz:

$$L = \frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2}$$

U slučaju tzv. »sekundarnog« klatna ($T/2 = 1$ s $\Rightarrow T = 2$ s) ova dužina je jednaka

$$L = \frac{(2\,s)^2 \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2}{4 \cdot 3{,}14^2} = 0{,}995\,\text{m}$$

približno jedan metar.

207. Indukovana elektromotorna sila u sekundarnom kolu transformatora je $E_2 = U_2 + I_2 r$. Koeficijent transformacije se dobija iz odnosa napona koji se dovodi na primar i ove ems., odnosno

$$k = U_1/E_2 = U_1/(U_2 + I_2 r) =$$

$$= 220\,V/(20\,V + 2\,A \cdot 1\,\Omega) = 10$$

Jačinu struje u primaru nalazimo iz uslova da nema gubitaka, odnosno iz relacije $U_1 I_1 = E_2 I_2$. Koeficijent korisnog dejstva n se definiše kao odnos snage koja se izdvaja na krajevima sekundara (na potrošaču) i snage koja je predata kolu primara. U našem slučaju imamo:

$$\eta = U_2 \cdot I_2 \cdot / U_1 \cdot I_1 = U_2/(U_2 + I_2 r) =$$

$$= 20\,V/22\,V = 0{,}91.$$

J. D.

208. Brzina V prostiranja talasa jednaka je odnosu talasne dužine λ i perioda T oscilovanja date »tačke« talasa $v = \lambda/T$. U našem slučaju period oscilovanja izabrane tačke na vodi jednak je periodu oscilovanja zvučnog izvora, koji pobuđuje date talase. Znači

$$v = \frac{2{,}9\,m}{2 \cdot 10^{-3}\,s} = 1{,}45 \cdot 10^3\,\frac{m}{s} =$$

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

209. Određivanje broja navojaka sekundarnog kalema realnog transformatora sa datim gubicima u snazi (k 100%), pri zadanom naponu U_1 i broju navojaka N_1 na primarnom kalemu, da bi na krajevima sekundarnog kalema dobili napon U_2, možemo svesti na ekvivalentan zadatak: odrediti broj navojaka sekundarnog kalema idealnog transformatora (bez gubitaka u snazi) ukoliko napon u primaru opadne za k 100%. Kod idealnog transformatora važi odnos

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1}$$

Ukoliko napon na primaru opadne sa vrednosti U_1 na vrednost U_1', s obzirom da je

$$\frac{U_1 - U_1'}{U_1} = k$$

sledi

$$U_1' = U_1 - k\,U_1 = U_1(1 - k)$$

Da bi se u sekundarnom kalemu dobio isti napon U_2 potrebno je povećati broj navojaka sekundrrnog kalema na broj

$$N_2' = N_1 \frac{U_2}{U_1(1 - k)}$$

Dok bi kod idealnog transformatora za vrednosti $U_1 = 220$ V, $U_2 = 130$ V i $N_1 = 400$ navojaka bilo potrebno da broj navojaka sekundarnog kalema bude

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} = 400 \cdot \frac{130\,V}{220\,V} =$$

$$= 236{,}4 \text{ navojaka}$$

za realan transformator broj navojaka sekundarnog transformatora mora biti $l/(l - k)$ puta veći

$$N_2' = N_1 \frac{U_2}{U_1} \frac{1}{1 - k} =$$

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

210. Elektromotorna sila koja se indukuje u ramu je, prema Faradejevom zakonu elektromagnetne indukcije, jednaka $E_{ind}=-\Delta\Phi/\Delta t$, gde je $\Phi=B\cdot S_0=B\cdot a^2$ — magnetni fluks. Pošto je $S_0=$const onda promena fluksa može da nastane samo promenom magnetne indukcije $\Delta\Phi=S_0\cdot\Delta B=a^2\cdot k\cdot\Delta t$. To znači, da je elektromotorna sila koja se indukuje u ramu $E_{ind}=-\Delta\Phi/\Delta t=-ka^2\Delta t/\Delta t=-ka^2$ konstantna. Izdvojena količina toplote u ramu za vreme t_2-t_1 je $Q=E^2_{ind}\cdot(t_2-t_1)/R$, odnosno $Q=k^2a^4\ (t_2-t_1)/R$ gde je R — električni otpor rama. Kako je $R=\rho_0 L/S=\rho_0 4a/S$, to je izdvojena količina toplote jednaka:

$$Q=\frac{k^2a^3}{4\rho_0}S(t_2-t_1)=1{,}72\ kJ.$$

211. Epruveta i čep će se kretati u suprotnim smerovima (tzv. reaktivno kretanje). Prema zakonu održanja količine kretanja možemo pisati:

$$(m+M)\vec{V}=m\vec{V}_1+M\vec{V}_2$$

gde je $\vec{V}$ — brzina sistema pre izletanja čepa, $\vec{V}_1$ — brzina čepa i $\vec{V}_2$ — brzina epruvete. Pošto je $\vec{V}=0$, onda je $m\vec{V}_1=-M\vec{V}_2$. Znak minus ukazuje, da se tela kreću u suprotnim smerovima. U ovoj relaciji nepoznate su veličine V- i Ve. Znači, potrebna nam je još jedna jednačina da bi našli nepoznate. Koristimo zakon očuvanja energije. U najnižem položaju (neposredno posle izletanja čepa) epruveta ima samo kinetičku energiju MV^2é2, a u najvišem samo potencijalnu (kinetičku energija je približno jednaka nuli) $Mge\ L$, gde je L — dužina štapa. Znači, MV^2 é2=2 MgL. Iz relacije koja povezuje impulse epruvete i čepa sledi $Ve=mV$ V- ne vodimo računa o znaku, pošto nas zanimaju samo intenziteti brzina). Ako ovo zamenimo u zakon očuvanja energije i rešimo po brzini čepa V- dobijamo

$$V_1=2\frac{M}{m}\sqrt{g\cdot L}\approx 31\ m/s.$$

212. U ovom slučaju brzina epruvete ne može da bude zanemarena u najvišoj tački svoje putanje (u zadatku 211. to je bilo moguće), pošto bi tada pala naniže i ne bi napravila pun obrt (konac je savitljiv, štap nije!). To znači da na epruvetu treba da deluje (u najvišoj tački) neka sila koja bi kompenzovala njenu težinu. Prema uslovima zadatka, to može biti samo centrifugalna sila koja je posledica obrtnog kretanja epruvete. Da bi epruveta napravila pun obrt, posle izletanja čepa, ova centrifugalna sila treba da je jednaka ili veća od njene težine: $F_c=MV^2/L\geqslant Mg$ (1). Minimalna brzina epruvete V_0 u najvišoj tački određena je uslovom $F_c=Mg$:

$$m\vec{V}_1=-M\vec{V}_2. \qquad (3)$$

Zakon održanja impulsa daje istu relaciju kao u 211. zadatku.
Međutim, primena zakona održanja energije ukazuje na činjenicu da epruveta u najvišoj tački pored potencijalne ima i kinetičku energiju:

$$\frac{M\cdot V_2^2}{2}=2\cdot M\cdot g\cdot L+\frac{M\cdot V_0^2}{2}. \qquad (4)$$

Zamenom izraza za V_0 (2) u relaciju (4) dobija se rešavanjem po početnoj brzini epruvete: $V_2=\sqrt{5\cdot g\cdot L}$.

Ako ovaj izraz uvrstimo u relaciju (3) ne vodeći računa o znaku, dobijamo za brzinu čepa neposredno posle njegovog izletanja

$$V_1=\frac{M}{m}\cdot\sqrt{5\cdot g\cdot L}\approx 35\ m/s$$

213. Magnetsko polje B deluje na naelektrisanu česticu koja se kreće brzinom v Lorencovom silom $F=qvB$ saopštavajući joj centralno ubrzanje v^2/r. Iz osnovnog zakona dinamike sledi

$$mv^2/r=q\,vB \qquad \ldots\ (1)$$

odakle dobijamo izraz za brzinu čestice

$$v=qBr/m \qquad \ldots\ (2)$$

kada je poznato naelektrisanje q, indukcija B, poluprečnik krivine r i masa čestice. Kinetička energija naelektrisane čestice iznosi

$$E_k=mv^2/2=q^2B^2r^2/2m \qquad (3)$$

U konkretnom slučaju naelektrisanje jona silicijuma jednako je elementarnom naelektrisanju $q=1{,}602\cdot10^{-23}$ C, masa jona jednaka je proizvodu masenog broja A i atomske jedinice mase u: $m=Au=28\cdot1{,}67\cdot10^{-27}$ kg$=4{,}676\cdot10^{-26}$ kg, poluprečnik krivine $r=0{,}21$ m a indukcija $B=0{,}18$ T. Smenom prethodnih vrednosti u izraz (3) dobijamo da je kinetička energija jona silicijuma jednaka

$$E_k=q^2B^2r^2/2Au=4\cdot10^{-16}\ J.$$

A. S.

214. Da bi došlo do apsorpcije fotona svetlosti talasne dužine λ potrebno je da njegova energija $E=hc/\lambda$ bude veća ili jednaka razlici energija elektrona u odgovarajućim kvantnim stanjima:

$$hc/\lambda\geqslant E_m-E_n \qquad (1)$$

Elektron se iz pobuđenog stanja vraća u osnovno emitovanjem fotona talasnih dužina

$$\lambda_{nm}=\frac{hc}{E_m-E_n} \qquad (2)$$

Na osnovu (1) i (2) sledi uslov za pobuđenje atoma

$$\lambda\leqslant\lambda_{nm} \qquad (3)$$

Kako je

$$\frac{1}{\lambda_{nm}}=R\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{m^2}\right),\quad m>n \qquad (4)$$

uslov za pobuđenje atoma dobija oblik

$$\lambda\leqslant\frac{n^2m^2}{R(m^2-n^2)} \qquad (5)$$

odnosno

$$m\leqslant\sqrt{\frac{n^2\lambda R}{\lambda R-n^2}} \qquad (6)$$

Kako je m realan broj sledi da je $\lambda R-n^2=0$ odakle se dobija da je $n<\lambda R$. Za pobudnu talasnu dužinu $\lambda=100$ nm, uzimajući vrednost Ridbergove konstante $R=1{,}097\cdot10^7\ m^{-1}$, dobijamo da je $n<1{,}05$. Obzirom da je i n ceo broj sledi da je $n=1$. Za vrednost $n=1$ uslov (6) dobija oblik

$$m\leqslant\sqrt{\frac{\lambda R}{\lambda R-1}} \qquad (7)$$

Za datu vrednost talasne dužine pobudnog zračenja desna strana izraza (7) dobija vrednost 3,3, što

znači da je $m \leqslant 3{,}3$. Kako je $m > n = 1$ i mora biti prirodan broj sledi da m može imati samo vrednosti 2 i 3. Na osnovu dobijenih vrednosti za m i n i na osnovu izraza (4) sledi da će se u spektru pojaviti samo dve linije koje odgovaraju talasnim dužinama

$$\lambda_{12} = 4/3\ R = 121{,}6\ nm \quad \text{i}$$

$$\lambda_{13} = 9/8\ R = 102{,}6\ nm.$$

215. Promena talasne dužine zračenja usled elastičnog sudara fotona i elektrona (Komptonov efekt) zavisi samo od ugla θ pod kojim se zračenje rasejava:

$$\Delta\lambda = 2\lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

gde je $\lambda_k = 2{,}43 \cdot 10^{-22}\ m$ tzv. komptonova talasna dužina. Ukoliko je ugao rasejavanja $\theta = 90°$, promena talasne dužine zračenja jednaka je komptonovoj talasnoj dužini:

$$2\lambda_k \sin^2 45° = 2\lambda_k \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2$$

i nezavisna je od talasne dužine zračenja. Relativna promena talasne dužine $\Delta\lambda/\lambda = \lambda_k/\lambda$ je veća za zračenje manjih talasnih dužina. Za vidljivu svetlost talasne dužine $\lambda = 500$ nm relativna promena talasne dužine iznosi $\Delta\lambda/\lambda = 0{,}486 \cdot 10^{-5}$, dok za λ-zrake talasne dužine $\lambda = 5$ pm $= 5 \cdot 10^{-3}$ nm relativna promena talasne dužine iznosi $\Delta\lambda/\lambda = 0{,}486$.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF 19 DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Karađorđe«, Topola, (Milomir Mladenović): Nenad Ristić 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192; Zoran Spasić 184, 185, 186, ;87, 188; Dejan Cvetinović 184, 185, 186, 187, 188; Tčtjana Vukmiš 184, 185, 186; Snežana Jovanović 184, 185, 186; Snežena Stevanović 184, 185, 186; Snežana Nikadijević 184, 185, 186; Zorica Milovanović 184, 185, 186; Svetlana Ivović 184, 185, 186; Radoslav Lugonjić 185, 186; Dejan Petrović 187, 188; Aleksandar Živanović 188; Milan Ješić 184, 185; Dejan Srećković 184, 185, 186; Mirko Mihailović 184, 185, 186; Olivera Ješić 184; Vesna Jelić 184; Nebojša Đorđević 184, 185; Zoran Nekić 186; (Živadinka Jevđić), Gordana Nikolić 184, 185, 186; Gorica Komnenović 184, 185, 186; Vesna Monojlović 184, 185, 186; Nada Stevnović 184, 185, 186; Saša Jeremić 187, 188; Danijela Nikolić 184, 185;

2. OŠ »Jovan Jovanović Zmaj«, Vranje (Biljana Barać): Suzana Stojilković 184, 185, 186; Ljiljana Aleksić 184, 185, 186; Slađana Marinković 184, 185; Ljubinka Stojanović 184, 185, 186; Violeta Jovanović 184, 185; Ljiljana Dimitrijević 184, 185; Milova Stojković 184, 185; Stojanka Petrović 184, 185; Milena Bogdanović 184, 185, 186; Dragan Babanoski 184, 185, 186; Stojka Petrović 184, 185; Sonja Jovanović 184, 185; Slađana Simonović 184, 185; Milkica Stojanović 184, 185; Blaža Bojkov 184, 185; Milovan Stojković 184, 185; Jugoslav Stojčić 184, 185; Danijela Krstić 184, 185; Vesna Dimitrijević 184; Goran Krstić 184, 185; Suzana Stojković 184, 185; Gordana Stošić 184, 185; Slavica Stošić 184, 185; Mikica Stevanović 1184, 185; Dušica Stojčenović 184, 185; Vesna Mitić 184, 185; Sonja Dodić 184, 185; Žaklina Veličković 184, 185; Zoran Spasić 184, 185; Dušan Jovanović 184, 185; Nebojša Pešić 184, 185; Cvetković Tatjana 184, 185; Danijela Arsovska 184, 185; Snežana Cvetković 184, 185; Predrag Milošević 184, 185; Saša Pantović 184, 185; Vesna Malinović 184, 185; Nebojša Milosavljević 184, 185; Slađan Stevanović 184, 185; Dragan Cvetković 184, 185; Jadranka Stevanović 184, 185; Slađan Stoilković 184, 185; Slađana Petrović 184, 185; Branislav Iilić 184, 185; Sunčica Janjić 184, 185; Boban Veličković 184, 185; Zoran Janković 184, 185;

3. OŠ »20 oktobar«, Novi Beograd (Antonić Irena): Jovanović Marina 184, 185, 186; Radonjić Nataša 184, 185; Jocić Tatjana 185, 184; Kovačević Tamara 184; (Vuković Miroslava): Arsić Snežana 184, 185, 186; Mačak Gordana 185 i 184.

4. OŠ »Milan Munjas«, Ub, (Nedić Živka): Vučićević Milan 184, 185, 186; Krsnić Milan 184, 185; Janković Snežana 188, Kuzmanović Snežana 185; Petrović Aleksandar 185; Marković Milica 185; Veselić Snežana 185; Dragičević Dragica 185.

5. OŠ »Živadin Apostolović«, Trstenik, (Savić Živko): Vučković Slađana 184, 185, 186, 187, 188, 189; Karović Nojan 184, 186, 187, 188; Marković Milan 186, 188, 189.

6. OŠ »Ćele-kula«, Niš, (Prvulović Jasmina): Cvetković Nataša 184, 185, 187, 188; Gugleta Vladan 191, 192; Đorđević Jasmina 185; Garčević Tamara 187.

7. OŠ »Staminir Veljković-Zele«, Bojnik, (Maksimović Blagoje): 184, 185, 186, 187, 188, 189; Krstić Dejan 184, 185, 186; (Milošević Raško): Mitić Nebojša 190, 191, 192.

8. OŠ »8. oktobar«, Vlasotince, (Đokić Mihajlo): Katić Srboljub 184, 185, 186; Stamenković Srđan 184, 185, 186; Marković Goran 184, 185.

9. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak, (Aćimović Rada): Sandić Dragana 187, 188, 189; Tošić Aksentije 187, 188; Radičević Gordana 184, 185, 186.

10. OŠ »Vuk Karadžić«, Vranje, (Đorđević Miodrag): Stanković Branislav 184, 185; Marković Dragan 184, 185.

11. OŠ »Kosta Dukić«, Mladenovac, (Milošević Slobodan): Gajević Veselin 184, 185, 186; Dragović Milan 184.

12. OŠ »Miroslav Jovanović Cerovac«, Vrčin, (Baričević Milan): Andrić Goran 187, 188; Kepić Srećko 184.

13. OŠ »Aca Aleksić«, Aleksandrovac, (Bekrić Anka): Marinković Ružica 184, 185; Petrović Jovica 185.

14. OŠ »Josip Broz Tito«, N. Beograd, (Stefanović Vitor): Iričanin Bratislav 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199.

15. OŠ »Dr A. Sabovljev«, Ečka, (Aleksić Emilija): Zivlaković Svetlana 185, 186, 187, 189.

16. OŠ »Oton Župančič«, Zemun, (Crnjanski Jelica): Spa;ojević Mirjana 190, 191, 192, 196.

17. OŠ »M. Kovačević«, Bačevci, (Pavićević Vidan): Obradović Slavica 187, 188; Josipović Ljubica 184; Vasić Miroslav 184, 185.

18. OŠ »Olga Milošević«, Smederevska Palanka, (Vukomanović Borivoje): Kabadajić Lidija 187, 188; Dimitrijević Goran 187.

19. OŠ »August Šenoa«, Zagreb, (Milan Žugić): Tomislav Kundić 184, 185, 186, 187, 188, 189;

20. OŠ »21 decembar«, Derventa (Miodrag Starčević): Svetozar Marinković 184, 185, 186, 187;

21. OŠ »Milan Milošević«, Mrčajevci, (Stojanka Milosavljević): Niljana Stanojlović 186; Duško Simović 187;

22. OŠ »I kongres USAOJ-a«, Bihać (Kerima Sitnić): Zoran Galin c84, 185, 186, 187;

23. OŠ »Branko Radičević«, Novi Beograd, (Vidosava Radić): Sonja Strugar 187, 188, 189;

24. OŠ »Heroj Sveta Mladenović«, Saraoci, (Miroslava Stevanovćć): Radiša Stanojević 184, 185, 186;

25. OŠ »Braća Jerković«, Železnik, (Drinka Zagorac): Predrag Starčević 184, 185, 186;

26. OŠ »Josip Pančić«, Baljevac na Ibru (Milan Zdravković): Nataša Zdravković 184, 185;

27. OŠ »Diša Atić«, Koceljevo, (Ljiljana Obradovćć): Ljiljana Dimitrijević 191, 190;

28. OŠ »Petar Vragolić«, Ljubovija, (Pavle Perić): Siniša Tomić 185, 186; Milovan Đorđević 187, 188;

29. OŠ »29 novembar«, Novi Šeher, (Aljo Mekić): Murada Klobodanović 184, 185;

30. OŠ »Mito Igumanović«, Kosjerić, (Ilija Jovanović): Duško Kuzović 187, 188;

31. OŠ »Živaoinka Divac«, Kragujevac, (Živadin Stojković): Saza Erić 184, 185;

32. OŠ »Zdravko Čelam«, Čelarevo, Duško Malešević 187;

33. OŠ »Milinko Kušić«, Bukovica kod Ivanjice (Zorica Bogićević): Dragan Luković 187;

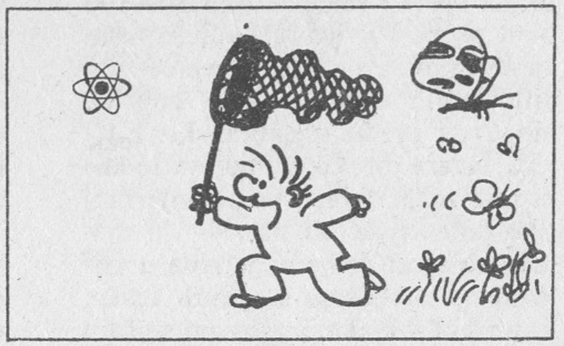
34. OŠ »Stevan Joksimović«, Rogačica (Vidak Pavićević): Dragica Leontijević 184;
35. OŠ »IV kraljevački bataljin«, Kraljevo (Radomir Stoimirović): Milosav Anđelić 188;
36. OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac (Miodrag Stevanović): Boban Jovanović 184;
37. OŠ »Boris Kidrič«, Matejevac, (Vukadin Ristić): Branko Radojlović 186;
38. OŠ »Nada Purić«, Valjevo, (Milić Ljiljana): Obradović Saša 184, 185;
39. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška, Kostić Milijana): Babić Golub 187, 188.
40. OŠ »Nada Naumović«, Badnjevac, (Karić Zlara): Stevanović Tanja 184, 185.

•

41. MŠ »Nadežda Vilimanović -Janković«, Čačak (Ljubinka Aleksić): Marina Paunović 197, 198, 199; Vera Srnić 197, 198, 199; Svetlana Marković 197, 198, 199; Dorjrn Milovanović 197, 198, 199;
»Arhitektonsko-tehnička škola«, Beograd (Vojislav Živrnović) Kostić Dejan 197, 198, 199; Katarina Marinković 197, 198, 199;
»Ekonomsko obrazovni centar«, Čačak (Ljubinka Aleksić): Gordana Raičević 196;
»Predrag Kostić«, Pirot (Ljubivoje Danković): Dušan Kovačević 197, 199;

NOVO I JEDINSTVENO!

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



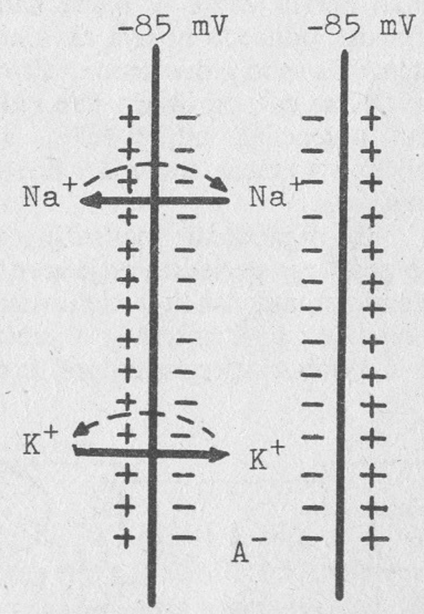
AKCIONI POTENCIJALI NERVNIH ĆELIJA

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

U jednom od prošlih brojeva (MF, 19) govorili smo o električnoj aktivnosti biljaka i tom prilikom napomenuli da se sa sličnom pojavom srećemo i kod nervnih i mišićnih ćelija životinja i čoveka. Ovi procesi su ustvari, prvo bili i uočeni i ispitivani na životinjskim objektima — analogija sa biljkama utvrđena je tek kasnije.

Bioelektrični potencijali, koji se javljaju kao posledica nejednake koncentracije jona na ćelijskoj membrani nervne i mišićne ćelije su tesno povezani sa osobinom *nadražljivosti* ovih ćelija, primanjem i prenosom informacija duž nervnog vlakna, kao i prijemom i prenosom uputstva za izvođenje određene aktivnosti mišićnog vlakna. A sama osobina nadražljivosti, kao sposobnost specifične reakcije na spoljašnji nadražaj, jedna je od bitnih karakteristika živog sveta uopšte.

Danas se smatra da potencijalna razlika na membrani nervne ćelije (granici »ćelija — spoljašnja sredina«) u stanju ne-nadražljivosti (tzv. *stanje mirovanja*) nastaje iz dva razloga: a) kao posledica postojanja difuzionog potencijala, usled pasivnog kretanja jona u cilju izjednačavanja koncentracija s jedne jedne i druge strane membrane, i b) kao posledica rada nekog hipotetičtetičkog aktivnog transportnog sistema, tzv. »*jonske pumpe*«, koja tera jone da prelaze membranu, nasuprot razlici u koncentraciji i naelektrisanju (vidi sl. 1).



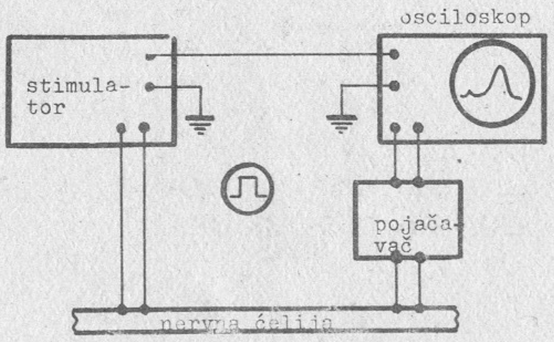
Slika 1

Kod nervnih i mišićnih ćelija, glavni jon koji se unosi u ćeliju je jon kalijuma (K^-), dok je jon koji se izbacuje iz ćelije natrijumov jon (Na^-) — u stanju mirovanja, mem-

brana nervne ćelije je oko 50—100 puta propustljivija za kalijum nego za natrijum. To, uz prisustvo nedifuzibilnih anjona (A^-), koji ne mogu da pređu membransku barjeru, stvara jonsku neravnotežu, koja ima za posledicu postojanje razlike potencijala od oko — 85 mV (unutrašnjost ćelije negativna u odnosu na spoljašnju sredinu). Inače, kao i kod biljaka, i u ovom slučaju se potencijal mirovanja može, sa manjom ili većom tačnošću, da predstavi pomoću Goldman-Hočkin-Hakslijeve jednačine, a aparatura za njegovo registrovanje je u principu ista kao za registrovanje bioelektričnih potencijala na biljnim ćelijama (vidi MF, 19).

Međutim, kako smo već napomenuli, ono što je bitna karakteristika nervne ćelije je njena nadražljivost, odnosno pojava akcionih potencijala pod određenim uslovima. Oni su sličnog oblika kao i akcioni potencijali biljne ćelije, ali različitog vremena trajanja i brzine prostiranja

U organizmu, nadražljivost kao pojava je posledica prijema određenog stimulansa u receptorima. Nervna ćelija izdvojena iz organizma u svrhu eksperimentalnog pro-



Slika 2: Uređaj za stimulaciju i registrovanje akcionog potencijala kod nervnih ćelija

učavanja, međutim, gubi ovaj prirodni izvor pobuđivanja i mora se nadražiti veštačkim putem — stimulusom mehaničkog, hemijskog ili termičkog porekla. Kao i kod biljaka, najčešće se vrši stimulisanje pomoću električne struje (tzv. *elektrostimulacija*) i to u ovom slučaju iz više razloga: prvo, električna struja je siguran izvor nadražaja, zatim, pravilno dozirana ona ne oštećuje nervnu ćeliju i najzad, nervni impuls se kroz nervno vlakno u organizmu i prostire kao električni impuls. Na sl. 2 je prikazan uređaj za stimulaciju i registrovanje akcionog potencijala kod nervnih ćelija.

Pretpostavlja se da spoljašnje delovanje strujom na nervnu ćeliju, izaziva nagli porast propustljivosti membrane za jone natrijuma (faza *depolarizacije*), praćen brzim i ponovnim uspostavljanjem veće propustljivosti za jon kalijuma (faza *repolarizacije*). Karakteristično je da se pobuđivanje nervne ćelije tj. generisanje akcionog potencijala odvija po zakonu »*sve ili ništa*«, odnosno da je potrebno da spoljašnji stimulus bilo koje vrste dostigne određenu jačinu (tzv. *prag dejstva*«) da bi uopšte došlo do specifične reakcije ćelije tj. odgovora na stimulus. Ako se jačina stimulusa dalje po većava, iznad praga, odgovor bez obzira na to ostaje isti tj. amplituda akcionog potencijala se ne menja, kao ni brzina njegovog prostiranja duž ćelije. Prosečna amplituda akcionog potencijala nervne ćelije krekreće se oko 100 mV, dok sam akcioni potencijal traje svega par milisekunde, što je mnogo kraće nego u slučaju biljne ćelije.

Brzina prostiranja akcionog potencijala, odnosno nervnog impulsa duž nervnog vlakna zavisi od

debljine vlakna i njegove funkcije u organizmu i kreće se od 0,5 do 120 m/s, pri čemu je brzina veća u debljim vlaknima i obratno.

Obzirom na svoju ulogu — prenos informacije duž nervnog vlakna, od spoljašnje sredine do centralnog nervnog sistema i prenos njegovog odgovora na spoljašnji nadražaj do određenog izvršioca odgovora — akcioni potencijali kod životinja, posebno potencijali nervnih ćelija su predmet brojnih istraživanja. Međutim, i danas mnoga pitanja u ovoj oblasti ostaju nerešena.

Termin »akcioni potencijal« prvi je u elektrofiziologiju uveo poznati naučnik Di Boa Rejmond (Du Bois Raymond), krajem 19. veka.

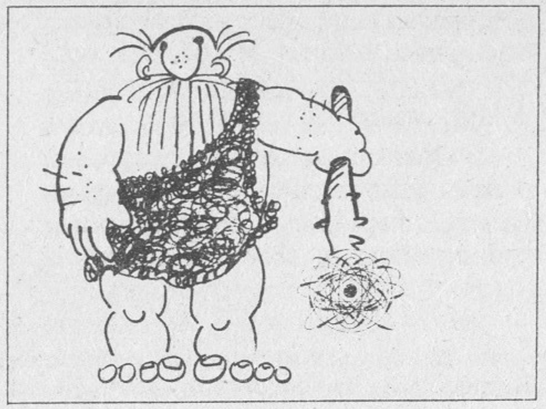
*

Prva merenja brzine prostiranja nervnog impulsa izvršio je još Helmholc, 1852. godine, na nervno-mišićnom preparatu žabe. 1937. godine, dva američka naučnika, Erlanger i Gaser, izmerili su brzine prostiranja nervnog impulsa kod različitih vlakana kičmenjaka.

UČENICI!

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

IZ ISTORIJE



ODLOMCI IZ AUTOBIOGRAFIJE MILUTINA MILANKOVIĆA

O HEMIJI

U četvrtom i u svima ostalim razredima realke učila se hemija, pa sam se za nju, kao za svaku novu stvar, živo zainteresovao. Zato sam, u ime božićnja poklona, poručio iz Beča razne sprave za hemijske opite, retorte, »kruške«, epruvete, pneumatsku kadu i razru drugu staklariju, pa tronožac, stalke, grejanje sa špiritusom i još štošta. Malo sopče prvog sprata koje je služilo za umivaonicu, a bilo patosano ciglom, preudesio sam u hemijsku laboratoriju i za vreme Božića otpočeo u njoj da ozbiljno radim. Uspeo sam da izlučim vodonik i kiseonik i vršim njima one eksperimente koje nam je naš profesor pokazao. Kada se vratih u školu, naši dobri profesor hemije razbole se, propljuva krv i ubrzo iza toga umire na moju veliku žalost. Kod njegova naslednika učili smo hemiju samo iz knjige, jednog austrijskog udžbenika; profesor nije pred nama vršio nikakve eksperimente, pa se moja hemijska laboratorija, u kojoj sam se uvežbavao u destilisanju alkohola, pretvori u fabriku likera.

O MATEMATICI

Pričao sam već kako me u nižim razredima realke matematika nije baš ništa zanimala. U prva tri razreda učili smo samo numerički račun, aritmetiku, koji se završavao pravilom trojnim. Sve je to bilo neinteresantno i toliko jednostavno da se nije moralo ni da uči, razumevalo se samo po sebi. A taj predmet predavao nam je naš profesor fizike. Smatrao je za svoj glavni zadatak da svakoga đaka nauči bar za »dovoljno«. Zato se cele godine bavio samo dvojkašima, da bi ih uzdigao do te visine; bolje đake ispitivao bi ređe, a mene skoro nikada. Zato se nisam brinuo za njegov predmet, a domaće sastave, koje mi profesor nije nikada pregledavao, radio bih samo za to da ih moji drugovi prepišu pre ili za vreme časa, pa da ih pokažu profesoru kada ih prozove pred tablu.

Stara tradicija osečke, a, mislim, i svih ostalih realki u zemlji, bila je da u četvrtom razredu matematiku predaje sam direktor. U tom razredu počinjalo se učenjem algebre, pa je direktorima, koji su uvek bili stručni matematičari, poveravana čast da đake uvedu u oblast te nauke.

Kad stigoh u četvrti razred, dođe nam za novog direktora Franja Divić, matematičar od struke. Baš te godine publikovao je na nemačkom jeziku svoju raspravu o osnovnim računskim operacijama opštim brojevima. Ona mu posluži kao uvod u predavanja matematike koja nam je držao. Upotrebio je nekoliko časova dok nam je, sedeći za svojom katedrom, saopštio njen sadržaj. Za vreme svog predavanja gledao mi je pravo u oči, već zbog toga što

sam sedeo u prvoj klupi, baš ispred same katedre. a možda sam mu i izgledao inteligentniji od mojih drugova, a valjda je i čuo da sam prvi đak u razredu. Njegovim pogledom, uprtim u mene, bio sam prinuđen da ga pažljivo slušam. Kada je svoja uvodna predavanja završio, pozva me pred tablu. I ja počeh da pričam sve što sam iz njegovih predavanja shvatio i zapamtio. On me nije prekidao, već me pažljivo slušao kao lekar što sluša bolesnika kada mu ovaj priča svoju istoriju. Tako je to išlo pun čas. Kada, naposletku, završih i ispričah sve što sam znao, on me samo zapita kakvu sam ocenu omao dotle iz matematike. »Veoma dobru!« odgovorih mu pun ponosa, a on na to reče: »Vrlo me čudi!«

Pretrnuh na te reči, a on ponovi: »Čudi me, zaista, jer si ti izvanredna matematičarska glava, kakvu još nisam sreo u svojoj nastavničkoj praksi.«

Nehotice, valjda od čuda, uhvatih se za glavu, a ceo razred prsnu u smeh.

Ali direktor osta pri svome sudu, a kada se završi semestar, dade mi najvišu ocenu Taj uspeh omili mi matematičku nauku.

Isti uspeh i zadovoljstvo našao sam i u novom predmetu, deskriptivnoj geometriji, koji se učio u četiri najviša razreda realke. Taj predmet predavao nam je naš bivši razredni starešina Matić, odličan predavač i izvanredno dobar čovek.

Deskriptivna geometrija je za svakoga koji ima dobru prostornu predodžbu najlakši predmet što ga može biti; ona je, da se tako izrazim, opipljiva. Zato sam je učio sa lakoćom i zadovoljstvom i time pričinjavao uživanja i svome profesoru, koji me je zavoleo već od prvog razreda.

No tek što sam počeo da se razvijam u dobrog matematičara i geometra, umalo se ne zaparložih. Drugoga semestra Divić nam ne dođe više na čas. Doznadosmo da se razboleo i otišao na lečenje na ostrvo Lošinj, a uskoro dođe vest da je onde umro. Osetih se siroče. Za profesora matematike vrati nam se opet naš fizičar da bi se iz dana u dan baktao samo sa glupanima. Časovi matematike izgubiše svaku zanimljivost.

*

U realci se u međuvremenu pojavila nova zvezda, jedan mladi, tek 28-godišnji nastavnik, doktor filozofije, matematičar. Zvao se Vladimir Varićak, bio je Srbin, sin austrijskog oficira. Lep čovek, a stidljiv kao devojka, dopao se svima osečkim Srpkinjama, udavačama, no on se oženi Hrtavicom, ali izrodi sa njom četiri kršna pravoslavca.

Četiri godine bio je Varićak profesor osečke realke, od petoga razreda pa do mature profesor matematike u našem razredu, a pri kraju i njegov starešina. Zateče me rasejanog, fantastu i romantičara, odularenog od ozbiljne studije. No kao što je Kolumbo ponovo

Milutin Milanković

otkrio, i pre njega pronađenu Ameriku, tako je Varićak otkrio moje sposobnosti za egzaktnu nauku. Poče da neguje tu slabačku biljku i da je razvija u stablo, izvede me na put kojim sam kasnije u životu koračao i osposobi me da savladam sve prepreke na tome putu. To je učinio na ovaj način. Koristeći se mojim brzim shvatanjem, upotrebljavaše ga i pri učenju ostalih učenika. Kada je imao da ih nauči nečemu novom, prozvao bi mene pred tablu, postavio mi taj novi problem i rekao mi da ga formulišem svojim rečima. Iz moga odgovora video je odmah da li sam ga dobro i precizno shvatio. Time me, pre svega, naučio da egzaktno mislim i jasno se izražavam. Pri rešavanju problema pustio bi me da sam mučim i strpljivo bi čekao da dođem do rešenja. Tek onda bi mi kazao da li se do njega može doći kojim kraćim putem, a ako ga nisam mogao odmah uočiti, stavio bi mi to u domaći zadatak. Na taj način razvijao je moju matematičku dovitljivost i vaspitavao bi me i u njenoj eleganciji. Istrebio je svu moju brzopletost i aljkavost, zabranio mi da se pri rešavanju zadataka služim olovkom, zahtevao je da ih perom kaligrafišem, da sve dobro promislim pre no što bacim na hartiju, da mi svaki sastav izgleda kao da je za štampu. Svaku moju računsku grešku smatrao je za slabost karaktera i rekao mi da mi neće dati ocenu »izvrstan« dogod ne postanem bezgrešan. Kada sam to postigao, počeo je da me sprema za predavača i samouka, davao bi mi da iz knjige spremim iduće predavanje i da ga pred đacima održim. Iskreno se radovao kada sam pri takvom predavanju pokazao i svoju individualnost. Kod njega sam stekao solidna znanja, potrebne samokritike i poletna samopouzdanja.

U toj tišini bavio bih se do mile volje matematikom, rešavajući sve teže i teže matematičke i geometrijske probleme da bih se time dobro pripremio za pismeni ispit mature. U tome cilju nabavio sam sve tri sveske nemački napisane Valentinove (Wallentin) zbirke matematičkih zadataka, kakvi su se u ono doba davali na maturama Austrije. Rešavao sam sa velikim zadovoljstvom te zadatke, jer su bili teži i interesantniji no oni što bi se nalazili u srednjoškolskim udžbenicima. Za te svoje vežbe upotrebljavao sam lepu žućkastu hartiju mog nekadašnjeg herbarijuma, koja je ostala neupotrebljena. Među svojim starim hartijama pronađoh nedavno takvu jednu vežbanku, a u njoj pedeset izrađenih zadataka. Nisam je uništio zbog toga da posluži kao dokaz visokog stepena matematičke nastave u nekadanjim austrijskim srednjim školama. Danas bi se među našim srednjoškolskim nastavnicima našlo njih malo koji bi bili u stanju da reše sve zadatke te moje vežbanke.

U sedmome razredu realke učili smo vrlo temeljito i sfernu trigonometriju sa njenim primenama u astronomiji. Za takve primene nisu mi pružale dovoljnu tačnost petodecimalne logaritamske tablice kakve su se upotrebljavale u srednjoj školi. Kaa mi ujka Vasa reče da su se za vreme njegova školovanja upotrebljavale Vegine tablice sa sedam decimala, a ja se zainteresovah za njih, ujka pojuri na tavan svoje kuće, i, posle dugog i mučnog traženja, nađe svoje stare tablice i donese ih meni, sav srećan što je ispunio moju želju.

Odabrao: **Draško Grujić**

POKUŠAJTE

ANALIZA GREŠAKA KOD REŠAVANJA JEDNOG ZADATKA SA TAKMIČENJA

BOŽIDAR MILIĆ (Beograd)

Nedavno je održano jubilarno, dvadeseto Republičko takmičenje iz fizike za učenike srednjih škola sa uže teritorije SR Srbije (Beograd, 10. maj 1981. godine). Takmičarima-učenicima II. razreda bio je, između ostalih, postavljen i sledeći zadatak:

Kolika bi trebalo da bude brzina elektrona da bi njegova de Broljeva talasna dužina bila jednaka de Broljevoj talasnoj dužini protona čija brzina iznosi 1% *brzine svetlosti*?

Zadatak je tačno rešilo samo oko 10% svih učesnika ove takmičarske grupe, iako su praktično svi pokušali da ga reše. Mnoge od načinjenih grešaka nisu samo numeričke prirode već imaju izvestan principijelni karakter. Stoga verujemo da bi analiza tih grešaka mogla biti poučna za svakog ko se interesuje za fiziku i želi da zaista razume njene zakonitosti.

Pogledajmo najpre kako izgleda tačno rešenje zadatka. Za de Broljevu talasnu dužinu se u udžbeniku za II razred ZO SUO (str. 109, »De Broljova formula«) navode izrazi:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v}. \qquad (1)$$

Kako je brzina kretanja protona samo stoti deo brzine svetlosti, kod računanja njegove de Broljove talasne dužine se za impuls čestice može pisati

$$p_p = m_p v_p = m_p c/100$$

gde je m_p masa mirovanja protona. Dakle

$$\lambda_p = \frac{h}{p_p} = \frac{100\,h}{m_{p0}\,C}. \qquad (2)$$

Numerička vrednost ove talasne dužine nije bila tražena u zadatku niti je bitna za njegovo dalje rešavanje (iako su je mnogi učesnici izračunali). Zbog mnogo manje mase mirovanja, elektron čija bi talasna dužina bila jednaka vrednosti izraženoj formulom (2) biće najverovatnije relativistički, tako da se njegov impuls mora izraziti formulom sa str. 63 udžbenika za I razred ZO SUO. Označivši njegovu za sad nepoznatu brzinu sa v_e, prema formuli (1) pišemo:

$$\lambda_e = \frac{h\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}}}{m_{e0}\,v_e}, \qquad (3)$$

gde je m_e masa mirovanja elektrona (uporedi sa zadatkom 3.19. Priručnika iz fizike za II razred ZO SUO). Postavljeni zadatak zahteva da bude $\lambda_p = \lambda_e$. Izjednačavajući međusobno desne strane izraza (2) i (3) i uzimajući u obzir da je $m_{p0}/m_{e0} = 1840$, dobijamo

$$\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}} = \frac{2}{18{,}4}\,\frac{v_e}{c}. \qquad (4)$$

Kvadriranjem, eksplicitnim rešavanjem po $(v_e/c)^2$ i vađenjem kvadratnog korena izlazi

$$\frac{v_e}{c}=\frac{18{,}4}{\sqrt{18{,}4^2+1}}\approx 0{,}998 \qquad (5)$$

Stavljajući $c=3\cdot 10^8$ m/s, dobilo bi se $v_e=2{,}99\cdot 10^5$ m/s. Reč je, dakle, o elektronu čija se brzina vrlo malo razlikuje od brzine svetlosti (tzv. ultrarelativistički elektron).

Navedimo sad najinteresantnije greške koje su načinili učesnici takmičenja.

1) Izvestan broj učesnika (dominantna većina onih koji su zadatak pokušali da reše ali nisu uspeli) primenjuje formulu (1) tako da za obe čestice stavlja mase mirovanja. Umesto jednačine (4) oni tako dobijaju

$$m_{e0}\,v_e=m_{p0}\,v_p, \quad \text{tj.} \quad \frac{v_e}{c}=\frac{1}{100}\,\frac{m_{p0}}{m_{e0}}. \qquad (6)$$

Odavde, sa istim numeričkim vrednostima za c i m_{po}/m_{eo} kao gore, ovi učesnici takmičenja pišu:

$$\frac{v_e}{c}=18{,}4. \qquad v_e=55{,}2\cdot 10^8\ m/s \qquad (7)$$

što je ne samo za $\sqrt{18{,}4^2+1}$ puta veće od tačnog rezultata (5), već je znatno veće od brzine svetlosti, tako da je i fizički apsurdno. Otprilike polovina od ukupnog broja učesnika sa ovom greškom *nije primetila fizičku apsurdnost takvog rezultata*. Ti učesnici su prosto naveli jednačine (7) bez ikakvog komentara, smatrajući da je zadatak rešen. Bilo je, ipak, i dosta učesnika koji su primetili da je rezultat (7) fizički nemoguć i to su napisali, ali su iz toga izvukli pogrešan zaključak. Njihov komentar glasi otprilike ovako: »Pošto je za brzinu kretanja elektrona dobijena vrednost veća od brzine svetlosti, a to je nemoguće po teoriji relativiteta, znači da se elektron ne može ni pod kojim uslovima kretati tako da njegova de Broljeva talasna dužina bude jednaka odgovarajućoć veličini za proton brzine 0,01 c . Po svemu sudeći, ovde se srećemo sa učesnicima koji još *nisu dovoljno svesni ograničenog opsega primenljivosti većine fizičkih formula i potrebe da se formula koriguje ako računanje po njoj dovodi do apsurdnog rezultata.*

2) Bilo je učesnika koji su rešavanje zadatka započeli prema jednačinama (6) i (7), tj. bez relativističke korekcije za impuls elektrona, uočili da se dobija fizički nelogičan rezultat i da je, stoga, potrebno primeniti relativističke formule, ali su takve formule *primenili za obe čestice*, ne osvrćući se na činjenicu da proton ima vrlo malu brzinu u poređenju sa c i da je za tu česticu relativistička korekcija nepotrebna. Izražavajući de Broljevu talasnu dužinu protona po analogiji sa jednačinom (3), ovi učesnici umesto jednačine (4) pišu:

$$\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}}=\frac{1}{18{,}4}\,\frac{v_e}{c}\sqrt{1-\frac{v_p^2}{c^2}}=$$

$$=\frac{1}{18{,}4}\sqrt{1-10^{-4}}\,\frac{v_e}{c}. \qquad (8)$$

Odavde, posle transformacija analognih onima koje od jednačine (4) vode ka jednačini (5), oni umesto (5) dobijaju:

$$\frac{v_e}{c}=\frac{18{,}4}{\sqrt{18{,}4^2+1-10^{-4}}}. \qquad (9)$$

što se od rezultata (5) razlikuje tek na sedmoj decimali (proveri!). Kod ovakvog rešavanja nije, naravno, reč o greškama u rezonovanju, ali je *tačnost rezultata besmisleno uvećana*, što je takođe greška za koju nema fizičkog opravdanja. *Fizičke formule odražavaju realnost prirode samo približno sa onolikom tačnošću sa kojom su instrumenti korišćeni pri ustanovljavanju fizičkog zakona bili u stanju da izmere fizičke veličine.* Sličnu grešku previšenja tačnosti rezultata načinili su učesnici koji su uzimali $c=2{,}99792\cdot 10^3$ m/s ili $m_{po}/m_{eo}=$ $=1837{,}048$ a i svi oni koji su svoje krajnje rezultate izražavali sa pet i više decimala.

3) Vrlo interesantna greška je primećena u radovima izvesnog manjeg broja učesnika (oko 5—6). Kod računanja de Broljeve talasne dužine oni primenjuju formulu

$$\lambda=\frac{h}{\sqrt{2\,m\,E_k}} \qquad (10)$$

dobijaju rezultat (7), uočavaju potrebu relativističke korekcije za elektron i u

tom cilju kombinuju (10) sa relativističkom formulom za kinetičku energiju elektrona:

$$E_k=m_{e0}\,c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}}}-1\right), \qquad (11)$$

smatrajući da u (10) m označava masu mirovanja čestice. Uslov zadatka $\lambda_p=\lambda_e$ oni, tako, svode na jednačinu

$$m_{p0}\,v_p=\sqrt{2\,m_{e0}^2\,c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}}}-1\right)},$$

i umesto (4) pišu:

$$\sqrt{2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_e^2}{c^2}}}-1\right)}=18{,}4. \qquad (12)$$

Posle kvadriranja ove jednačine, sređivanja, još jednog kvadriranja i eksplicitnog rešavanja po v_e, na kraju dobijaju:

$$\frac{v_e}{c}=\sqrt{1-\left(1+\frac{1}{2}\cdot 18{,}4^2\right)}. \qquad (13)$$

Ovaj rezultat je *imaginaran broj*, što navodi ove učesnike na zaključak da postavljeni problem nema rešenja, tj. da elektron ni pri kakvoj brzini ne može imati de Broljevu talasnu dužinu kao proton brzine 0,01 c. Greška je ovde učinjena već u polaznoj formuli (10). Upoređivanjem sa formulom (1) se vidi da je pri pisanju te formule za impuls čestice stavljeno $p=$ $=\sqrt{2mE_k}$, što važi *samo u nerealitivističkom slučaju* kad je $E=1/2\ mv^2$ i nije primenljivo u relativističkom slučaju, tj. u kombinaciji sa formulom (11). U ovom poslednjem slučaju veza između impulsa i kinetičke energije ima složeniji oblik:

$$p=\sqrt{2\,m_0\,E_k+\frac{E_k^2}{c^2}} \qquad (14)$$

koji se može dobiti kad se brzina čestice eliminiše iz jednačine (11) i formule za impuls iskorišćene kod pisanja jednačine (3). Dakle, kod učesnika koji su došli do rezultata (13) je reč o *neadekvatnoj primeni jedne fizičke formlue* ($p=\sqrt{2mE_k}$) *izvan njene oblasti primenljivosti*. To je greška istog tipa kao ona koja bi bila načinjena kad bi se smatralo da se iz $E=$ $=1/2\ mv^2$ pomoću $m=m_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$ može dobiti relativistički izraz za kinetičku energiju. Rezultat takvog »kombinovanja« formula je očigledno potpuno različit od jednačine (11) i svakako nije tačan.

4) Primetimo, na kraju, da je u 2—3 slučaja pri rešavanju postavljenog zadatka bila nekritički primenjena formula

$$\lambda=\frac{h}{\sqrt{2\,m_e\,eV}} \qquad (15)$$

(str. 110 udžbenika za II razred ZO SUO). Ona se odnosi na de Broljevu talasnu dužinu elektrona koji je ubrzan prolaskom kroz razliku potencijala V, ali još uvek ima srazmerno malu brzinu u odnosu na c. Naime, prolaskom kroz razliku potencijala V elektron stiče kinetičku energiju $E_k=eV$ (ovo važi i u nerelativističkom i relativističkom slučaju), ali će impuls elektrona biti dat imeniocem formule (15) samo u nerelativističkom slučaju, kao što je rečeno u prethodnom. *Grubom omaškom* su učesnici koji su koristili formulu (15) uzeli da V u njoj predstavlja *brzinu* elektrona. Fizika operiše sa znatno većim brojem pojmova nego što ima slova u latinskoj i grčkoj azbuci, pa je neizbežno da se sasvim različite veličine označavaju istim slovom, o čemu ovi učesnici nisu dovoljno poveli računa.

MERENJE TALASNE DUŽINE SVETLOSTI

VOJISLAV ŽIVANOVIĆ (Beograd)

Pošto je teorijska obrada i princip merenja dat u drugoj literaturi, ovde će biti govora o jednom jednostavnom postupku koji može da ostvari svaka srednjoškolska laboratorija.

Za ovo merenje potreban je sledeći **pribor:** Difrakciona rešetka, dijaprojektor, prazan ram za slajdove, čelični metar, i tabak milimetarske hartije.

Za merenje talasnih dužina pojedinih boja svetlosti korišćen je kontinuiran spektar prvog i drugog reda koji je dobijen na sledeći način:

Izvor svetlosti bila je sijalica dijaprojektora. U prostor za dijapozitive stavljen je ram sa uzanim otvorom za prolaz svetlosti. Prorez je napravljen pomoću dva zatamljena filma na bliskom odstojanju koji su spakovani u ram dijapozitiva.

Na objektiv dijaprojektora stavlja se difrakciona rešetka. Korišćen je snimak difrakcione rešetke na dijapozitivu koji ima 5275 zareza po cm.

Dijaprojektor je namešten normalno na zaklon (zid) na kome je zalepljena milimetarska hartija. Radi dobijanja jasnije slike na zaklonu, prostorija je bila zamračena.

Merenje je vršeno za ljubičastu, zelenu i narandžastu boju u spektru prvog reda i zelenu boju u spektru drugog reda. Čeličnim metrom su izmerene veličine (f), dok je vrednost (b) čitana na milimetarskoj hartiji.

Za pojedine boje dobijeni su rezultati u spektru I reda:

Ljubičasta

1. $b = (150 \pm 1)$ mm.
2. $f = (650 \pm 1)$ mm.

Zelena

1. $b = (186 \pm 1)$ mm.
2. $f = (650 \pm 1)$ mm.

Narandžasta

1. $b = (235 \pm 1)$ mm.
2. $f = (650 \pm 1)$ mm.

U spekrtu drugog reda ove veličine imaju vrednosti:

Zelena

1. $b = (455 \pm 1)$ mm.
2. $f = (650 \pm 1)$ mm.

Za određivanje talasnih dužina korišćen je izraz:

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

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin\alpha}{n},$$

gde je: d— konstanta difrakcione rešetke, i obrnuto je srazmerna broju zareza po centimetru (N);

n— pokazuje kojeg je reda spektar;

ρ— talasna dužina svetlosti.

Sa slike se vidi:

$$\sin\alpha = \frac{b}{a} = \frac{b}{\sqrt{g+f^2}}.$$

Za ljubičastu boju dobijamo:

$b = 150$ mm

$f = 650$ mm

$n = 1$

$$N = \frac{1}{d} = 5276\ \text{cm}^{-1}$$

$$a = \sqrt{b^2+f^2} = \sqrt{(150\ \text{mm})^2 + (650\ \text{mm})^2} = 647{,}54\ \text{mm}$$

$$\sin\alpha = \frac{150\ \text{mm}}{674{,}54\ \text{mm}} = 0{,}222$$

Greške pri merenju nastaju zbog merenja dužina (a), (b) i (f). Kod svih ovih veličina greška je 1 mm. Greška se računa po obrascu:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta f}{f}$$

Na kraju sve rezultate svrstaćemo u tablicu.

	Boja svetlosti	red lika	dužina	dužina	dužina	sin α	telesna dužina	tabl. tal. dužina
		n	f	b	a		$\lambda \pm \Delta\lambda$	λ
			mm	mm	mm		nm	nm
1	ljubičasta	1	650	150	675,54	0,222	421,5±4,2	330—440
2	zelena	1	650	186	676,09	0,275	521,4±4,4	510—560
3	zelena	2	650	455	793,42	0,573	543,5±2,7	510—660
4	narandža.	1	650	235	691,21	0,340	644,4±4,7	610—660

FUKOOVO KLATNO

V. BABOVIĆ i B. ČABRIĆ (Kragujevac)

Početkom 1851. godine, francuski fizičar L. Fuko uspeo je da pomoću matematičkog klatna dokaže rotiranje Zemlje.

Po svojoj dubini i jednostavnosti, ovaj eksperiment je sličan poznatom Eratostenovom postupku premeravanja Zemlje. I mada je to jednim delom stvar ličnog ukusa, čini nam se da nije lako navesti još koji primer opita koji je sa toliko elegancije rešavao neko krupno pitanje nauke.

Pred Fukoovim klatnom i njegovom »upornom devijacijom« od onog što bi očekivala »zdrava« logika običnog posmatrača, ostajemo iskreno impresionirani, bez obzira da li prizoru prisustvujemo kao stručnjaci ili kao turisti.

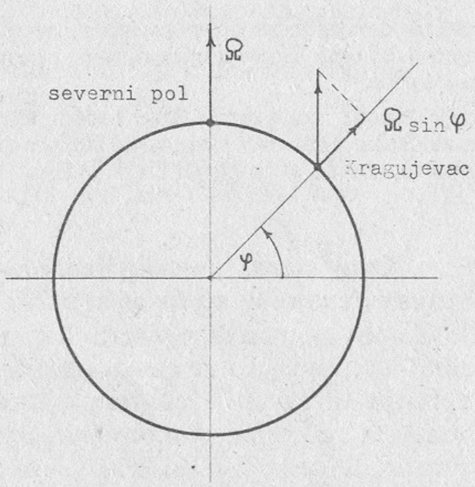
Pedagoška snaga Fukoovog eksperimenta je takođe neosporna. Rukovođeni tom mišlju, napravili smo u kragujevačkom Institutu za fiziku Fukoovo klatno, sa željom da učenicima i studentima omogućimo da ga vide, što su oni do sada mogli činiti jedino na raznim ekskurzijama u inostranatvu.

Fukoovo klatno se sastoji od jedne masivne kugle koja visi na dugoj niti pričvršćenoj za neku visoku nepokretnu tačku. Kugla se može klatiti u određenoj vertikalnoj ravni. U toku klaćenja primećujemo da se ravan klaćenja pomera u odnosu na neki pravac koji smo uočili na površini Zemlje.

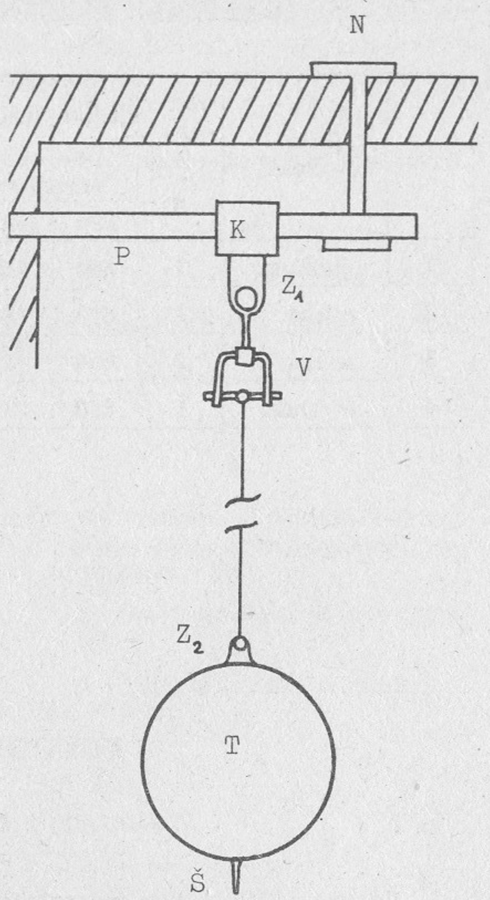
Ovaj efekat je uslovljen obrtanjem Zemlje. Sile privlačenja kugle Zemljom i zatezanja niti leže u ravni oscilovanja i ne mogu izazvati rotaciju te ravni. Međutim, rotira zemljina površina, s njom i zadati pravac, te se stalno povećava ugao između tog pravca i ravni oscilovanja. Ovakvu situaciju bi video po-

smatrač koji nije na Zemlji, već je u nekom inercijalnom sistemu vezanom za zvezde. Posmatrač koji je na Zemlji i želi da pojavu objasni u svom sistemu koordinata koji se vrti zajedno sa Zemljom, učiniće to pomoću Koriolisove sile. Ona deluje normalno na ravan klaćenja i primorava kuglu da uvek udesno razmine položaj ravnoteže klatna (na severnoj polulopti Zemlje; skretanje na južnoj polulopti bi bilo ulevo), te se samim tim i ispoljava efekat o kojem je reč.

Na samom polu, ravan oscilovanja zadržava stalan položaj u odnosu na sistem vezan za zvezde. Zato bi posmatrač na polu video da je ugaona brzina okretanja ravni oscilovanja ista po veličini kao i ugao-ugaona brzina obrtanja Zemlje, ali suprotno usmerena. Na nekoj geografskoj širini $\varphi \neq 90°$, ravan oscilovanja klatna nije više nepokretna u sistemu vezanom za zvezde, jer ta ravan prolazi kroz tačku vešanja. Zato i sama ravan jednim delom učestvuje u rotiranju Zemlje, što smanjuje Fukoov efekat. Situacija je predstavljena na slici 1. Vektor $\vec{\Omega}$



Slika 1



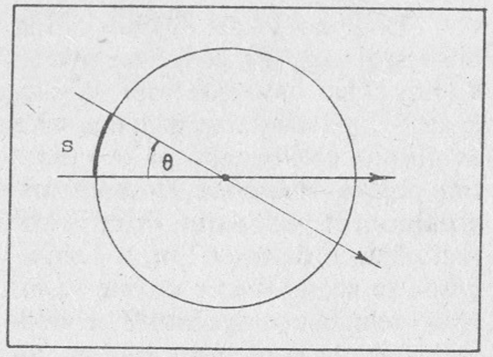
Slika 2

označava ugaonu brzinu obrtanja Zemlje oko svoje ose. Na nekoj geografskoj širini φ, na primer u Kragujevcu, jedino komponenta $\Omega \sin \varphi$ određuje pomeranje ravni oscilovanja u odnosu na površinu zemlje u podnožju klatna. To je lako shvatljivo kad se primeti da veličina $\Omega \sin \varphi$ u Kragujevcu igra istu ulogu koju ima veličina Ω na polu (gledaj sliku). Komponenta ugaone brzine $\Omega \cos \varphi$ uslovljava rotiranje ravni oscilovanja, ali u odnosu na inercijalni sistem vezan za zvezde, što nas trenutno ne interesuje. Prema tome, posle vremena t posmatrač

na Zemlji će primetiti da ravan oscilovanja klatna zahvata ugao θ sa prvobitnim pravcem i taj se ugao nalazi iz relacije

$$\theta = \Omega t \sin \varphi. \qquad (1)$$

Odavde vidimo da bi na polu ($\theta = +90°$) bilo $\theta = \Omega t$, dok je na polutaru uvek $\theta = 0$, jer je tamo $\varphi = 0$. Fukoov efekat je lakše uočiti na većim geografskim širinama.



Slika 3

Na slici 2 prikazali smo Fukoovo klatno realizovano u Institutu za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu. Za glavni nosač konstrukcije N spojena je horizontalna poluga P duž koje može da se pomera klizač K u cilju podešavanja ravnotežnog položaja klatna u horizontalnoj ravni. Tačka vešanja realizovana je pomoću jednog mehanizma koji dopušta slobodno obrtanje u horizontalnoj ravni. Ovaj mehanizam je preko zgloba Z_1 spojen sa klizačem K. Teg klatna T izveden je u obliku olovne kugle čija je masa 23 kg (poluprečnik 0,078 m). kugla je obešena, preko zgloba Z_2, na čeličnu žicu (prečnika 1 mm). Dužina klatna (od tačke V do težišta sistema) iznosi $l = 14{,}18$ m. Na kugli se nalazi šiljak $Š$ koji omogućava da se lakše ustanovi okretanje ravni oscilovanja (na primer, tako što će šiljak posle nekog vremena oboriti na svom putu neki unapred postavljeni predmet).

Probe sa ovim klatnom su pokazale da se ono može relativno dugo kretati, zahvaljujući maloj amortizaciji oscilacija. Amplituda opada, zbog trenja, u toku vremena eksponencijalno: $A = A_1 \exp(-b\,t)$, ali je b mala veličina ($b \cong 3 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}$) tako da se može vršiti osmatranje i do 25 minuta od trenutka puštanja klatna, tj. u toku celih 200 oscilacija (pošto je period oscilovanja $T = 7{,}5$ s, u skladu sa merenjem i formulom $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

Dobili smo ovaj rezultat: za vreme $t = 1147{,}5$ s (153 oscilacije) ravan klaćenja se okrenula za ugao $o = 0{,}054$ rad. Teorijski rezultat, izračunat na osnovu relacije (1), iznosi $\theta = 0{,}058$ rad. Slaganje je, kao što se vidi dobro. Maksimalna amplituda klaćenja iznosila je $A_1 = 1{,}3$ m. To znači da je skretanje ravni oscilovanja po luku radijusa $r = 1$ m jednako $s = 5{,}5$ m, što je lako uočljivo.

Naši krajevi nisu naročito pogoni za izvođenje opita Fukoovog tipa, jer su geografske širine relativno male (za Kragujevac: $\varphi \cong 44°$). Pod istim ostalim okolnostima, efekat je, na primer, oko 1,25 puta izraženiji u Lenjingradu ($\varphi \cong 60°$). Ipak, pokazali smo da ta nepovoljnost nije presudna i da se brižljivim projektovanjem sprave može prevazići.

Poželjno je da dužina klatna bude što veća. To povećava otklon *s* (vidi skicu datu insertom na slici 2), a i dopušta da se primene veće amplitude oscilovanja, pa je samim tim pojava uočljivija. U svom originalnom elsperimentu, Fuko je koristio klatno dužine 67 m; u Lenjingradu se nalazi klatno dužine 98 m. Naše tehničke mogućnosti ne dozvoljavaju da pređemo $k=15$ m, ali merenja pokazuju da smo i ovu teškoću uspešno prebrodili, postižući da greška merenja ne mora biti veća od 10 procenata.

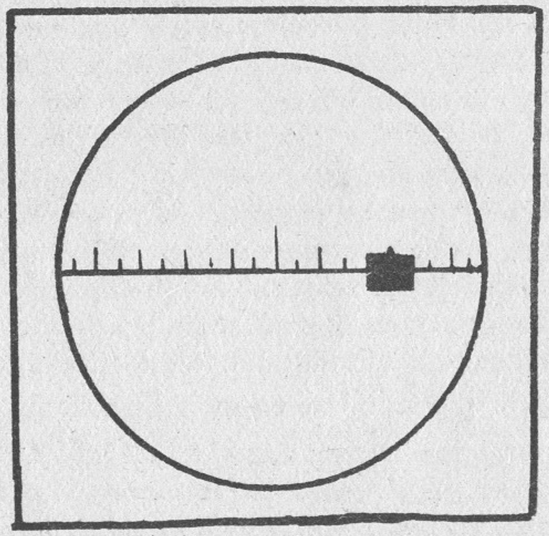
Na kraju, prijatna nam je dužnost da se zahvalimo na saradnji drugu S. Antonijeviću, koji je u gradnji klatna vešto zadovoljio stroge konstruktorske zahteve u odnosu na simetriju, trenje u ležištu, podešavanje sistema, itd.

ROTACIJA

A. TEČIĆ (Rijeka)

Predlažemo jednu eksperiemntalnu aktivnost koju učenici mogu realizirrti kada ovlađaju znanjem o trenju i centripetalnoj sili.

Za ovaj eksperiment potreban je slijedeći pribor: gramofon s mogućnošću reguliranja broja okretaja (33, 45 i 78 o/min), tanki drveni disk oblika gramofonske ploče na kojem je duž promjera unešeno centimetarsko mjerilo i dva mala drvena bloka.



Na gramofon se postavi drveni disk (slika. Neka disk rotira s 33 o/min). Stavljanjem malog drvenog bloka na disk treba odrediti radijus (r) pri kojem će mali drveni blok skliznuti s diska napravivši mali pomak u smjeru radijusa (bit će potrebno učiniti više pokušaja da se dobije kritični radijus).

Blok će skliznuti kad centripetalna sila (*Fcp*) koja drži mali drveni blok u gibanju savlada silu trenja (F_{tr}) između bloka i podloge, a to se događa kada je $\frac{m\ v^2}{r} > Ftr.$

Na kritičnom radijusu kad blok prvo počinje kliziti (mali pomak u smjeru radijusa), to je momenat kad je centripetalna sila jednaka sili trenja. Kada se na opisan način eksperimentalno odredi kritični radijus (r), a iz broja okretaja diska se izračuna period vremena (T), učenici mogu odrediti silu trenja između malog drvenog bloka i diska.

Kad su to učenici jednom uradili od njih se može tražiti da predvide kritični radijus (r) ako se disk okreće sa 45 o/min ili 78 o/min.

Zadatak se može proširiti na taj način da se učenici eksperimentalno uvjere da i kritični radijus (r) i sila trenja ovise o masi bloka.

Oni to mogu lako proučiti stavljajući još jedan drveni blok iznad prvoga. Da li dvostruka masa izaziva i dvostruku silu trenja?

Sada kad učenici znaju sve o sili trenja i centripetalnoj sili možemo ih pitati da objasne što će se desiti ako spuste kuglicu blizu centra rotacije.

Optičke telekomunikacije po staklenim vlaknima nalaze svakim danom sve veće primene. Veoma su poželjne u fabrikama i postrojenjima koja rade sa zapaljivim i eksplozivnim materijama, jer ne sadrže metal koji bi mogao da izaziva pojavu varnica. Optički signali neosetljivi su na smetnje, pa se uspešno koriste u postrojenjima jake struje gde im ne smetaju ni visoki naponi ni jaka elektromagnetska polja. Najznačajnija primena optičkih telekomunikacija očekuje se u telefoniji i nizu novih službi koje će se uskoro razviti. Negde se već eksperimentiše, a predviđa se da će se pred kraj ovog veka široko primeniti novi telekomunikacioni sistem u kome će svetlosni signali dolaziti do korisnika kao što danas dolazi struja kroz telefonske žice. Kroz stakleno vlakno korisnik će imati, pored telefona i video telefona i dostavu pisanog materijala (novine će »sam« štampati kod kuće u specijalnom aparatu), više televizijskih programa i pristup računarima, raznim bankama podataka i slično. Većinu poslova za čije obavljanje nam danas treba mnogo vremena obavljaće se u budućnost iz stana korisnika optičkog telekomunikacionog sistema. To su, na primer, poslovi oko raznih naplata, porudžbina, rezervacija, karata, izbor letovališta i mnogo drugog. Po nekima, čovek sa kraja ovog veka neće odlaziti na posao u kancelariju već će poslove obavljati iz svog stana preko specijalnog terminala sa kojim je uključen u svetski telekomunikacioni i informacioni sistem. A ključ za razvoj takve organizacije vidi se u optičkim telekomunikacijama koje će preko staklene niti, tanje od čovečije dlake, povezati ljude telekomunikacionim kanalima ogromnih propusnih moći. Kada bi se to želelo ostvariti bakarnim provodnicima sistem bi bio tako glomazan i skup da se o takvoj viziji sveta ne bi smelo maštati.

BIBLIOTEKA „MLADOG FIZIČARA“

ATOM VODI IGRU

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

Knjiga sadrži zbirku članaka u kojima su, pristupačno i uz pomoć elementarne matematike, prikazani neki od problema i nerešenih pitanja savremene fizike:

prof. B. Marković nas, u poglavlju OD SPONTANOG, STIMULIRANOG ZRAČENJA DO LASERA, upoznaje sa fizičkim osnovama laserskog zračenja, vrstama lasera i njihovom primenom; o tome šta je to plazma, koji su praktični ciljevi izučavanja plazme, kao i kako u laboratoriji možete dobiti plazmu, govori prof. B. Milić u poglavlju UPOZNAJMO SE SA PLAZMOM.

Da li ste znali da su SPEKTROSKOPI — LOVCI FOTONA? Princip rada ovih instrumenata, »bez kojih bismo o svetu oko sebe znali mnogo manje«, opisao je prof. V. Vujnović. U poglavlju RADIOSIGNALI IZ SVIJETA ATOMA I MOLEKULA (dr. K. Adamić) srećemo se sa pojmom magnetske rezonancije, magnetske relaksacije i protonske magnetske relaksacije, kao i instrumentima za registrovanje ovih fenomena. Nešto više o fotoelektričnom efektu naučićete od prof. Z. Ogoreleca u poglavlju FOTOELEKTRIČNI EFEKAT U ČVRSTIM TELIMA

Koliko od izračene Sunčeve energije dopire do Zemljine atmosfere i dalje od njene površine i kakve promene trpi ovo zračenje pri prolasku kroz atmosferu, saznaćete u poglavlju O ENERGIJI SUNČEVA ZRAČENJA NA VRHU ATMOSFERE I PRI TLU (prof. I. Penzar). Naredno poglavlje posvećeno je pojmu VREMENA U SPECIJALNOJ TEORIJI RELATIVNOSTI (dr. J. Strnad). ŠTO ZNAMO O SILAMA KOJE DELUJU U ATOMSKOJ JEZGRI, o interakcijama u prirodi i osnovnim karakteristikama nuklearnih sila govori dr. P. Tomaš. Sa vrstama i osobinama ELEMENTARNIH ČESTICA I KVARKOVA upoznaće vas prof. M. Martinis. O svojstvima i proizvodnji SUPERTEŠKIH ELEMENATA posvećeno je sledeće poglavlje (dr. N. Cindro). Kako »uskladištiti« antimateriju? da li postoje antisvetovi u dubinama kosmosa? Odgovor na ova i druga pitanja u vezi sa antimaterijom daje poglavlje ANTIMATERIJA U MIKROSVIJETU I MAKROSVIJETU (dr. N. Zovko). Najzad, nešto iz istorije nauke: STJEPAN GRADIĆ I PROBLEM UPRAVLJANJA BRODA KORMILOM (dr. Ž. Dadić).

ŠTA JE TEORIJA RELATIVNOSTI

Jedna izuzetna knjiga i za one koji se prvi put sreću sa specijalnom teorijom relativnosti i za one koji je poznaju od ranije, ili su već imali teškoća da je na popularan način interpretiraju. Polazeći od relativnosti pojmova sa kojima se svakodnevno srećemo (desno-levo, gore-dole, ranije-kasnije, manje-veće), autori nas postepeno i neprimetno uvode u relativistički svet značenja osnovnih fizičkih pojmova — prostora i vremena, kretanja i mirovanja. I sve to u neobičim vozovima gde se dešavaju čudne stvari — satovi bez razloga kasne ili žure, predmeti se skraćuju, masa počinje da se povećava. Još jedan put smo se uverili da se najapstraktniji pojmovi mogu živo i jednostavno objasniti.

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 17

D. Koledin: Hajgensova vremena
Lj. Ristovski: Talas
Lj. i N. Nedeljković: Pojam kvantne fizičke veličine
S. Djeniže: Milikenov ogled
J. Dojčilović: Arhimedov zakon
M. Dimitrijević: Majkelson—Morlijev ogled
D. Popović: Muzika
P. Grujić: Skok uvis
D. Filipović: Fluorescencija i čist vazduh
S. Popović: Elektronski računar
U ovom broju su, pored zadataka za učenike osnovne škole, objavljeni zadaci i za učenike zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 18

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA «BROJ 19

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 20

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