OBAVEŠTENJA UREDNIŠTVA

1. *Mladi fizičar* objavljuje članke i kraće dopise koji doprinose popularizaciji fizike i srodnih nauka među učenicima i unapređenju njihova već stečena znanja i shvatanja, a koji su stručno i didaktički prilagođeni njihovom uzrastu. Namenjen je učenicima i svim ostalim koje interesuju prirodne nauke.

2. Svaki rukopis (osim rešenja zadataka i drugih priloga koje šalju učenici) treba da bude otkucan pisaćom mašinom s dvostrukim proredom na čistoj, neprozirnoj hartiji formata A4 (210×296 mm), s praznim prostorom širine oko 4 cm na levoj ivici lista. Obim članka ne treba da pređe 5 kucanih stranica. Crteži treba da budu izrađeni tušem na posebnoj čvrstoj hartiji. Na odvojenom listu autor je dužan da ispiše svoje puno ime i prezime, zvanje (odnosno zanimanje), adresu za prepisku i broj svog žiro računa (odnosno izjavu da ne poseduje žiro račun). Rukopisi se vraćaju. Uređivački odbor zadržava pravo da prihvaćene rukopise rediguje i objavljuje redosledom koji ne zavisi od reda prispeća.

3. **Godišnja pretplata za sva četiri broja iznosi 66 dinara.** Naručiocima više od 20 jednogodišnjih kompleta odobravamo rabat od 20%, 15% odnosno 10% zavisno od roka do kog će se isplatiti celokupna pretplata (1. XII, 1. II odnosno 1. IV). Narudžbenice slati na adresu koja je niže data, a uplate na žiro-račun Društva matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije broj 60806-678-10766, Beograd, sa obaveznom naznakom *za Mladi fizičar*.

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

Društvo Matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije
za časopis **Mladi fizičar**
Knez Mihailova 35/IV, p.p. 791., 11001 Beograd,
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 16,50 DIN.

ČASOPIS
IZ FIZIKE
ZA UČENIKE

17

MLADI FIZIČAR

BEOGRAD 1980

DRUŠTVO, MATEMATIČARA, FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE

MLADI FIZIČAR
časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina V
broj 17
(1980/81)
IZDAJE
DRUŠTVO MATEMATIČARA FIZIČARA i ASTRONOMA SR SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/*IV*
p.p. 791

SADRŽAJ:

Umesto pisma urednika .. 1
D. Koledin: Hajgensova vremena 2
Lj. Ristovski: Talas 5
Lj. i N. Nedeljković: Pojam kvantne fizičke veličine 9
S. Đeniže: Milikenov ogled 13
J. Dojčilović: Arhimedov zakon 15
M. Dimitrijević: Majkelson-Morlijev ogled .. 17
D. Popović: Muzika 21
P. Grujić: Skok uvis 25
D. Filipović: Fluoroescencija i čist vazduh .. 27
S. Popović: Elektronski računar 31
Zadaci Z65
Rešenja zadataka Z70
A. Tečić: Zrcalo u zraku i vodi Z78

Ljubo RISTOVSKI,
glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN,
urednik

Uređivački odbor
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Draško GRUJIĆ
Dragan HAJDUKOVIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Dragana POPOVIĆ
Zoran RADOVIĆ

Vinjete: N. Ubović
Ilustracije: Lj. Ristovski

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije

Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329, 0d 29. IX 1976. godine,
Štampa: BIGZ — Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17

UMESTO PISMA UREDNIKA

IGIĆ SAŠA
DRAGOŠEVA 82/III
18300 PIROT

Urednicima i uređivačkom odboru časopisa »Mladi fizičar«

Želeo bih da kažem nekoliko reči o vama i vašem radu. Nemojte se ljutiti, ali dosadašnji rezultati nisu zadovoljili. Evo i zbog čega.

*»»***Mladi fizičar«** *je odličan časopis. Tu nemam zamerki, osim predloga da uvedete rubriku zadataka na nivou saveznog takmičenja.*

Međutim, kada neko odluči da se bavi fizikom izvan škole, on prvo nabavlja literaturu iz koje će crpeti znanje. Gde je do sada literatura takve vrste za učenike osnovne škole štampana u Jugoslaviji? Doduše, postoji **»Mladi fizičar«** *i* **»Priručnik za dodatnu nastavu iz fizike za VI, VII i VIII razred«**, *ali to nije dovoljno. Uporedimo* **mladog fizičara** *i* **mladog matematičra**: *mladi matematičar ima Letnju školu u Jelsi, u Šupljoj Steni; mladi matematičar ima dva priručnika za dodatnu nastavu; on ima »Matematički list« i njegova mnogobrojna dopunska izdanja. A šta ima mladi fizičar? Mnogo entuzijazma i malo materijala za rad. Kako onda očekivati da će se roditi jedan Savić, Pupin, Tesla . . . ?*

Zato vam predlažem da iduće godine organizujete letnju školu za mlade fizičare. Da izdate dopunska izdanja »Mladog fizičara« sa puno zadataka iz fizike. Dajte nam zadataka, dajte nam letnju školu, dajte nove knjige iz fizike, vratićemo vam mnogo više. Vratićemo vam solidnim znanjem iz fizike.

Pirot, 5. avgust 1980.

Odgovor urednika: Urednici časopisa »Mladi fizičar« zadovoljni su zbog ovog pisma, čak su polaskani njime. Međutim, kako urednici »Mladog fizičara« znaju uglavnom nešto fizike i da prave časopis, a iskrene poruke prijateljski i konstruktivno raspoloženog druga Igića sežu i van njihovih moći, jedino što su urednici mogli da urade to je da pismo — objave.

Lj. Ristovski i D. Koledin

Beograd, 10. septembar 1980.

ŽIVOT I DELO

CHRISTIAN HUYGHENS

HAJGENSOVA VREMENA

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Portret istraživača, načinjen u laboratoriji ili kakvom mirnom kutku biblioteke, deluje u prvi mah vanvremeno, večno. Ipak, i naše i istorijsko iskustvo nas uči da plodovi stvaralaštva, kako korenima, tako i dejstvom, idu i dublje i šire, van očevidnog domašaja laboratorija i biblioteka. Naime, 1629. godine, kada se rodio Hajgens, car Ferdinand II izdaje edikt o restituciji kojim od protestantskih knezova zahteva vraćanje duhovne vlasti i dobara: započinju verski ratovi. Nešto kasnije, baš kada je Hajgens prohodao, učio da čita i piše, Galileo je šaptao pred oltarom — Ipak se kreće, Rišelje je osnovao Francusku akademiju, engleski Parlament se borio za „»Zakon o pravima«, a u Veneciji su se svirale i pevale opere Klaudija Monteverdija . . .

Otac Hajgensov, pesnik i muzičar, imućni dvorjanin Konstantin nije bolje mogao iskoristiti bogatstvo, duh vremena i razuđene sklonosti svoga sina. Hajgens se do šesnaeste godine obrazovao u matematici, mehanici i geografiji, učio je crtanje i pisanje stihova, klizao je i plivao, svirao je lautu i klavsen, progovorio je na šest jezika. Potom je započeo studije prava na Lajdenskom univerzitetu, a završio ih je na Akademiji u Bredi. Sa dvadeset i šest godina doktorirao je prava u Anžeru, u Francuskoj.

Sabrana dela holandskog fizičara Hristijana Hajgensa, objavljena dve stotine godina posle njegove smrti, obuhvaćena su u 22 toma! Sadašnji ili ondašnji fizičar se brzo opredeljuje: poseže za »*Traktatom o svetlosti*«.

Još 1678. godine Hajgens je pred kolegama, članovima Akademije nauka u Parizu, saopštio svoju *talasnu teoriju svetlosti*. U konačnom i celovitom obliku »Traktat o svetlosti« je objavljen 1690. godine u Holandiji. Verujući u sličnost svetlosnih i zvučnih pojava i deleći mišljenje Roberta Huka, autor pretpostavlja da je svetlost talasne prirode. Zvuku je potreban vazduh ili neka druga elastična sredina, pa Hajgens kumuje eteru — »*veoma tananom i elastičnom medijumu*«. Govori o konačnoj brzini svetlosti, zavisnoj od eleastičnosti i gustine »tananog medijuma«, ali ne koristi ni talasnu dužinu, ni amplitudu, niti se bavi difrakcijom svetlosti. Ipak, priprema teren za široku i operativnu primenu ovih pojmova: tzv. *Hajgensov princip* — svaka tačka elastične sredine do koje dosegne talasni poremećaj postaje izvor novih elementarnih talasa; obvojnica tih elementarnih talasa u svakom trenutku daje položaj i oblik talasnog fronta. Ovim geometrijskim metodom Hajgens je reprodukovao zakone prelamanja i odbijanja talasa, koje je ranije formulisao njegov zemljak Sneli. Metod je takođe uspešno poslužio za analizu dvojnog prelamanja svetlosti na islandskom kalcitu. Uz sve to, petrogradski izdavač Hajgensovog dela, Avramov, izjavio je da je ». . . ustreptao srcem i užasnuo duhom pri čitanju bezbožničke knjige šašavog pisca«. Da ne imenujemo mnoge Hajgensove savremenike koji su slično mislili. I ne samo njih. Naime, tek 1815. godine Ogisten Frenel, dopunjujući princip interferencijom elementarnih talasa, zasniva njegovo važenje i van domena geometrijske optike, nezavisno od odnosa talasne dužine svetlsoti i dimenzija talasnog fronta. *Hajgens — Frenelov princip* sadržaj je i naših, savremenih udžbenika optike.

Galileo je zapazio da se crkvena kandila katedrale u Pizi izohrono klate: trajanja pojedinačnih klaćenja su za male amplitude jednaka i nezavisna od njih. U Hajgensovo vreme Holandija je imala moćnu trgovačku flotu. Trgovalo se ogledalcima, durbinima, začinima, kafom, staklenim klikerima . . . , pa je Hajgens bio oprezan: od holandskih zvaničnika je 1657. godine zatražio i dobio dozvolu za patent. Godinu dana kasnije objavio je spis »*Časovnik sa klatnom*«. Galileovi naslednici su ostali kratkih rukava, a čuveno »Nirnberško jaje« je zakucalo u vitrinama muzeja. Klatno u »jajetu« je Hajgens zamenio balansom koji ritmički, od sekunde do sekunde, na primer, zateže i opušta spiralno pero. Istoričari nauke oko ovih podataka nisu baš složni, ali su se od tada tačni prenosni hronometri uspešno koristili u pomorskoj navigaciji i astronomiji.

I više od toga. Naime, šesnaest godina kasnije Hajgens objavljuje u Parizu opširno delo pod već poznatim naslovom »Časovnik sa klatnom«. U

njemu je, pored ostalog, izveo poznati izraz za *period matematičklog klatna.* Lenjir za merenje dužine klatna i hronometar za merenje njegovog perioda su već postojali, pa se moglo određivati ubrzanje sile Zemljine teže. Kako se klatno kreće po elementu kruga, Hajgens je, nadovezujući se na Galileova razmatranja kružnog kretanja, zapisao *izraz za centripetalno ubrzanje.* Iako je izraz naveden bez dokaza, Njutn ga je uspešno koristio pri razradi teorije kretanja tela pod dejstvom centralnih sila.

Kada je 1663. godine Hajgens drugi put posetio London, izabran je za člana Kraljevskog društva. Bio je prvi prekomorski akademik. Ukazano poverenje je opravdao zasnivanjem *teorije elastičnih sudara.* Kraljevsko društvo je naime 1668. godine raspisalo konkurs na tu temu i Hajgens je sa arhitektom Renom podelio prvu nagradu. Operišući sa pojmom »žive sile«, oni su prvi ukazali na istraživačku plodotvornost zakona o održanju energije.

Ajnštajnovo tvrđenje da »onaj koji se u mladosti nije oduševljavao euklidskom geometrijom, nije rođen za teorijskog istraživača«, ima i u Hajgensu krepku potvrdu. Već u dvadeset i drugoj godini je objavio rad »*Teoreme o kvadraturi hiperbole, elipse i kruga i centar teže njihovih delova*«. Nešto kasnije je duhovito, radom »*Izračunavanja u hazardnim igrama*«, začeo teoriju verovatnoće.

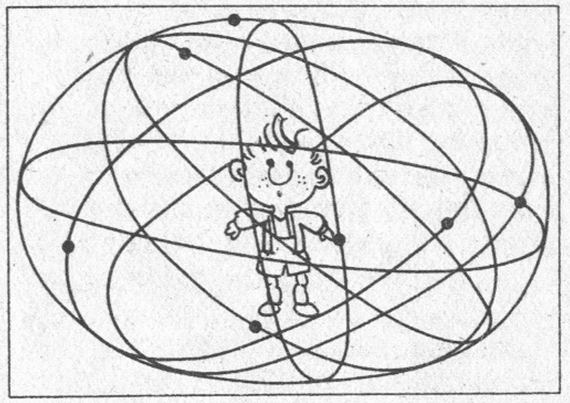
Nedavno je pored *Saturna* proleteo kosmički brod »Pionir 11« i tako su »izbliza« potvrđena Hajgensova posmatranja ove daleke planete, obavljena još 1656. godine. Na taj način je zapravo bilo obeleženo 350 godina od njegovog rođenja

Hristijan Hajgens je umro 1695. godine u Hagu.

Ser Džems Džins je XVII vek nazvao stolećem genija. Zaista, **Hajgensovi savremenici** *su bili: Njutn, Dekart, Ferma, Valis, Toričeli, Kavaljeri, Passkal, Bojl, Remer, Lajbinc, Lopital, Gerike, Huk, Bernuli, Kasini . . .*

D.K.

ŠTA JE...



TALAS

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

Kada bi se isključilo sve ono što je u vezi sa pojmom talasa, ništa ili skoro ništa ne bi ostalo od optike, akustike, kvantne talasne mehanike, kvantne elektrodinamike, pa i klasične elektrodinamike. Mnogo bi strana bilo ispisano kada bi se pisalo o svemu što je u vezi sa pojmom talasa. Teško i da postoji neko ko bi realno bio u stanju da se prihvati tog posla, a da ga pri tome obavi na valjani način. U svakom slučaju, sadržaj ovog članka ni izbliza ne odražava sadržajnost pojma koji stoji u njegovom naslovu. Biće reči samo o nekim najvažnijim karakteristikama talasa. Nije slučajno rečeno da će biti reči samo o nekim najvažnijim karakteristikama, jer dosta toga će biti rečeno (dosta za ovako mali članak), ali mnogo više neće ni biti pomenuto.

1. OSCILATORNO KRETANJE

Verovatno-neka se ovo shvati kao ličnо mišljenje-najbolji način uvođenja pomja talasa kao polaznu osnovu ima *pojam oscilatornog kretanja.* Najbolji je pre svega zato što omogućava da se jasno razluče pojmovi oscilatornog i talasnog kretanja i da se na najjednostanviji način definišu neke zajedničke karakteristike ovih kretanja.

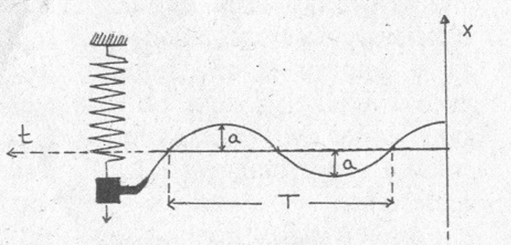
Lako se može nabrojati veliki broj primera oscilatornog kretanja, ali mi ćemo se koristiti samo primerom oscilatornog kretanja tela okačenog o oprugu. Da bi telo počelo da vrši oscilatorno kretanje, dovoljno je da se ono izvede iz ravnotežnog položaja naviše ili naniže, sabijanjem ili istezanjem opruge. Sabijena ili istegnuta opruga delovaće na njega nekom silom, težeći da ga vrati u ravnotežni položaj. Ova sila je utoliko veća ukoliko je telo udaljenije od ravnotežnog položaja, tj. u pitanju je sila koja je srazmerna udaljenju tela od ravnotežnog položaja. Postojanje sile sa takvim svojstvom, *elastične* ili *kvazielastične*, je osnovan preduslov za pojavu najjednostavnijeg oblika oscilatornog kretanja-*harmonijskog oscilatornog kretanja*, o kome će ovde jedino biti reči.

Pored elastične ili kvazielastične sile, za pojavu harmonijskog oscilatornog kretanja bitna je *inercija tela*, u našem slučaju tela okačenog o oprugu. Naime, kada se telo pod dejstvom, na primer, sabijene opruge dovede u položaj ravnoteže, ono

zbog inercije nastavlja da se kreće i tako izaziva istezanje opruge. Sa kretanjem tela opruga se sve više isteže, zato raste sila koja teži da zaustavi i vrati telo u ravnotežni položaj. To se i dešava kada se telo nađe na određenom najvećem rastojanju od ravnotežnog položaja.

Osnovno svojstvo oscilatornog procesa je *periodičnost*. Ako se u posmatranom slučaju telo povuče naniže i pusti, ono će krenuti ka ravnotežnom položaju, proći kroz njega, produžiće da se kreće naviše sabijajući oprugu, zaustaviće se i krenuće naniže, po drugi put proćiće kroz ravnotežni položaj i ponovo stići u polazni položaj. Ovaj ciklus kretanja, koji se naziva oscilacija, ponavlja se večito, ukoliko se telo ne kreće u sredini u kojoj na njega deluje neka sila trenja.

Vremenska periodičnost oscilatornog kretanja najlakše se može uočiti na slici 1. Na njoj je prikazano telo okačeno o oprugu, pričemu je za telo pričvršćena pisaljka.

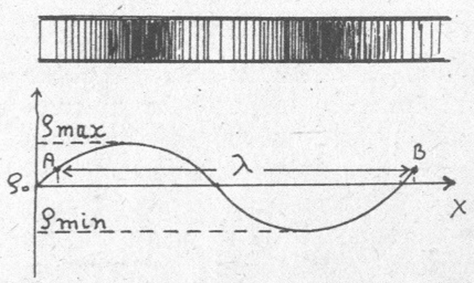


Slika 1.

Pisaljka dodiruje paprinu traku, koja se kreće s leva udesno stalnom brzinom. Talasasta kriva, koju ispisuje pisaljka, može se shvatiti kao vremenska slika oscilatornog kretanja tela. Svaka tačka na krivoj odgovara položaju vrha pisaljke (tela) u nekom određenom vremenskom trenutku. Tačke koje leže na vremenskoj osi t odgovaraju trenucima u kojima telo prolazi kroz ravnotežni položaj. Najveće udaljenje od ravnotežnog položaja a zove se *amplituda*, a vreme za koje se izvrši jedna puna oscilacija, period osiclatornog kretanja T. Broj oscilacija kojise izvrši za 1 s zove se *učestanost* oscilovanja i označava sa ν. Očigledno je da postoji sledeća veza između perioda oscilovanja i učestanosti $T=1/\nu$.

2. TALAS, TALASNO KRETANJE

Zamislimo da je klip pričvršćen za oprugu, i da se nalazi u staklenoj cevi ispunjenoj vazduhom. Ako se na neki način pomeri ulevo i pusti, klip će početi da vrši oscilatorno kretanje, što dovodi do pojave tzv. *talasnih poremećaja* sredine u cevi (vazduha). Naime, kada se klip pomeri ulevo, on će izazvati sabijanje vazdušnog sloja u njegovoj neposrednoj blizini. Ovaj poremećaj ,tj. promena gustine vazdušnog sloja, ne ostaje lokalizovan nego se dalje prenosi kroz cev. Molekuli vazduha iz sloja sa uvećanom gustinom počinju da se kreću ulevo ka delu prostora u kome je gustina vazduha manja. Tako se sada formira novi sloj vazduha sa uvećanom gustinom, tj. došlo je do prenošenja poremećaja



Slika 2.

iz neposredne blizine klipa ka udaljenijim delovima cevi. Na ovaj način se poremećaj širi kroz cev do u beskonačnost, ako cev nije ograničene dužine, i to traje beskonačno dugo ako ne postoje gubici energije, što je naravno idealizacija.

U prethodnom pasusu videli smo da oscilatorno kretanje klipa izaziva pojavu poremećaja u sredini (vazduhu). Poremećaj ne ostaje lokalizovan, nego se prostire određenom brzinom kroz cev. Brzina prostiranja poremećaja, odnosno kretanje poremećaja kroz cev, ne sme se poistovetiti sa brzinom kretanja čestica sredine; u našem slučaju molekula vazduha. Molekuli vazduha vrše oscilatorna kretanja oko svojih ravnotežnih položaja, tj. položaja u kojima su se nalazili pre pojave poremećaja.

Bitna karakteristika poremećaja izazvanih u sredini koju posmatramo (vazduhu) je njihova prostorna *periodičnost*. Ovo tvrđenje je ilustrovano slikom 2. na kojoj je prikazana cev u kojoj je izazvan poremećaj, a ispod nje i kriva zavisnosti gustine gasa ρ od rastojanja x, koje se meri duž cevi. Poremećaj ovog tipa zove se *talas* ili *talasni poremećaj*. Ovo su tzv. *zvučni talasi* i ovde su definisani na najjednostavniji način. Postoje i znatno složeniji oblici talasnog kretanja, ali mi se na tome nećemo zadržavati.

Prostorna periodičnost talasnog kretanja omogućava definiciju *talasne dužine* talasa, koja je, na neki način, analogon pojmu periode kod oscilatornog kretanja. Talasna dužina λ jednaka je rastojanju između dveju tačaka na krivoj na slici 2. (recimo A i B), koje se nalaze na istom rastojanju od ravnotežnog položaja i kreću se u istom smeru, tačnije koje se nalaze na istom rastojanju od ose OX na kojoj su tačke koje odgovaraju ravnotežnim vrednostima gustine. Nije teško zaključiti da postoji veza između talasne dužine i periode T. Talasna dužina jednaka je rastojanju koji pređe poremećaj za vreme T. Ako je brzina prostiranja poremećaja (talasa) jednaka U onda je $\lambda=UT$.

Na kraju podvucimo još jednom u čemu je osnovna razlika između oscilatornog i talasnog kretanja:

Polazeći od primera koje smo razmatrali, možemo reći da je oscilatorno kretanje vremenski periodičan proces, koji se može razložiti na oscilacione cikluse koji se ponavljaju u jednakim vremenskim intervalima. Sistem koji vrši oscilatorno kretanje kreće se u ograničenom delu prostora i to uvek na isti način.

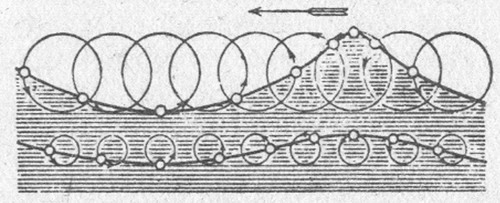
Talasno kretanje predstavlja kretanje određenog vremenski i prostorno periodičnog poremećaja kroz sredinu, koji je najčešće izazvan oscilatornim kretanjem izvora poremećaja, što nije jedini način izazivanja talasnih poremećaja. U sredini u kojoj se prostire talasni poremećaj, čestice sredine vrše oscilatorna kretanja oko svojih ravnotežnih položaja. Ovo zadnje odnosi se najčešće na tzv. zvučne talase, pa je zato njegovo značenje vrlo usko.

3. LONGITUDINALNI I TRANSVERZALNI TALASI

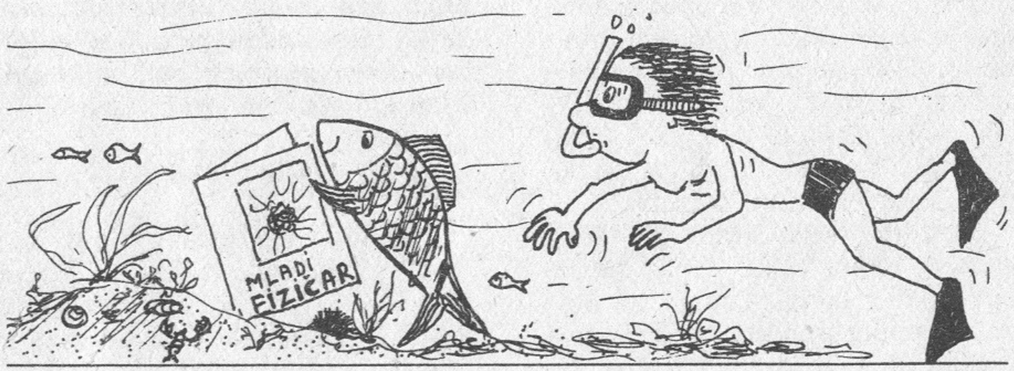
Postoji više tipova talasa kod kojih su osnovne razlike uslovljene prirodom sila pod čijim dejstvom čestice sredine vrše oscilatorna kretanja. Tako, kod zvučnih talasa u cevi, oscilatorno kretanje molukula vazduha vrši se pod dejstvom sile koja je uslovljena razlikom pritisaka u susednim slojevima vazduha, čija je gustina različita. Pravac dejstva sile je takav da dovodi do

oscilatornog kretanja molekula vazduha duž pravca prostiranja talasa. Talasi ovog tipa, kod kojih čestice sredine osciluju duž pravca prostiranja talasa, zovu se *longitudinalni talasi*. Talasi longitudinalnog tipa mogu da se pobude ne samo u gasovima nego i u tečnostima i čvrstim telima.

Drugi osnovni tip talasa su *transferzalni talasi*. Ovi talasi mogu da se pobude u čvrstim telima, tj. u sredini u kojoj se mogu pojaviti sile koje izazivaju oscilatorno kretanje čestica sredine u pravcu normalnom na pravac prostiranja talasa. Ovakav način oscilovanja delića čvrstog tela izazvan je silama koje se javljaju pri smicanju susednih delića ili slojeva čvrstog tela. Pod određenim specifičnim uslovima transverzalni talasi mogu da se pobude i u tečnosti. Takvi su najčešće talasi koji imaju ogromnu talasnu dužinu i relativno malu amplitudu. Inače, talasi koji se pobuđuju na površini vode, isključujući prethodno pomenute, nisu ni longitudinalni ni transverzalni. Čestice vode, kako je to prikazano na slici 3., vrše kružno kretanje. Kretanje po krugu može da se razloži na oscilatorna kretanja duž dva uzajamno normalna pravca: duž pravca prostiranja talasa na površini vode i duž pravca koji je normalan na ovaj pravac.



Slika 3.



*Razvoj mehanike u XVII veku bio je toliko zamašan da je Dekart izjavio: »Životinja — to je mašina!« **Hajgens** piše slično: »Prava filozofija svodi sve uzroke prirodnih pojava na mehaničke osnove.«*

D.K.

POJAM KVANTNE FIZIČKE VELIČINE

LJUBIŠA I NATAŠA NEDELJKOVIĆ (Beograd)

1.

Znanja o predmetima svakodnevnog ljudskog iskustva stičemo na osnovu informacija koje nam se nekim materijalnim posredovanjem (svetlosnim zracima, dodirom, . . .) prenose do čula. Svest da je, na primer, pred nama cvet imamo na osnovu viđenja njegove boje i oblika, osećaja njegovog mirisa, i td.

Proces dobijanja podataka o objektima za koje se interesuje fizika je sličan, ali se cilja na dobijanje informacija koje se u krajnjoj liniji mogu prikazati brojem. Postupak registrovanja materijalnih nosioca informacija nazivamo *merenjem*, a broj koji je pritom saznat *vrednošću fizičke veličine.*

2.

Oblast fizike koja se bavi osobinama i zakonima kretanja tela koja su prisutna u uobičajenom ljudskom iskustvu nazivamo *klasičnom mehanikom.* Od mnogobrojnih karakteristika koje takva tela mogu imati za klasičnu memehaniku su od osnovne važnosti sledeće tri: položaj tela u prostoru, vremenski trenutak kada je telo u datom položaju i njegova masa. Njih nazivamo *osnovnim veličinama klasične mehanike.* Sve ostale fizičke veličine u mehanici (brzina, ubrzanje, sila, energija, ...) su u suštini neka njihova kombinacija.

Iako ovakve pojmove najčešće prihvatamo bez naročitog čuđenja, oni u sebi ipak kriju nekoliko vrlo komplikovanih pretpostavki. Pre svega, mi smatramo potpuno »logičnim« da telo može zauzeti bilo koji položaj u praznom prostoru, tj., da u njemu nema »zabranjenih« mesta. Zatim, mi sa nekom iskonskom snagom osećamo da vreme »neprestano teče«, da ne postoje nekakvi »zastoji vremena«. Najzad, mi pretpostavljamo da tela mogu imati bilo koju masu veću od nule. Drugim rečima, mi smatramo da koordinate, vreme i masa tela mogu imati »kontinualno mnogo« vrednosti. Samim tim, to isto moramo tvrditi i za svaku drugu fizičku veličinu klasične mehanike!

Skup mogućih vrednosti date klasične veličine nazivamo *spektrom klasične fizičke veličine.* Ako ih nanesemo na brojnu osu one će se kontinualno raspoređivati duž određenog intrvala, ili duž cele ose. Zato kažemo da su *spektri fizičkih veličina klasične mehanike kontinualni.* Ovo je jedan od fundamentalnih stavova klasične mehanike, ali se on ipak može podvrgnuti jednoj principijelnoj sumnji. Štaviše, pažljiva istorijska istraživanja su takvu sumnju registrovala čak i u početnoj fazi stvaranja klasične mešhanike. Karakterističan je primer Onore Fabrija, matematičara XVII veka, koji je nastojao da slobodno padanje kamena protumači ne kao kontinualni prolazak kroz sve tačke putanje, nego kao sukcesivno preskakanje tela iz jedne tačke u drugu, koje se čulima ne može registrovati. Međutim, gornji stav *nijedno eksperimentalno iskustvo sa telima koje proučava klasična mehanika ne može oboriti.*

3.

Prve direktne teškoće sa ovakvim shvatanjem javljaju se tek kada se uputimo na istraživanje fizičkih sistema vrlo malih razmera, kada se »uputimo u mikro svet«. Od velikog broja sistema koji se u njemu sreću (atomi, molekuli, . . .) za dalju analizu ćemo izabrati najprostiji atom, *atom vodonika*, a između spektara raznih fizičkih veličina koje ga karakterišu odlučićemo se za spekatar njegove energije.

Vrlo veliki broj eksperimenata ukazuje 1) da je atom vodonika sastavljen samo iz jednog protona (naelektirsanja $+e$ i mase M) i jednog elektrona (naelektrisanja $-e$ i mase $m \approx \frac{1}{2000} M$), i 2) da je veoma malih, ali ipak konačnih dimenzija (10^{-8} cm). Po shvatanjima klasične mehanike to bi trebalo da bude, dakle, takav sistem kod koga se u okolini znatno težeg protona kreće laki elektron izložen stalnoj privlačnoj, tzv. Kulonovoj sili. Može se lako izračunati da je (pod pretpostakom mirovanja protona) energija takvog sistema data sledećim izrazom: $E(v, r) = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{r}$, gde je v brzina elektrona, a r njegovo rastojanje od protona. Takođe se može pokazati da oblik putanje elektrona zavisi od toga koji je član u ovom izrazu veći. Ako je $\frac{mv^2}{2} > \frac{e^2}{r}$ elektron se mora kretati po nekoj otvorenoj putanji (paraboli ili hiperboli), i tada je, očigledno, $E(v, r) \frac{mv^2}{2} > \frac{e^2}{r} > 0$. U slučaju kada je $mv^2 < e^2$ elektron se kreće po zatvorenoj putanji (krugu ili elipsi) i tada je $E(v, r) < 0$. Pošto je atom konačnih dimenzija, to bi putanja elektrona trebala biti zatvorena, a energija negativna. Slučaj pozitivnih energija bi onda odgovarao fizičkoj situaciji u kojoj je elektron na neki način »oslobođen dominacije protona«.

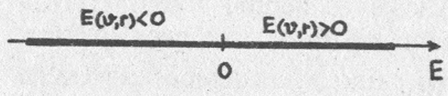
Pošto veličine v i r mogu imati (kao i sve ostale klasične veličine) kontinualno mnogo vrednosti, a energija $E(v, r)$ od njih direktno zavisi, to eksplicitno dolazimo do važnog zaključka da zaista spektar energije posmatranog sistema mora biti kontinualan. Grafički prikaz ovog spektra dat je na sl. 1. Energijama »nerazorenog atoma«, dakle, odgovaraju tačke na levoj polovini ose.

Proveravanje ispravnosti navedenog spektra energije atoma vodonika može se posredno izvršiti pomoću dva različita tipa merenja, odnosno eksperimenata. U eksperimentima prvog tipa, koje ćemo nazvati *eksperimentima Frank-Hercovog tipa*, ispituje se da li je elektronu u atomu moguće dovesti proizvoljno malu količinu energije. U eksperimentima druge vrste, koji se nazivaju *spektroskopskim eksperimentima*, proveravamo da li elektron, koji već poseduje neki dovedeni višak energije, može ovu »emitovati« u proizvoljno malim količinama.

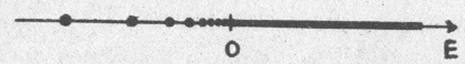
Sa stanovišta klasične mehanike obe gornje vrste eksperimenata morale bi dati potvrdne odgovore na postavljena pitanja. Zaista, ako sistem stvarno može imati bilo koju energiju, onda je moguće i dodavati i oduzimati iz njega proizvoljno male količine energije, tj., moguće je energiju sistema »postavljati u bilo koju tačku« na levoj strani spektra sa sl. 1. Međutim, na veliko

čuđenje fizičara čitave jedne generacije, ispostavilo se da eksperimenti pokazuju upravo suprotno! Elektron u atomu može »apsorbovati«, odnosno »emitovati« samo precizno određene količine, određene »kvante« (od latinske reči: quantum=količ na), energije.

Ali, ako je tako onda se atom u gornjim merenjima pokazuje kao sistem koji može imati samo neke vrednosti energije. Odnosno, *spektar njegove energije u negativnoj oblasti je diskretan.* Ispostavlja se da je njegov konkretan oblik baš kao na sl. 2. Ovaj delikatni zaključak ima dalekosežne posledice.



sl.1.



sl.2.

4.

Eksperimentalni rezultati (i sa njima nastali problemi u okvirima klasične mehanike) koje smo upravo izložili samo su detalj ogromne slike neuobičajenih pojava mikro-sveta, za čije je objašnjavanje stvorena čitava jedna nova nauka, tzv. *kvantna mehanika.*

Silazak u radikalno novi mikro-svet zahteva da se i fizičkim karakteteristikama njegovih sistema priđe na radikalno novi način. Naime, u kvantnoj mehanici se kao osnovni zadatak postavlja nalaženje takvih »matematičkih objekata«, takvih »šifara« za svaku fizičku veličinu koje će nam omogućiti da pronađemo baš one brojne vrdnosti date fizičke karakteristike koje se pri merenju jedino mogu registrovati. U našem primeru energije atoma vodonika to bi bile vrednosti sa sl. 2.

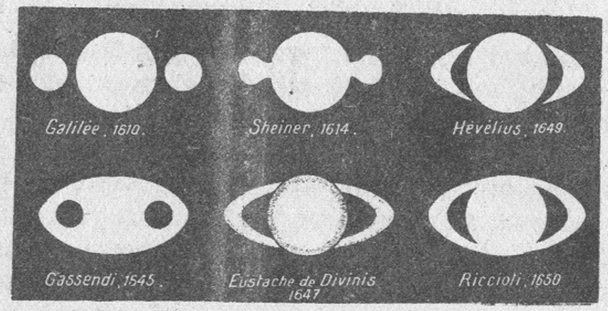
Tek je u zrelom dobu kvantne mehanike shvaćeno da takvu osobinu imaju »matematički objekti« koji spadaju u osnovne matematičke pojmove (koji se sreću čak i na najelementarnijim nivoima ove nauke) i koji se nazivaju *operatorima.* Pod operatorom se podrazumeva određeni skup matematičkih operacija. Tako je, na primer, operacija vađenja kvadratnog korena iz nekog broja operator. Takođe, na primer, množenje nekog broja x brojem 3 i tako dobijenom broju dodavanje broja 1 čine skup operacija, koje možemo nazvati operatorom. Naravno, operatori koji odgovaraju fizičkim karakteristikama mikro-sistema najčešće nisu sasvim jednostavni, niti »operišu« isključivo so brojevima.

Osobine predmeta svakodnevnog iskustva opisujemo »biranjem« odgovarajućih reči iz jednog velikog skupa reči kojeg nazivamo govornim jezikom. (Takve su, na primer, reči: boja, ukus, miris, . . . Svaka od njih je izvesna opšta oznaka za određene skupove, »konkretnijih reči«. Boja, na primer, ukazuje na sledeći skup reči: crveno, narandžasto, žuto, . . .). Osobine fizičkih sistema klasične mehanike opisujemo klasičnim veličinama, koje takođe čine jedan skup koga možemo nazvati »jezikom klasičnih veličina«. (to su na primer, masa, energija, . . . Svaka od ovih reči je izvesna opšta oznaka za skup mogućih brojnih verdnosti date fizičke karakteristike.).

U tom smislu i skup koji nastaje pridruživanjem operatora svakoj fizičkoj karakteristici mikro-sistema možemo shvatiti kao izvestan »jezik operatora«. On je na neki način čak i bogatiji od jezika klasične mehanike, jer u njemu postoje i operatori koji ne odgovaraju ni jednoj klasičnoj fizičkoj karakteristici!

Stvaranje specifičnog »jezika operatora« sada povlači sledeće fundamentalno pitanje: u kakvoj su vezi operatori sa brojnim vrednostima fizičkih veličina mikro-objekata, koje u eksperimentima jedino možemo meriti? Odgovor na ovo pitanje uopšte nije trivijalan. Naime, ispostavlja se da se u vezi svakog operatora može postaviti jedan specifični tip matematičkog problema., koji se naziva *svojstvenim problemom* datog operatora i čije rešenje dovodi upravo do onih vrednosti fizičke veličine koje se jedino mogu konstatovati u eksperimentima! Drugim rečima, svaki operator ima svoj spektar.

Ali, dok smo u klasičnoj mehanici imali samo kontinualne spektre, u kvantnoj mehanici srećemo znatno veću raznovrsnost. Svi do sada proučeni spektri u kvantnoj mehanici mogu se podeliti u tri grupe: u *grupu kontinualnih spektara, grupu čisto diskretnih spektara* i *grupu mešovitih spektara* (u koju spada i naš spektar sa sl. 2.). To je krajnji traženi rezultat mukotrpno stvorenog pojma kvantnih fizičkih veličina u sudaru sa pojavama mikro-sveta. Ogroman broj eksperimenata i pojava potvrđuje njegovu ispravnost. To nas uvek iznova učvršćuje u uverenju da »jezik operatora« i, uopšte, kvantna mehanika, nisu neka loša »matematička bajka«.



Prvi crteži Saturna

Hajgens *je anagramski (razmeštajući slova reči na proizvoljan način) objavio otkriće Saturnovog prstena. Anagram glasi:*

AAAAAAA CCCCC D EEEEE G H IIIIIII LLLL MM NNNNNNNNN OOOO PP Q RR SS TTTTT UUUUU.

Odgovarajuća latinska rečenica glasi:

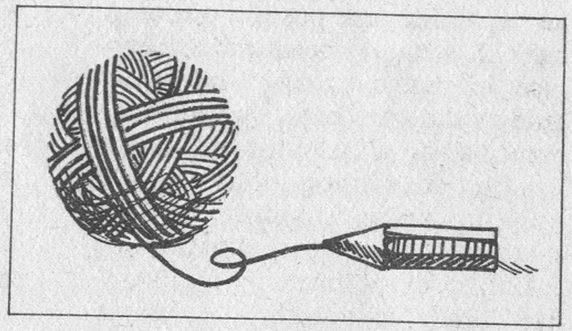
»ANNULO CINGITUR, TENUI, PLANO, NUSQUAM COHAERENTE AD ECLIPTICAM INCLINATO«.

Prevod je:

»Prstenom je okružen, tankim, ravnim, lebdeći nagnutim prema ekliptici«.

D.K.

VELIKI EKSPERIMENTI

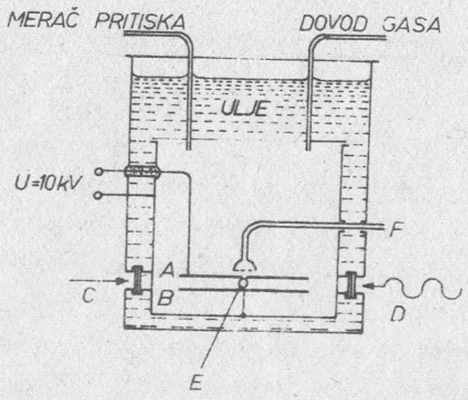


MILIKENOV OGLED

STEVAN ĐENIŽE (Beograd)

Osnovne karakteristike slobodnih elektrona su masa i naelektrisanje. Poznavanje tačnih vrednosti tih veličina predstavlja imperativ u fizici. Masu i naelektrisanje elektrona moguće je odrediti na nekoiko načina koji sami po sebi garantuju određenu tačnost u zavisnosti od izbora metode merenja.

Ovde ćemo se zadržati samo na jednom eksperimentu. Na eksperimentu Milikena koji je 1909. godine na vrlo originalan način uspeo da izmeri veličinu naelektrisanja elektrona. Originalnost eksperimenta leži u tome da je naelektrisnje elektrona izmereno, a da pri tome nije bilo potrebno koristiti ni jednu drugu osnovnu konstantu atomske fizike kao što su to na primer: masa elektrona, brzina svetlosti, Planckova konstanta itd



Slika 1.

Shema Milikenovog eksperimenta prikazana je na slici 1. Kao što se sa slike vidi osnovu eksperimetnalnog uređaja čini jedan ravan kondenzator sa oblogama A i B. Pros tor između obloga se sa jedne strane (C) osvetljava vidljivom svetlošću, a sa druge strane, kroz odgovarajući ulaz D, sa rendgenskim zracima. Kroz otvor E je moguće vizuelno osmatranje događaja u ravnom kondenzatoru pomoću jednog mikroskopa. Ceo sistem je zatvoren u jedan termostat (uljano kupatilo) i u njemu se može menjati vrsta i pritisak gasa.

Naravno, Miliken u svom eksperimentu nije posmatrao elektrone, jer su oni previše malih dimenzija, već su mu objekat posmatranja bili vrlo sitne kapljice ulja koje su pomoću raspršivača ubacivane kroz otvor F u prostor između obloga

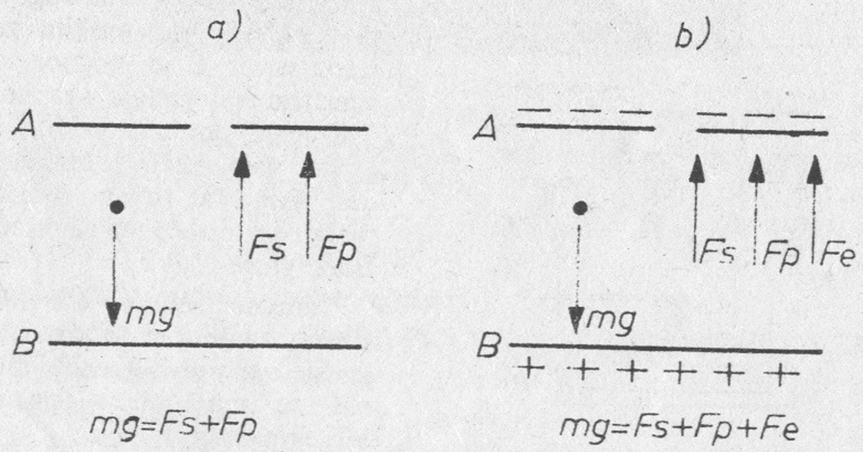
kondenzatora. Pod dejstvom rendgenskog zračenja, prisutnog u po četku eksperimenta, uljane kapljice postaju naelektrisane. Naime, kvanti rendgenskog zračenja izbacuju elektrone sa površine kapljice pa na taj način ona postaje pozitivno naelektrisana. Naelektrisanje kapljice očigledno zavisi i od jačine rendgenskog zračenja i od vremena ozračivanja. Naelektrisane uljane kapljice su sfernog oblika i vrlo približno imaju istu masu kao što su to imale i pre naelektrisavanja.

Dakle, eksperiment je pripremljen i sada je potrebno početi sa merenjima.

U odsustvu električnog polja, kada ne postoji potencijalna razlika između obloga kondenzatora, slika 2. a, kapljice će u prisustvu sile Zemljine teže padati sve većom brzinom ka ploči B. Pošto se kapljice kreću u gasnoj sredini (vazduh ili neki drugi gas) na njih će dejstvovati i sila trenja, tzv. Stoksova sila F_s, a i sila potiska F_p. Ove dve sile su orijentaisane u suprotnom smeru od sile Zemljine teže i u trenutku kada se uravnoteže sa njom kapljice prestaju da padaju ubrzano. Od tog trenutka kapljice će se kretati ravnomernom brzinom.

Od mnoštva kapljica koje nastaju kao rezultat reaspršivanja i koje postaju vidljive, zahvaljujući rasejanju svetlosti na njima, na eksperimentatoru je da pomoću gradui sanog i baždarenog polja mikroskopa izabere za posmatranje najpogodniju koja je i dovoljnih velikih dimenzija i dobro osvetljena. Me reći put koji je izabrana kapljica sa konstantnom brzinom prešla i vreme koje je u međuvremeno proteklo, moguće je odrediti prečnik uljane kapljice. Pri matematičkoj obradi rezultata potrebno je poznavanje tabličnih vrednosti veličina kao što su: gustina uljane kapljice, gustina vazduha na datom pritisku i temperaturi kao i koeficijent viskoznosti kapljice.

Izabrana kapljica ne sme da se izgubi iz vida, tj. ne sme da padne na oblogu B. To se postiže pravovremenim uključivanjem električ-



Slika 2.

nog polja između obloga. Pravilna orijentacija i jačina elekričnog polja omogućiće da se kapljica zaustavi u kondenzatoru i da lebdi između obloga A i B. (slika 2.b). Mereći jačinu električnog polja, tj. razliku potencijala između obloga kondenzatora, može se odrediti i veličina naelektrisanja uljane kapljice koristeći prethodno izmerenu vrednost prečnika kapljice. Na osnovu rezultata merenja Milikan je došao do zaključka da naelektrisanje kapljice Q predstavlja celobrojni umnožak nekog osnovnog naelektrisanja q_e

$$Q = n\, q_e, \qquad n = 1,2,3,\ldots$$

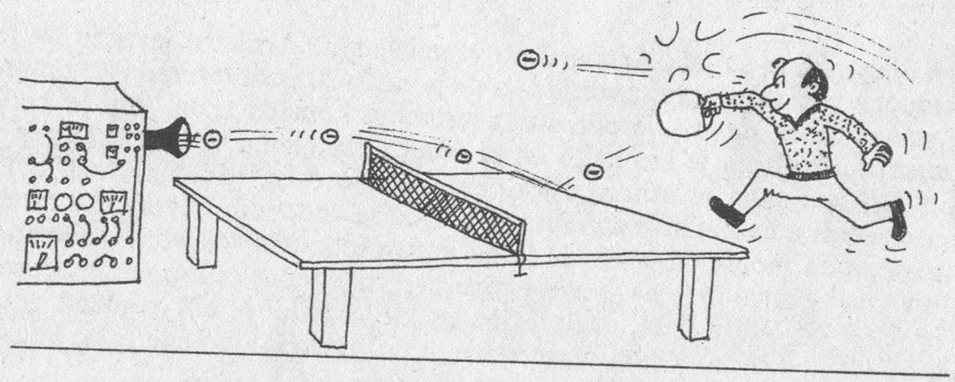
gde je za q_e dobio vrednost od

$$q_e = -1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}.$$

Ova vrednost predstavlja veličinu »atoma« naelektrisanja, naelektrisanje elektrona.

Miliken je svoj eksperiment ponovio nekoliko puta pri čemu je koristio kapljice različitih masa i naelekrtisanja. U svim tim ponovljenim eksperimentima vrednost q_e ostajala je nepromenjena, što je nepobitno svedočilo o tačnosti eksperimenta.

Određivanje tačne vrednosti naelektrisanja elektrona otvorilo je put kvantitativnom istraživanju mikrosveta za sve fizičare u laboratorijama po celom svetu.

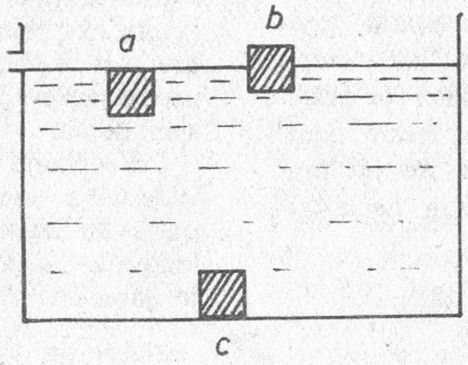


KAKO JE OTKRIVEN ARHIMEDOV ZAKON

J. DOJČILOVIĆ (Beograd)

Zanimljivo je kako je Arhimed otkrio zakon koji je po njemu nazvan Nešto više o tome je napisano u knjizi o građevinarstvu od rimskog pisca Vitruvija (Vitruvius) 13 g.n.e. Evo šta on priča: »Kada je Hieron, postavši kraljem u Sirakuzi na Siciliji, hteo da za svoje pretke u hramu žrtvuje zlatni venac, dao je uz nagradu da se venac izradi, odmerivši tačnu količinu zlata. Zanatlija predade posle nekog vremena venac izrađen po volji kraljevoj, a i težina kao da se sasvim podudarala. Kad mu je kasnije neko javio da je pri tom zlata pronevereno, a mesto njega isto toliko srebra primešano, naredi

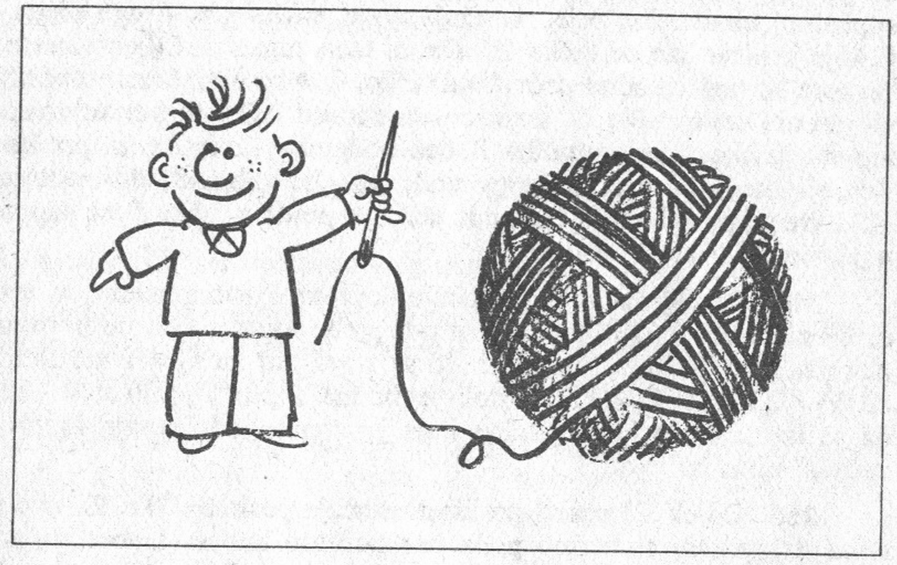
Hieron, ljutit zbog prevare, Arhimedu, da on preuzme na sebe da pronađe put kako bi se prevara mogla dokazati. Živo zabavljen tim poslom, Arhimed dođe slučajno u kupalište, pa kad je ulazio u kadu opazi kako se voda iz nje sve više preliva ,kako se on svojim telom sve dublje u nju spuštao. Dosetivši se uzroka ove pojave, ne ostade duže, nego sav radostan skoči iz kade i trčeći nag svojoj kući javljaše glasno da je našao što je tražio. Trčeći vikao je grčki: *heureka, heureka* (našao sam)!«



Kojim putem su išla Arhimedova razmišljanja? Arhimed je znao da je zlato mnogo teže od srebra, znao je i to da je zlato 20 puta teže od iste zapremine vode. Znači, mogao je odrediti zapreminu komada zlata, koji je kralj dao zanatliji. Problem je bio kako da se odredi zapremina venca, načinjenog od tankog, savijenog »zlatnog« lišća. Baš rešenje ovog problema našao je Arhimed sedeći u kadi. On je napunio jedan sud sa vodom do otvora sa strane, iz koga je voda mogla da ističe. U vodu je zaronio venac i ujedno prihvatio isteklu vodu. Očigledno je da je zapremina ove vode jednaka zapremini venca. Ako je venac od čistog zlata, onda težina istekle vode mora biti dvadeset puta manja od težine venca. Međutim, merenje je pokazalo da je voda teža; venac dakle nije bio napravljen od čistog zlata. Prevara je otkrivena.

Naravno, ovo je bio samo povod da Arhimed i dalje razmišlja o ovim pojavama i da posle izvesnog vremena napiše knjigu »*O potopljenim telima*«. On razmišlja odprilike ovako: na mali deo zapremine mirne tečnosti, koji se nalazi ispod površine, deluju isti pritisci sa svih strana. Ukoliko nije tako, tečnost bi se morala kretati. Međutim, ona miruje, što znači da je gornje tvrđenje tačno. Ako u vodu stavimo čvrsto telo, koje ima istu težinu kao i voda iste zapremine, ovo će čitavo uroniti uvodu (sl. 1). Telo je u stanju da svojom težinom ukloni u stranu onu vodu koja je isto teška kao ono. Ako je telo lakše od vode iste zapremine, ono neće čitavo utonuti (sl. 1b), već samo onoliko da je istisnuta tečnost teška koliko i telo. Ako je ipak telo teže od vode iste zapremine, ono će potonuti do dna suda. Tela *a* i *b* izgubila su u vodi svu težinu, dok je telo *c* izgubilo u vodi samo deo svoje težine. Ipak za sva tri tela važi zakon koji smo formulisali na početku ovog teksta — *Arhimedov zakon.*

ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI



KONKURSNI ZADACI

A/ Za učenike VI razreda

152. Prva kosmička brzina, tj. brzina koju mora imati telo da bi postalo veštački satelit Zemlje, iznosi oko 8 km/s. Koliko rastojanje će preći raketa koja leti ovom brzinom 1 minut?

153. Tokom prve polovine vremena svog puta automobil se kretao brzinom od 108 km/h. Ostatkom puta automobil se kretao brzinom od 72 km/h. Odrediti vreme koje je potrebno vozaču automobila da pređe deonicu puta dužine od 90 km.

154. Odrediti brzinu kretanja motornog čamca u stajaćoj vodi. Poznato je da se pri istoj snazi motora čamac kreće niz reku brzinom $v_1=10$ m/s, a uz nju brzinom od $v_2=6$ m/s. Odrediti i brzinu kretanja vode u reci.

B/ Za učenike VII razreda

155. Duž prve četvrtine puta motociklista je vozio brzinom $v_1=10$ m/s, duž druge četvrtine brzinom $v_2=15$ m/s, duž treće četvrtine brzinom $v_3=20$ m/s i duž poslednje četvrtine brzinom $v_4=5$ m/s. Odrediti srednju brzinu kretanja motocikliste na celom putu.

ZADACI

156. Čamac, koji se na mirnoj vodi kreće brzinom $v_1=2$ m/s, treba da pređe reku širine $d=160$ m. Ako se čamac upravi ka najbližoj tački B na suprotnoj obali reke, usled kretanja vode, stići će na drugu obalu na mesto C koje je nizvodno od tačke B. Da bi tada stigao na željeno mesto B, čamac se mora kretati uzvodno počevši od tačke. C. Ako bi se čamac u početku upravio prema nekoj tački D, koja je uzvodno od tačke B, kretanje vode će usloviti da čamac stigne u tačku B bez dodatnog korigovanja pravca kretanja. Znajući da je brzina kretanja vode $v_2=1{,}2$ m/s, odrediti rastojanje DB i CB i vreme potrebno da čamac iz tačke A pređe u tačku B na suprotnoj obali u prvom i drugom slučaju.

157. Dva dečaka se dobacuju loptom i istovremeno se kreću jedan drugome u susret. Koliki ukupan put pređe lopta za vreme u toku koga se rastojanje među dečacima smanjilo sa $s_1=20$ m na $s_2=10$ m? Brzine dečaka su $V_1=2$ m/s i $V_2=3$ m/s, dok je brzina lopte $V_3=20$ m/s. Predpostaviti da se lopta kreće horizontalno i da je vreme zadržavanja lopte u rukama dečaka zanemarljivo.

158. Odjek od nekog predmeta se čuje posle $t=70$ s. Za ovo isto vreme neko drugo telo slobodno pada bez početne brzine. Uporediti pređene puteve zvuka i tela (brzina zvuka u zvazduhu je $c=340$ m/s.

C/ Za učenike VIII razreda

159. Iz vertikalno postavljenog pločastog kondenzatora ravnomerno ističe tečni dielektrik ($E=2$), koji ga je ispunjavao. Pri ovome, u kolu koje se sastoji iz kondenzatora i baterije ems sa $E=100$ V, teče struja jačine $I=2$ 10 A. Sa kojom brzinom se spušta nivo tečnog dielektiri,a? Ploče kondenzatora su kvadrati sa stranama $l=10$ cm, a razmak između njih je $d=1$ mm. (E =8,85 10 ^{2}F/m)

160. Kondenzator sa vazdušnom izolacijom sastoji se od dve paralelne ploče i ima kapacitet $C_1=6$ pF. Na njemu se nalazi naelektisanje $q=0{,}3\ \mu$ C. Odrediti: a) napon U_1 među pločama, b) napon U_2 među pločama kada se one razmaknu na dvostruko udaljenje od prvobitnog.

161. Kondenzator kapaciteta $C_1=20\ \mu$F je naelektrisan do napona $U_1=1200$ V. Oba kraja ovog kondenzatora se vežu sa oblogama drugog kondenzatora kapaciteta $C_2=5\ \mu$F koji nije naelektirsan. Izračunati probitno naelektrisanje q_1 prvog kondenzatora i napon U_2 među pločama kondenzatora posle njihovog vezivanja.

D/ Za učenike I razreda usmerenog obrazovanja

162. Iz tačke A koja se nalazi na visini $h=9{,}81$ m u odnosu na tlo, kamen slobodno pada u bunar. Posle $t=0{,}5$ s sa ivice bunara (tačka B) pušten je u bunar drugi kamen da slobodno pada. Oba kamena jednovremeno stižu na dno bunara (tačka C). Odrediti dubinu $H=BC$ bunara.

ZADACI

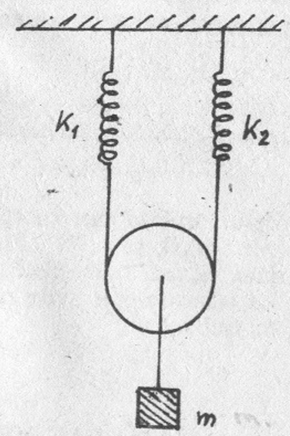
163. Pored posmatrača, koji se nalazi na peronu, prolazi voz sa vagonima jednakih dužina $l=12$ m. Prvi vagon prolazi pored posmatrača za vreme $t_1=1$ s a drugi za vreme $t_2=2$ s. Odrediti ubrzanje voza,smatrajući da je njegovo kretanje jednako promenljivo.

164. Točak prečnika $d=10$ cm rotira ravnomerno ubrzano. U jednom trenutku ugaona brzina rotacionog kretanja iznosi $\omega=\pi$ rad/s. Po isteku vremena $t=1$ s točak se obrne za ugao $\theta=3\pi$ rad. Odrediti ukupno ubrzanje neke tačke na periferiji točka po isteku datog vremenskog intervala t.

E/ Za učenike II razreda usmerenog obrazovanja

165. U nekom providnom materijalu dužini $x=0{,}01$ mm odgovara $N=20$ talasnih dužina svetlosti jedne određene boje. Kolika je frekvenca te svetslosti, kada je brzina njenog prostiranja kroz dati materijal $c=2{,}8$ 10 m/s?

166. Teg mase $m=0{,}5$ kg okačen je o dve opruge, sa konstantama $k_1=1600$ N/m i $k_2=1400$ N/m, pomoću niti i kotura (sl. 1). Naći period oscilovanja tega. Nit i kotrur su zanemarljivo teški.



Slika 1.

167. O oprugu je okačena nit na kojoj visi teg mase $m=1$ kg. Ako teg povučemo naniže i pustimo on počinje da osciluje. Na koje rastojanje x može da se nadole povuče teg, da bi nit za sve vreme oscilovanja bila zategnuta. Konstanta opruge je $k=300$ N/mm?

Zadatke pripremili: **J. Dojčilović** i **A. Srećković**

UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

Svako rešenje (s rednim brojem zadataka i tekstom) treba obrazložiti na jednoj strani lista hartije. Rešenje treba čitko potpisati punim prezimenom i imenom navodeći razred školu, mesto i svoju adresu. Navedite i ime i prezime nastavnika fizike.

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

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

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

NAGRADNI ZADATAK BROJ 14

Kako biste, koristeći se samo voltmetrom, odredili na kom je kraju dvožilnog električnog provodnika postavljen izvor struje? (Problem se rešava na isti način, bez obzira da li je reč o jednosmernoj ili naizmeničnoj struji; naravno, zahteva se samo primena odgovarajućih voltmetara).

Odabrao **Dušan Koledin**

Napomena: Rešenje pošaljite na adresu Društvo matematičara, fizičara i astronoma SR Srbije (nagradni zadatak iz fizike), p. p. 791, 11001 Beograd. Na samom radu 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.

ZADATAK 4E

(Za mlade eksperimentatore)

Na datoj slici prikazan je pribor i principijelna shema određivanja nepoznatog otpora pomoću ampermetra i voltmetra.

1) Prema principijelnoj shemi povezati linijama koje se ne seku sve elemente tribora.

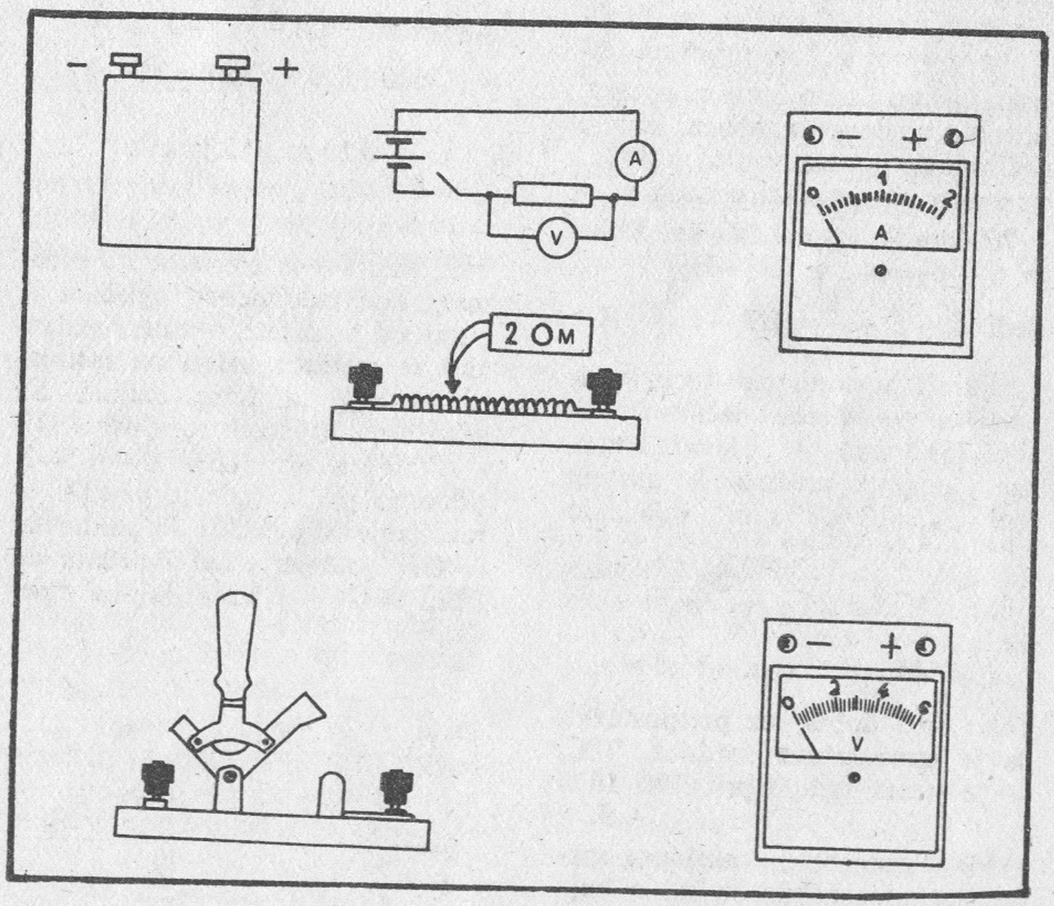
2) Na povučenim linijama, koje predstavljaju električne vodove (veze), označiti slovima A, B, C, . . . mesta na kojima se takođe može nalaziti ampermetar.

3) Kolika je vrednost jednog podeljka skale ampermetra (konstanta C_A), a kolika vrednost jednog podeljka skale voltmetra (konstanta C_V)?

4. Ampermetar i voltmetar kao električni merni instrumenti imaju kalem kroz koji prolazi struja i izaziva odgovarajuće skretanje kazaljke. Koji od ova dva instrumenta ima kalem sa većim otporom? Zašto je tako?

5) Na datom otporniku je naznačeno da je ukupni otpor 2 oma. Obeležite sve priključnice serijski povezanih elemenata kola brojevima od 1 do 8 i odgovorite za koje dve priključnice treba vezati voltmetar (pri merenju otpora) ako otpornik umesto 2 oma ima znatno veći otpor, na pimer, 2000 oma. Zašto je bolje tako vezati?

T.P.



NAPOMENA

Rešavanjem ZADATAKA E lakše ćete ovladati eksperimetanlnim radom u oblasti elektromagnetizma. Svoja rešenja, za koja crteži mogu biti rađeni slobodnom rukom, pošaljite na adresu: Mladi fizičar (ZADACI E), pp 791, Beograd, Knez Mišailova 35/IV.

REŠENJE ZADATAKA IZ MF 16

142. Poznato je da s povećanjem nadmorske visine opada atmosferski pritisak. Atmosferski pritisak opadne za veličinu pritiska vazdušnog stuba date visine: $p_1 - p_2 = \bar{\rho}_v\, g\, (h_2 - h_1)$, gde smo sa p_1 i p_2 označili odgovarajuće atmosferske pritiske na visinama h_1, odnosno h_2, a sa $\bar{\rho}_v$ — srednju gustinu vazduha. Ovde smo uzeli srednju gustinu vazduha, znajući da se usled promene pritiska pri stalnoj temperaturi menja i gustina vazduha. Kako u ovom slučaju promena pritiska nije velika, to ćemo za $\bar{\rho}_v$ uzeti poznatu vrednost iz tablica, koja je definisana za temperaturu 0°C i normalan atmosferski pritisak $p = 760$ mm H : $\bar{\rho}_v = 1{,}293$ kg. Kako je $p_1 - p_2 = \rho_{Hg}\, g\, (H_1 - H_2)$ sledi $h_2 - h_1 = \frac{\rho_{Hg}}{\rho_V}(H_1 - H_2)$. Zamenjujući u prethodan izraz vrednosti za visinu stuba tečnosti žive, $H_1 = 753{,}5$ mm i $H_2 = 752$ mm, kao i poznatu vrednost za gustinu žive $\rho_{Hg} = 13\,600$ kg/m“, dobijamo

$$h_2 - h_1 = \frac{13600\ \text{kg/m}^3}{1{,}293\ \text{kg/m}^3}$$

$$(0{,}7535 - 0{,}752)\ \text{m} = 15{,}8\ \text{m}.$$

Tako smo dobili, uz pretpostavku da je temperatura vazduhs 0 °C, da je visina zgrade približno 16 m

A.S.

143. Primenom Paskalovog zakona lako se dobija da je sila koja deluje na klip veće površine onoliko puta veća, od sile koja deluje na klip manje površine, koliko je puta veća površina većeg klipa u odnosu na manji:

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} = 400\ N \cdot \frac{100\ \text{cm}^2}{10\ \text{cm}^2} =$$

$$= 4000\ N = 4\ kN.$$

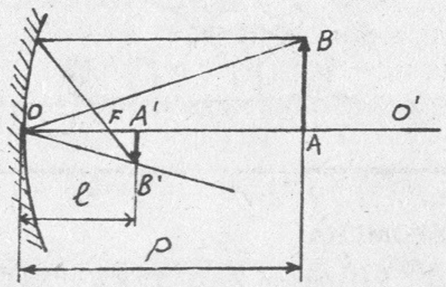
144. Kako su zapremine datih tečnosti jednake, sledi da su jednake i visine stubova datih tečnosti $h_1 = h_2 = h_3 = 10$ cm, jer je stalan poprečni presek suda. Ukupan pritisak jednak je zbiru hidrostatičkih pritisaka svake tečnosti posebno

$$p = p_1 + p_2 + p_3 = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + g h_3 = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)\ g \cdot h =$$

$$= (13600 + 800 + 1000)\text{kg/m}^3 \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}10\ \text{m} \cong 15{,}1\ \text{kPa}.$$

A.S.

145. Kao što je poznato, lik predmeta kod izdubljenog ogledala je manji od predmeta, obrnut i realan, ako se predmet nalazi na rastojanju većem od žižne daljine. Sa slike 1. (iz sličnosti trouglova AOB i A'OB') sledi: AB/A'B' = p/l = 3, odnosno p = 3l, (gde je p = OA — rastojanje od ogledala do predmeta, l = OA' rastojanje od ogledala do lika, f = OF — žižna daljina ogledala)



Slika 1.

Koristeći formulu za izdubljeno ogledalo $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{l}$, dobijamo $f = \frac{p \cdot l}{p + l}$, odnosno $f = p/4$; $p = 4f$ računajući da je $p = 3l$.
Približimo li predmet ogledalu za $d = 15$ cm, kako je to i pretpostavljeno u zadatku, sličnim rasuđivanjem kao gore dobijamo

$$\frac{p - d}{l'} = 1{,}5 \quad \text{i} \quad f = \frac{(p - d) \cdot l'}{p - d + l'} =$$

$$= \frac{p - d}{2{,}5}.$$

Iz poslednjeg izraza i izraza $p = 4f$, koji je dobijen u prvom slučaju, nalazimo da je žižna daljina jednaka

$$f - \frac{p - d}{2{,}5} - \frac{4f - d}{2{,}5}$$

Dalje sledi: $2{,}5f = 4f - d$, odnosno $f = d/1{,}5 = 15\ \text{cm}/1{,}5 = 10\ \text{cm}$.

146. Lupa je obično tanko sabirno sočivo male žižne daljine. Predmet, koji se posmatra pomoću lupe, postavlja se između sočiva i njegove žiže. Tada je dobijeni lik uspravan, imaginaran i uvećan.

U zadatku je rastojanje lika od optičkog centra lupe jednako daljini jasnog vida d, pa se jednačina lupe može napisati u obliku:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{d}.$$

Odavde se za vrednost rastojanja posmatranog predmeta od lupe dobija

$$p = \frac{df}{d + f} = \frac{25\ \text{cm} \cdot 6\ \text{cm}}{25\ \text{cm} + 6\ \text{cm}} =$$

$$= 4{,}84\ \text{cm}.$$

147. U ovim okolnostima na česticu, koju smo uveli u električno polje, deluju dve sile: njena sopstvena težina $Q = mg$, gde je g ubrzanje Zemljine teže, i elektrostatička sila $F = qE$. Pošto obe ove sile imaju iste pravce (vertikalne), a suprotne smerove, to će se čestica kretati gore ili dole u zavisnosti od toga koja sila ima veći intenzitet. Čestica se neće kretati, već će lebdeti, kada sile Q i F budu uravnotežne, tj. kada budu imale jednake intenzitete Ovaj uslov je ispunjen kada je $mg = qE$. Odavde se dobija:

$$m = \frac{qE}{g} = \frac{0{,}1 \cdot 10^{-6}\ \text{C} \cdot 20\ \text{N/C}}{9{,}81\ \text{m/s}^2} =$$

$$= 2{,}04 \cdot 10^{-7}\ \text{kg} = 0{,}204\ \text{mg}.$$

J.D.

148. Talasna dužina talasa vode jednaka je razmaku između dva najbliža brega (ili ulegnuća) i iznosi $\lambda = 1{,}6$ m. Frekvenca oscilovanja jedne tačke talasa (pluta udice) iznosi

$$\nu = \frac{n}{t} = \frac{25}{10\ s} = 2{,}5\ s^{-1}.$$

Brzina prostiranja talasa jednaka je proizvodu frekvence ν i talasne dužine λ, tako da u našem slučaju dobijamo: $v = \nu \cdot \lambda = 2.55 \quad 1{,}6\ \text{m} = 4{,}0$ m.

A.S.

149. Pri prelazu iz jedne u drugu optičku sredinu frekvenca talasa se ne menja ν=const. Kako je u datoj sredini proizvod frekvence i talasne dužine jednak brzini prostiranja talasa, ($\lambda_1\nu=c_1$ i $\lambda_2\nu=c_2$) sledi da je promena talasne dužine srazmerna promeni brzine prostiranja talasa:

$$\lambda_2-\lambda_1=\frac{1}{\nu}(c_2-c_1)$$

gde smo indeksima 1 označili veličine vezane za vodu, a sa 2 veličine vezane za vakuum. Odavde lako dobijamo veličinu promene talasne dužine:

$$\lambda_2-\lambda_1=\frac{1}{7{,}5\cdot10^{14}s^{-1}}(3{,}00-$$

$$-2{,}23)\cdot10^8\frac{\mathrm{m}}{s}\cong103\,nm.$$

150. Broj navojaka N_p na primaru i broj navojaka N_s na sekundaru stoje u odnosu:

$$N_p/N_s=U_p/U_s=220\,\mathrm{V}/4\mathrm{V}=55.$$

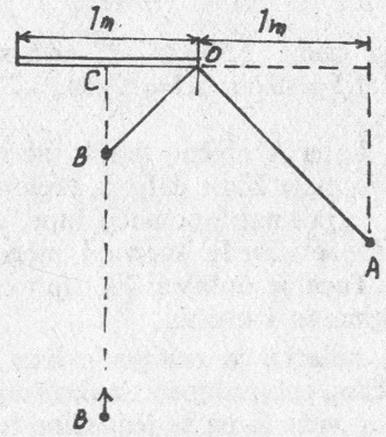
Ako je stepen korisnog dejstva transformatora 100%, snaga P_p koja se razvija u kolu primara jednaka je snazi P_s koju razvija struja u kolu sekundara. Pošto je $P_p=U_pI_p$ i $P_s=U_sI_s$ (gde je I_p — jačina struje koja teče kroz primar), a I_s — jačina struje koja teče kroz sekundar, biće $U_pI_p=U_pI_p$, odnosno

$$I_p/I_s=U_s/U_p=4\mathrm{V}/220\mathrm{V}=0{,}018$$

J.D.

151. U prošlom broju Mladog fizičara tehničkom greškom nisu odštampane dve slike, pri čemu se prva slika odnosi na ovaj zadatak i bez nje rešenje nije moguće (druga slika je trebalo da bude data uz rešenje zadatka 135.). Uz izvinjenje zbog učinjenog propusta, dajemo rešenje zadatka sa odgovarajućom slikom (sl. 2).

Čovek B će ugledati čoveka A u ogledalu kada zrak od A padne u tačku B posle odbijanja od ravnog ogledala u tački 0. Pošto je upadni ugao jednak uglu odbijanja, to je, očigledno, da će zraci BO i AO padati na ogledalo pod istim uglovima. Na osnovu datih dimenzija ogledala i rastojanja sledi da su ovi uglovi jednaki 45°, što znači da je BC=CO=0,5 m.



Dakle, čovek B će ugledati čoveka A u ogledalu i obrnuto, kada se on bude nalazio na rastojanju 0,5 m od ogedala.

J.D.

ODGOVORI NA ZADATKE — PITANJA IZ BROJA 16

55. Zveckanje prozorskog okna nastaje usled pojave mehaničke rezonancije koju kao fizičku pojavu karakteriše maksimalna amplituda treperenja datog tela. Da bi nastala rezonancija potrebno je da tzv. *sopstvena učestanost* datog tela bude jednaka učestanosti izvornih oscilacija. A šta nazivamo sopstvenom učestanošću?

Sopstvena učestanost je učestanost sa kojom osciluje ili treperi neko telo u odsustvu spoljašnjeg dejstva na račun energije koja mu je prethodno saopštena. Ta učestanost zavisi samo od mase tela.

Prolaz vozila vrši stalno sabijanje i razređivanje okolnog vazduha Periodične promene pritiska mehanički deluju na prozorsko okno. Kada frekvencija saobraćaja, tj. učestanost nailazaka vozila postane jednaka sopstvenoj učestanosti okna, nastaće primetno podrhtavanje (zveckanje) prozora.

Stavljanjem plastelina na staklo (prilepljen komadić) menja se ukupna masa prozorskog okna i smanjuje sopstvena učestanost, što sprečava pojavu rezonancije pri datim uslovima saobraćaja.

56. Hoće . Svi magneti koji su dobijeni isecanjem namagnetisanog čeličnog štapa imaju jednaku jačinu magnetnih polova, bez obzira sa kog dela štapa potiču. Magnetni polovi se ne mogu razdvojiti.

57. Pojedini delovi časovnika napravljeni su od čelika (spiralna opruga, osovinice, zavrtnji). Kada im se približi magnet, ovi delovi se namagnetišu i deluju jedni na druge. Tada časovnik ne radi dobro i ne pokazuje tačno vreme.

Usled stresanja se posle izvesnog vremena izvrši razmagnetisavanje i časovnik ponovo dobro radi. U cilju zaštite od magnetnog polja Zemlje i drugih spoljašnjih magnetnih polja, većina časovnika je zaštićena čeličnim omotačem, preko koga se izvrši zatvaranje magnetnih linija sila i onemogući njihovo prodiranje do delova časovnika.

58. U radio aparatima se koriste elektronske cevi (triode) ili poluprovodničke triode — *tranzistori*. Prema tome, tranzistor je naziv za poluprovodničku triodu, koja je samo jedan deo prijemnika. Pravilan naziv za poluprovodnički prijemnik je *tranzistorisani radio prijemni*k.

59. Učili ste da se svetlost pri prolazu kroz prizmu prelama prema njenom debljem kraju i da se na taj način može vršiti usmeravanje svetlsosti u željenom pravcu. Staklena povrdšina automobilskog fara je izbrazdana zato da bi se ponašala kao niz prizmi koje vrše prelamanje i fokusiraju svetlost ispred vozila.

60. Svetlost koju emituje ekran televizora naziva se **katodno-luminiscentnom svetlošću.** Nastaje pri udaru elektrona iz katodne cevi u sloj luminofora kojim je prekriven ekran sa unutrašnje strane. Atomi luminofora, na primer, ZnS Ag pobuđenju se elektromagnetnim poljem upadnih elektrona. Vraćanjem elektrona luminofora iz viših energetskih stanja u osnovna, zrači se vidljiva svetlost.

T.P.

ZADACI

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BROJA 14 DOSTAVILI SU:

(Nastavak)

4. OŠ »22. decembar«, Gornji Krupac, (nastavnik fizike: Slobodan Mitić), Mladenović Nebojša, VII raz., 114, 115; Branković Gordana, VI raz., 111; Milojević Biljana, VIII raz., 117, 119; Stanković Snežana, VIII raz., 116, 119; Milutinović Anđelka, VII raz., 114, 115.

5. OŠ »22. decembar«, Aleksinac, (nastavnik fizike: Slobodan Mitić), Lukić Jasmina, VI raz., 111; Vukašinović Tatjana, VI raz., 111; Filipović Vesna, VI raz., 111; Tasić Lidija, VI raz. 111;

6. OŠ »22. decembar«, Katun (nastavnik fizike: Slobodan Mitić), Golubović Brale, VIII raz., 116, 119; Đorđević Marina, VIII raz., 116;

7. OŠ »Oton Župančić«, Zemun, (nastavnik fizike: Jelica Crnjanski), Ostojić Vladimir, VII, raz., 113, 114, 115, 116, 117; Spasojević Mirjana, VII raz., 113, 114, 115.

8. OŠ »Sutjeska«, Zemun, (nastavnik fizike: Bogdan Abramović), Ramadanović Sejdo, VI raz., 110, 111, 112; Vujović Goran V, raz., 110, 111, 112; Krstić Nebojša, VI raz., 100, 111, 112.

9. OŠ »Stanimir Veljković-Zele«, Bojnik (nastavnik fizike: Blagoje Maksimović), Đorđević Olivera, VI raz., 110, 111, 112; Mitić-Nebojša, VII raz., 113, 114, 115.

10. OŠ »Milan Ilić-Čiča«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Radojka Berisavac),Mil Milanović Marija, VII raz., 115; Madžurević Tatjana, VII raz., 113, 115;

11. OŠ »Šumadijski partizan«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Radojka Berisavac), Veljković Gordana, VII raz., 115; Rankusović Nataša, VII raz., 115.

12. OŠ »M. Čajetinac-Čajka«, Trstenik (nastavnik fizike: Vojislav Lazarević), Šaranović Vladimir, VI raz., 11, Miljković Vesna VI raz., 111.

13. OŠ »Jusuf Jakubović«, Tuzla, (nastavnik fizike: Ankica Perun), Šnel Dubravko VII raz., 114, 115; Kicić Goran, VII raz., 115; Vildana Kalčo, VII raz., 114, 115.

14. OŠ »Bata Bučić«, Petrovac na Mlavi, (nastavnik fizike: Borivoje Jovanović) Đurević Mićo, VII raz., 113, 114, 115.

15. OŠ »24. juli«, Vitovlje, Slavnić Stana, 95, 96.

16. OŠ »Braća Ribar«, Beograd, (nastavnik fizike: Branka Nahtigal), Jovanović Jelena, VI raz., 111;

17. OŠ »Jovan Popović«, Kikinda, (nastavnik fizike: Milorad Santovac) Kukić Snežana, VII raz., 115.

18. Bele Vode, Beograd, Vučković Nikola VII raz., 113, 114, 115.

19. OŠ »Olga Milošević«, Smederevska Palanka, (nastavnik fizike: Borivoje Vukomanović), Vasić Marina, VII raz, 113.

20. OŠ »Jelena Ćetković«, Beograd, (nastavnik fizike: Stjepan Krsmanović), Sremčević Stanislava, VII raz., 114.

21. OŠ »Popinski borci«, Vrnjačka Banja, (nastavnik fizike: Angelina Sretenović), Janković Đorđe, VII raz., /112/, 113, 114, 115.

22. OŠ »Rada Miljković«, Svetozarevo, (nastavnik fizike: Tomislava Živković/, Milošević Mirjana, VI raz., 111.

23. OŠ »Petar Vgrolić«, Ljubovija, (nastavnik fizike: Pavle Perić), Marković Mirjana, VI raz., 111.

24. OŠ »Dragočaj«, Dragočaj, (nastavnik fizike: Matuha Franjo), Mijatović Jasna, VII raz., 114, 115; Aleksić Dragica, VIII raz., /114, 115/,

25. OŠ »Darinka Pavlović«, Beograd, (nastavnik fizike: B. Beljančević), Laban Olgica, VII raz., 114. 113.

26. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak, Pešić Gordana, VI raz., 111, 112.

27. OŠ »Vuk Karadžić«, Surčin, (nastavnik fizike: Ljubica Crnjanski), Đorđević Lidija, VII raz., 114.

28. OŠ »Vuk Karadžić«, Čačak, Vukomanović Zorica, VII raz., 11, 112,

ZADACI

29. OŠ »25. maj«, Pleš, Miodragović Bojana, VII raz., 114, 115.

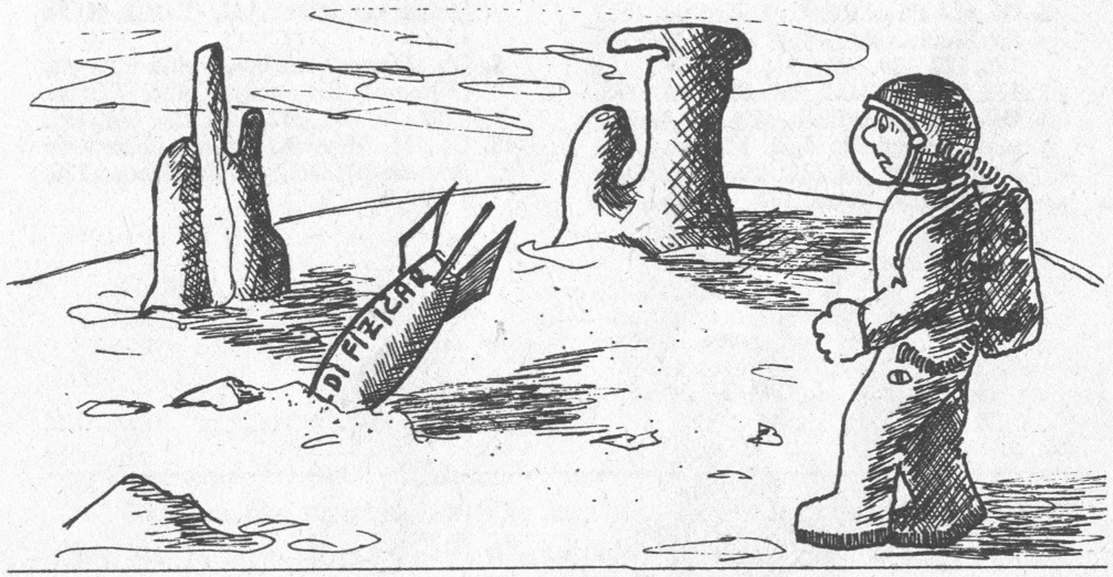
30. OŠ »8. oktobar«, Vlasotince, (nastavnik fizike: Mikočević), Stojanović Gorani VII raz., 113, 114.

31. OŠ »Milica Pavlović«, Čačak, (nastavnik fizike: Jevrem Ristanović), Đurić Zorica, VII raz., 113, 114, 115.

32. OŠ »Nemanja Vlatković«, D. Vakuf, (nastavnik fizike: Ajša Romljak), Huse-, nagić Belma, VII, raz., 112, 113, 114.

33. OŠ »Jovan Popović«, Novi Sad, (nastavnik fizike: Jevrem Obremov), Marović Nataša, VII raz., 116.

34. OŠ »Josip Broz-Tito«, M. Popović, (nastavnik fizike: Ružica Jakovljević), Iričanin Bratislav, VII raz., /111i 112, 113/i 114, 115.



NAGRADE

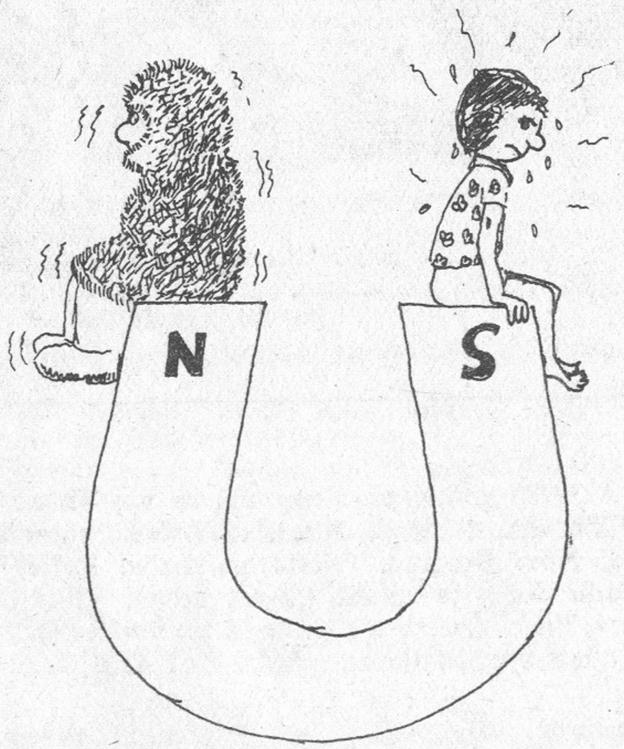
U školskoj 1979/80 godini prvu nagradu za najviše tačnih odgovora na **ZADATKE-PITANJA** dobio je **Branislav Iričanin,** učenik VII-3, OŠ »Josip Broz-Tito«, Novi Beograd. (Nastavnik fizike **Ružica Jakovljević).**

Drugu nagradu dobio je **Andrić Goran,** učenik VI-1, OŠ »Miroslav Jovanović Cerovac«, Vrčin. (Nastavnik fizike **Milan Baričević).** Za pokušaj da sami sastavljaju i odabiraju zadatke za rubriku **ZADACI-PITANJA** pohvalju ju se:

1. **Sonja Žarković,** VII-2, OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac.
2. **Adonovski Tome,** VII-v, OŠ »Grigor Prličev« Ohrid.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BR. 15 DOSTAVILI SU_2

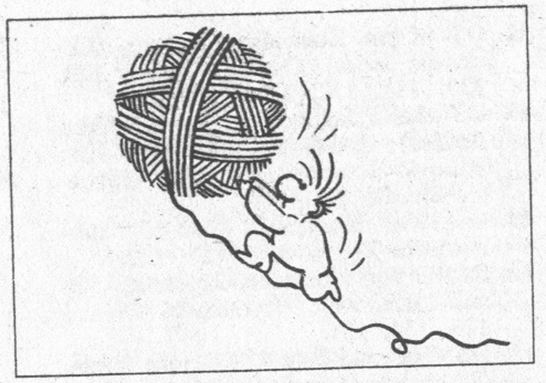
1. OŠ »Karađorđe«, Topola, (nastavnik fizike: Miomir Mladenović): Janković Kosovka 126, 128; Ristović Nataša 129, 130, 131; Đorđević Boban 126. 127, 128; Živanović Aleksandar 126, 128; Đorđević Jasminka 126, 128; Spasić Zoran 126, 127, 128; Tanasijević Ljubiša 129, 130, 131; Jevđić Nataša 133, 134, 135; Mihailoviić Tatjana 133, 134; Milovanović Ljiljana 133, 134, 135.
2. OŠ »22 Decembar«, G. Krupac, (Mitić Slobodan): Mladenović Nebojša 126, 127, 129, 130, 131; Vasić Dragana 132, 134; Stanković Snežana 135.
3. OŠ »Gavrilo Princip«, Zemun, (Abramović Bogdan): Igić Mirjana 126; Subotić Nebojša 131; (Đorđević Dragoslav) Igić Vesna 132.
4. OŠ »Branko Radičević«, Ilidža, (Šimić Augustin): Rebac Boris 132, 133, 134, 135; Jalman Jamir 134, 135.
5. OŠ »Nada Purić«, Valjevo, (Milić Ljiljana): Radosavljević Jasmina 130
6. OŠ »Josip Broz — Tito«, N. Beograd: Iričanin Bratislav 126, 129, 130, 131, 133, 135.
7. OŠ »K. Stamenković«, Leskovac, (Milenković Boško): Petković Igor 126, 127, 129, 131, 132, 133.
8. OŠ »Jovan Popović«, S. Mitrovica: Stefanović Milan 133; Krstić Milka 133.
9. OŠ »Stevan Sinđelić«, Veliki Popović, (Filipović Živomir): Simić Tatjana 126, 129, 130, 132, 131, 133, 134, 135.
10. OŠ »S. Miletić«, Zemun, (Jovanović Branislava): Dragošević Valentina 126, 127, 128.



11. OŠ »Oton Župančić«, Zemun, (Crnjanski Jelica): Ostojić Vladimir 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135.
12. OŠ »Jusuf Jakupović«, Tuzla, (Peran Ankica): Erdeljan Zoran 126, 128; Babović Jasmina 133, 134; Kurbašić Elvedin 126.
13. OŠ »Vuk Karadžić«, Čačak: Vukomanović Zorica 126, 127, 128.
14. OŠ »Braća Jerković«, Železnik, (Tomić Jezdimir): Jevremović Nenad 126, 134, 135.
15. OŠ »Popinski borci«, Vrnjačka Banja, (Sretenović Angelina): Janković Đorđe 126, 129, 131.
16. OŠ »Đura Daničić«, Beograd (Kaluđerica), (Vučetić Nikola): Spasić Obrad 133, 134, 135.
17. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak: Pešić Gordana 126.
18. OŠ »Darinka Pavlović«, Beograd, (Stamenković Branka): Laban Olgica 131, 132.
19. OŠ »Milan Milošević — Ćopo«, Mrčajevci, (Milosavljević Stojanka): Koričanac Goran 129, 131.
20. OŠ »27 juli«, Vitovlje, (Anđelić Ljubomir): Slavnić Stana 128, 130.
21. OŠ »Jovan Popović«, Beograd, (Ljiljaković): Šteković Igor 126, 128.
22. OŠ »Sutjeska«, Zemun, (Abramović Bogdan): Simić Zoran 126.
23. OŠ »17 Oktobar«, Svetozarevo, (Mikić Milorad): Cvetković Darko 126.
24. OŠ »Petar Vrgolić«, Ljubovija, (Perić Pavle): Jakšić Milomir 111.
25. OŠ »IV Kraljevački Bataljon«, Kraljevo, (Savićević Zaga): Anđelić milisav 126.
26. OŠ »Hajduk Veljko«, Štubik, (Nikolajević Natalija): Stojimiroić Novica 126.
27. OŠ »Milan Ilić — Čiča«, Aranđelovac, (Milivojević Mila): Petrović Zoran 111.
28. OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac, (Stepanović Miodrag): Žarković Sonja 130.

Molimo one naše pretplatnike koji nisu izvršili uplatu pretplate da to učine što je moguće pre. Pošto više od polovine pretplatnika nije izvršilo uplatu, »Mladi fizičar«, koji ne prima nikakve dotacije, doveden je u tešku finansijsku situaciju, jer nema sredstava da plati ni štamparske usluge štampanja ovog narednog broja. Nedostatak finansijskih sredstava otežava i distribuciju lista.

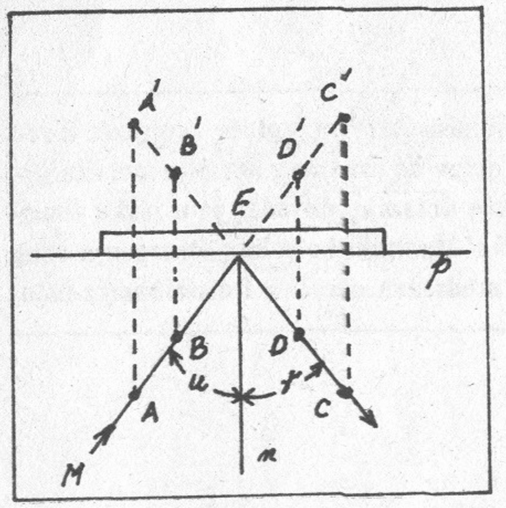
POKUŠAJTE



ZRCALO U ZRAKU I VODI

ANĐELKO TEČIĆ (Rijeka)

Učenici osnovne škole u okviru laboratorijskih vježbi ispituju refleksiju svjetlosti od ravnog zrcala. Pribor koji pri tome upotrebljavaju sastoji se od ravnog zrcala, priljepljenog na drveni kvadrat tako da stoji vertikalno, arka čistog bijelog papira, 4 pribadače za viziranje i ploče od plute koja stoji na stolu. Pribor se postavi kako pokazuje slika 1.



Slika 1.

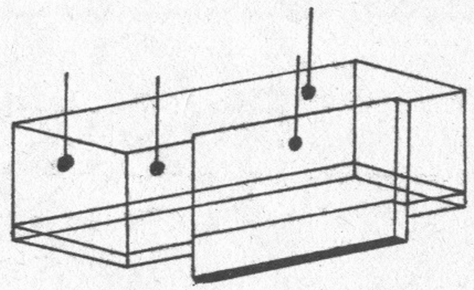
Uzduž zadnjeg ruba kade povuče se linija i kada se pomakne tako da je reflektirana površina zrcala iznad povučene linije. Upotrebimo zatim pribadače i viziramo ih u zrcalu ali kroz vodu. Kad označimo mjesto pribadača, odmaknemo kadu i crtamo upadnu i reflektiranu zraku. Gdje se ove zrake sijeku? Crtež pokazuje da se zrake sijeku ispred zrcala. Učenici će često ponoviti eksperiment misleći da su pogriješili ili će neki od njih simulirati rezultat.

Ovdje je potrebno razviti diskusiju s učenicima iz koje se može očekivati da će netko od učenika sugerisati mogućnost da zrake svjetlosti ulazeći u vodu skreću. U tom slučaju potrebno je ovu pretpostavku provjeriti, puštajući snop svjetlosti da prolazi kroz vodu, gdje se može vidjeti da se svjetlost lomi u vodi i to ka okomici.

Arak bijelog papira postavimo na ploču od plute i povučemo na njemu pravac p. Zrcalo stavimo na papir, tako da njegov donji rub dotiče pravac p. Zabodemo vertikalno u dasku pribadače Ai B, tako da se pokrivaju ako ih gledamo iz položaja M. Ne pomjerajući položaj gledanja, zabodemo u dasku pribadače C i D, tako da njihove slike C' i D' leže na produžnici od

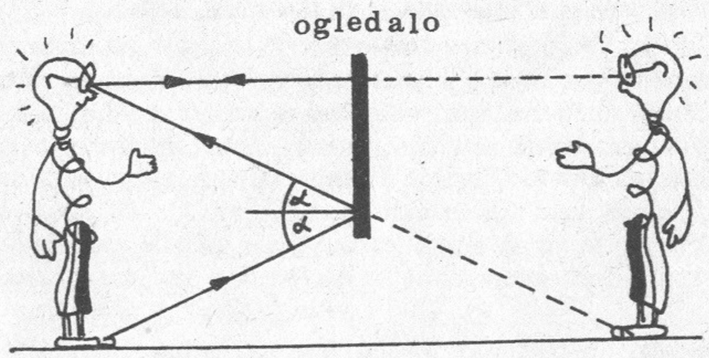
A i B. Gledamo zatim u zrcalo u smjeru CD i provjerimo da li i slike od A i B, dakle A' i B', leže na produžnici CD. Kad smo to provjerili, povučemo pravce koji se sijeku u točki E. U točki E povučemo okomicu na pravac p. Na taj način dobijemo kut upadanja u i kut refleksije r. Te kutove izmjerimo kutomjerom i provjerimo za kon refleksije.

Navedeni postupak može biti modificiran uvodeći učenike u lom svjetlosti. Za ovaj eksperiment potrebna je još četvrtasta prozirna



Slika 2.

staklena kada napunjena s vodom. Kada sa vodom se postavi na bijeli papir a zrcalo uz zadnju plohu kade (slika 2.).



Znanstveno-metodički

bilten iz fizike

Društvo matematičara i fizičara SR Hrvatske

Izdavač: Društvo matematičara i fizičara SR Hrvatske
ZAGREB – Marulićev trg 19, tel.

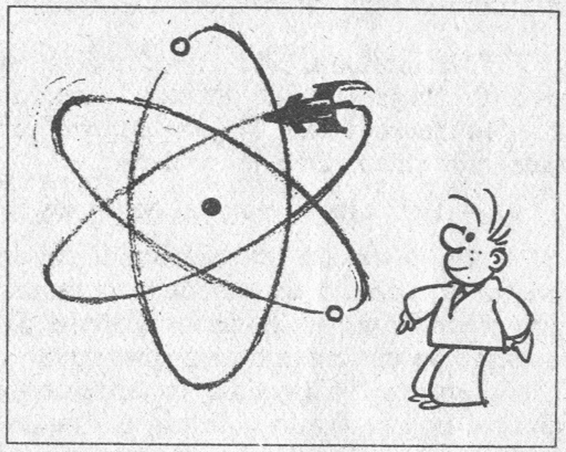
Izlazi četiri puta godišnje.

Pretplata za nastavnike iznosi 80 - dinara godišnje a za škole i ustanove 150 - dinara godišnje.

Cijena pojedinog broja 30 - dinara.

Pretplatu s naznakom za BILTEN slati na žiro-račun
30102-678-4202

FIZIKA DANAS



MAJKELSON-MORLIJEV OGLED I TEORIJA RELATIVNOSTI

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Jedan od naučnih događaja u fizici koji sui s presudno uticali na naše shvatanje prirode je objavljivanje Specijalne i Opšte teorije relativnosti, koje su svome tvorcu Albertu Ajnštajnu donele svetsku slavu. Ajnštajn je čovečanstvo zadužio i drugim otkrićima, koja bi mu takođe donela mesto među najpoznatijim umovima današnjice, ali običan čovek najčešće povezuje njegovo ime sa teorijom relativnosti. Mnogo manji broj ljudi zna da su Ajnštajn i Silard dali ljudima frižider, koji je daleko više postao sastavni deo naše svakodnevice.

Kao i većina teorija koje iz osnova menjaju naša shvatanja i pokazuju nam da je naša slika prirode bila pogrešna, tako je i teorija relativnosti imala veliki broj protivnika. Njihova borba je često išla i u ideološkom i političkom pravcu, što je za jednu egzaktnu nauku, kakva je fizika, danas neoubičajeno. Za teoriju relativnosti su postali zainteresovani i mnogi ljudi koji su po strani od nauke te se danas o ovoj teoriji često mnogo više govori nego što se zna. U ovom i sledećim brojevima »Mladog fizičara« detaljnije ćemo se u rubrici »Fizika danas« pozabaviti teorijom relativnosti i problemima savremene astrofizike u kojima je njen uticaj naročito veliki.

Prva eksperimentalna potvrda teorije relativnosti, odnosno ogled koji je u suprotnosti sa ranijim shvatanjima, a može se objasniti novom teorijom, izvedena je još mnogo pre nego što je teorija relativnosti objavljena. To je čuveni Majkelson-Morlijev ogled, čiji je negativan rezultat iz temelja zaljuljao sliku sveta koju je pružala klasična fizika.

Dva mornara, Džo i Mo, doživeli su brodolom i dospeli na pusto ostrvo. Prošlo je nekoliko godina. Jednog dana Džo je pronašao na obali bocu koju su izbacili talasi. To je bila nova, litarska boca za Koka-Kolu kakvu do tada nije video. Džo je pobledeo.

— Hej, Mo — povikao je — mi smo se smanjili.

Ova neobična pričica navodi na ozbiljan zaključak. Dimenzije nekog predmeta možemo da određujemo samo ako ga uporedimo sa nekim drugim predmetom; znači, one su relativne. Da izmerimo dužinu nekog predmeta možemo da upotrebimo na primer metar. Ali kolika je dužina jednog metra? Do 1. januara 1962. godine, metar se definisao kao dužina određenog komada platine, koji se čuvao u Sevru, u Francuskoj. Danas, metar se definiše kao 1 650 763,73 talasnih dužina zračenja, koje odgovara narandžastoj liniji spektra kriptona 86. Zamislimo da se sve u Vasioni, uključujući i talasnu dužinu ovog zračenja, uveća ili smanji u istoj srazmeri. Mi nikakvim eksperimentom ne bismo mogli da ustanovimo ovakvu promenu.

Sve što je rečeno važi i za brzinu. Apsolutno kretanje ne postoji i ono se može odrediti samo relativno, u odnosu na nešto. Još je Galilej zaključio da zakoni fizike treba da su isti sa tačke gledišta proizvoljnog posmatrača koji se kreće konstantnom brzinom, nezavisno od pravca i veličine ove brzine. *Ne postoji način da se utvrdi apsolutna brzina, odnosno zakoni fizike ne zavise od ravnomernog pravolinijskog kretanja sistema u kome ih proveravamo.* To je *Galilejev princip relativnosti.* Sve je bilo u redu dok nisu bili otkriveni elektromagnetni talasi čiji su zakoni prostiranja izgledali nespojivi sa ovim principom.

Sva do tada poznata talasna kretanja svodila su se na prostiranje poremećaja čestica materijalne sredine. Međutim, elekrtomagnetni talasi su se prostirali i kroz prazan prostor (vakuum). Naučnici su smatrali da neki nosilac elektromagnetnih talasa mora da postoji i u vakuumu. Zato je uvedena pretpostavka da je cela Vasiona ispunjena nepokretnom i nevidljivom materijom koja je nazvana *etar*. Njegova uloga bila je da služi kao nosilac elektromagnetnih talasa. Teoriju prostiranja elektromagnetnih talasa razvio je Maskvel i ona je u svoje jednačine uključivala i brzinu. Usled toga, izgledalo je da posmatač koji je u miru i posmatrač koji se kreće dobijaju različite rezultate iz istog eksperimenta.

Postojale su tri mogućnosti da se nastale razlike između zakona mehanike i zakona elektromagnetizma uklone. Trebalo je promeniti ili princip relativnosti, ili Maksvelovu teoriju, ili klasičnu mehaniku.

Jedan od prvih zaključaka bio je da princip relativnosti važi u mehanici, ali nije pogodan za elektrodinamiku u kojoj postoji privilegovano posmatrnje kretanja u odnosu na etar i svetlost se samo u odnosu na etar prostire brzinom c 300000 km/s. Ako se posmatrač kreće prema izvoru svetlosti brzinom v u odnosu na etar, brzina svetlosti bi za njega bila $c+v$. Na taj način bi se sve brzine mogle smatrati apsolutnim. Njih možemo izmeriti u odnosu na **mirujući** etar.

Zemlja se, na svom putu oko Sunca, kreće u prostoru brzinom od oko 30 km/s. Ako se Zemlja kreće kroz etar, posmatrač će moći da smatra da ona miruje, a etar se kreće u suprotnom smeru. Dovoljno je samo da izmerimo brzinu sa kojom svetlost prolazi neko rastojanje na Zemlji, napred i nazad. Usled toga što se etar prividno kreće, a brzina svetlosti je konstanta samo u odnosu na etar, svetlost će se u jednom pravcu kretati brže nego u drugom. Upoređujući brzine svetlosti u raznim pravcima, mogli bismo naći pravac i brzinu apsolutnog kretanja Zemlje. Ovakav eksperiment je predložio Džems Klerk Maksvel još 1875. godine, četiri godine pre Ajnštajnovog rođenja.

Eksperiment je izveo 1881. godine Albert Abraham Majkelson. U to vreme on je bio američki mornarski oficir, ali ga je fizika daleko više privlačila. Pošto je uzeo odsustvo, otputovao je u Evropu gde u Helmholcovoj laboratoriji, na Berlinskom univerzitetu, po prvi put pokušava da izmeri brzinu svetlosti u odnosu na etar. Na svoje veliko zaprepašćenje nije mogao da ustanovi nikakvu razliku u brzini svetlosti koja se kretala u raznim pravcima.

Majkelson je napustio vojnu službu i postao profesor u Klivlendu, u državi Ohajo. Tu se sprijateljio s Edvardom Vilijemom Morlijem, sa kojim je 1887. ponovio eksperiment nmnogo tačnije. Aparat koji je dobio ime *Majkelsonov interferometar,* sastojao se od sistema ogledala koja su usmeravala svetlostni zrak u određenom pravcu i odbijala ga tamo i natrag osam puta Na taj način put zraka je bio veliki, a aparat je istovremeno bio dovoljno malih dimenzija da je mogao da se okreće u željenom pravcu. Istovremeno, drugi sistem ogledala omogućavao je da svetlost prođe isti put u pravcu koji je normalan na prethodni. Cela aparatura je postavljena na kvadratnu kamenu ploču, čije su stranice veličine 1,5 m, a debljina oko 30 cm. Ploča je plivala u živi da bi se izbegle vibracije i omogućilo njeno okretanje. Majkelson je očekivao da će zrak svetlosti koji je paralelan sa pravcem prividnog kretanja etra, da se kreće sporije nego zrak koji se kreće normalno na ovaj pravac. Međutim, eksperiment je dao negativan rezultat. Jedna od prvih pretpostavki je bila da je u vreme eksperimenta Zemlja slučajno imala po veličini i pravcu istu brzinu kao i etar. Zato su Majkelson i Morli ponovili eksperiment šest meseci kasnije, nadajući se da će dobiti dvostruko veći efekat, ali rezultat je bio opet negativan.

Pretpostavka da Zemlja vuče za sobom etar je otpala, jer je analiza takvog slučaja pokazala da bi se onda vidljive zvezde svake godine pomerale napred — nazad, a to nije primećeno. Da je ovaj eksperiment izveden nekoliko stotina godina ranije, nikoga ne bi naročito začudio njegov ishod. Smatralo bi se da je to samo eksperimentalna potvrda činjenice da je Zemlja u centru svemira i da je apsolutno nepokretna, ali krajem devetnaestog veka naučnici su bili veoma iznenađeni ishodom.

Ficdžerald i Lorenc su pretpostavilili da se dužina svih tela koja se kreću brzinom v u odnosu na etar skraćuje i da to kompenzuje očekivani efekat. Da bi se to proverilo, eksperiment je ponovljen sa interferometrom čiji su kraci bili različite dužine. Rezultat je opet bio negativan.

Neki su razmišljali i o napuštanju Maksvelovih jednačina i o povratku na Njutnovu korpuskularnu teoriju svetlosti ili koncepciju o svetlosti kao o nekoj vrsti oscilacija sličnih elastičnim.

Poslednju mogućnost za objašnjenje rezultata Majkelson-Morlijevog ogleda, izmenu osnova klasične mehanike, razmotrio je Albert Ajnštajn 1905. godine. On je pretpostavio da se svetlost u vakuumu kreće istom brzinom u odnosu na sva tela koja se kreću postojanom brzinom jedno u odnosu na drugo i, relativizirajući vreme, opet uspostavio univerzalno važenje principa relativnosti.

Mimo svih svojih doprinosa nauci, **Hajgens** *nije prihvatio Njutnovu teoriju gravitacije. U jednom pismu Lajbnicu je pisao: »Što se tiče uzroka što ga gospodin Njutn daje za plimu i oseku, zadovoljava me isto tako malo kao i sve druge njegove teorije, osnovane na principu privlačenja koji mi se čini besmislenim.«*

D.K.

FIZIKA I...

MUZIKA

DRAGANA POPOVIĆ (Beograd)

OSNOVNI POJMOVI

Danas ,u doba kvantne mehanike i teorije relativnosti, čini se da su neke oblasti fizike neopravdano dospele u drugi plan. Među njima je i *akustika*, deo fizike koji proučava zvučne pojave. Na sreću, to što je savremena fizika tako oholo odbacila, jedna druga grana ljudske delatnosti, umetnost, sa zahvalnošću je prihvatila.

Poseban deo akustike čini *muzička akustika*, koja se bavi proučavanjem fizičke prirode, uslova dobijanja i karakteristika jednog specifičnog zvučnog fenomena — *tona*. Niz ovakvih specifičnih zvukova, poređanih u ritmički organizovanom vremenskom nizu daje, fenomen koji na prvi pogled nema mnogo veze sa fizikom — *muzičku melodiju.*

Za razliku od *šuma* (buke), neperiodičnog zvučnog talasa čije se vremenske karakteristike neprekidno menjaju, ton predstavlja periodični poremećaj u elastičnoj sredini (u ovom slučaju vazduh), koji nastaje kao posledica mehaničkih oscilacija čestica sredine uslovljenih vibriranjem nekog zvučnog izvora — ljudskog glasa ili nekog muzičkog instrumenta. Pri tome harmonijsko oscilovanje čestica sredine daje *čist (prost) ton* (čist ton nastaje oscilovanjem žice, metalnog štapa ili zvučne viljuške), dok superpozicijom ovakvih prostih tonova nastaje periodični neharmonijski talas — *složen muzički ton* (proizvode ga muzički instrumenti, glasovni aparat čoveka i životinja, zvona). Složen ton se sastoji od osnovnog tona i viših harmonika — prostih tonova čije su frekvence celobrojni umnošci frekvence osnovnog tona, odnosno tona najniže frekvence. U muzici se za osnovni ton uzima ton frekvence 440 Hz, tzv. *kamerni ton.*

Kao fizički fenomen ton se karakteriše visinom, jačinom (intenzitetom) i bojom, dok muzičari govore i o »mekoći«, »toploini« ili »oštrini« tona. *Visina tona* određena je njegova frekvencom (brojem oscilacija zvučnog izvora u 1 s): tonovi ispod 250 Hz su duboki, oni iznad 1500 Hz visoki, dok se između nalazi područje tonova srednje visine. Na visinu tona utiče i njegov intenzitet — što je ton jači on je istovremeno i dublji, s tim što je zavisnost visine tona od intenziteta mnogo izraženija u opsegu niskih frekvenci.

Jačina tona srazmerna je kvadratu amplitude zvučnog talasa; što je amplituda veća, veće su i promene pritiska vazduha na koje naše uho reaguje.* U fizici se jačina tona meri količinom energije koju zvučni talas nosi sa sobom u jedinici vremena kroz jedinicu površine normalnu na pravac prostiranja talasa (jedinica je W/m^2). Raspon intnziteta na koje je čovečije uho osetljivo (odnosno, jačine tonova koje čujemo) kreće se od 10 W/m^2 (tzv. granica bola) do 10^{-12} W/m^2 (tzv. granica čujnosti). Iznad odnosno ispod ovih vrednosti nalaze se tonovi koji izazivaju osećaj bola, odnosno koje ne čujemo (vidi sliku).

Međutim, pošto uho nije podjednako osetljivo na različite frekvence, postoji i subjektivna ocena jačine tona, tzv, »čujnost« ili »glasnost«. Mera glasnosti je *decibel*, jedinica koja se veoma često sreće u muzičkoj literaturi, medicini itd. U decibelima raspon čujnih intenziteta između granice čujnosti i i granice bola ide od 0—130 decibela. Inače, zvučni talas nosi sobom iznenađujuće malu količinu energije: na primer, energija koju utroši 2000 ljudi pri razgovoru u zatvorenoj prostoriji u toku 1.5 časa jedva je dovoljna da se masa vode od 200 gr dovede do temperature ključanja!

Treća karakteristika, *boja tona*, je osobina po kojoj razlikujemo pojedine muzičke instrumente i ljudske glasove — ona zavisi od broja i jačine viših harmonijskih tonova koji prate osnovni ton (bogatstva tzv. akustičkog spektra), veličine instrumenta (izvora tona), materijala od koga je instrument načinjem i načina na koji se proizvodi ton. Boja tona je osnovna karakteristika izvora tona, jer se tonovi različitih instrumenata i kada su iste jačine i visine, uvek razlikuju po boji.

MUZIČKI IZVORI

Tonove, kako smo već naglasili, proizvode muzički instrumenti i glasovni aparat čoveka, kao jedna specijalna vrsta muzičkog instrumenta. Prema građi i načinu dobijanja tonova, muzički instrumenti se dele na:

— *idiofone* (grčki: idios-sopstveni, fone-zvuk) kod kojih se ton stvara vibriranjem metalnog ili drvenog tela, izazvanog udarom, trzanjem ili prevlačenjem (kastanjete, zvona, čineli, harmonika);

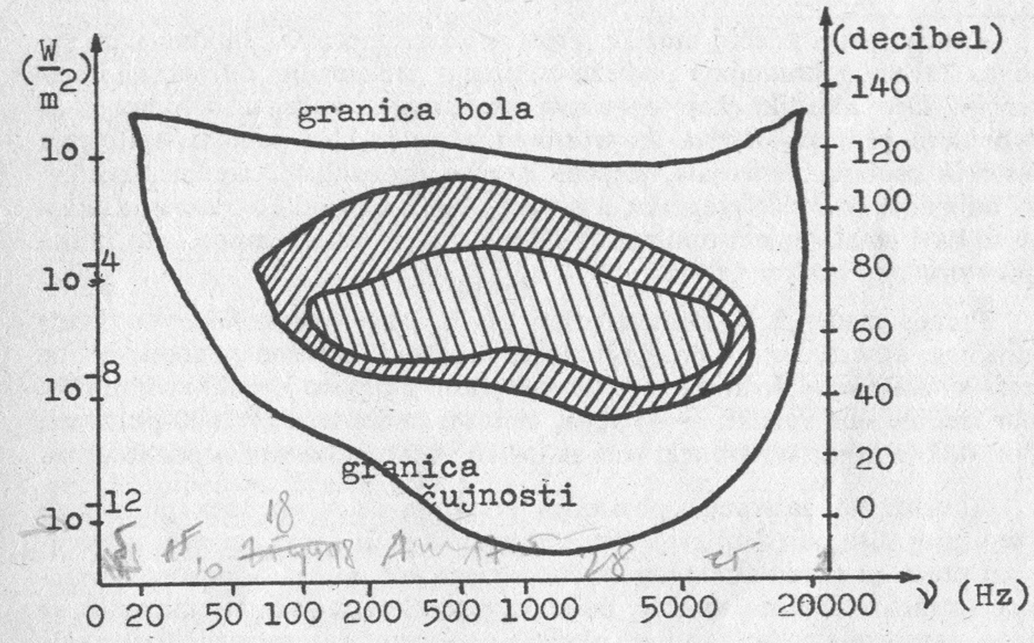
— *membranofone* (lat,. membrana — koža), koji su, kao i idiofoni, takođe udarački instrumenti i kod kojih se ton dobija udaranjem ili prevlačenjem preko zategnute membrane od različitog materijala (kože, hartije itd). (bubanj, doboš);

— *kardofone* (lat. chorda — žica), kod kojih ton proizvodi zategnuta žica, dovedena u stanje vibrariranja trzanjem (gitara, tambure), udaranjem

* Zanimljivo je da osetljivost čovečijeg uha ne raste proporcionalno amplitudi zvučnog talasa (jačini talasa): da bi uho registrovalo pojačanje nekog tona za oko 30 puta potrebno je da se on fizički pojača za skoro 10.000 puta!

pomoću specijalnog mehanizma (klavir) ili prevlačenjem gudala (violina kontrabas);

— *aerofone* (grč. aer-vazduh), kod kojih se ton stvara vibriranjem vazdušnog stuba u telu instrumenta (truba, flauta, orgulje, harmonika).



Na slici je prikazan intenzitet zvuka (u decibelima i W/m^2) u funkciji frekvence. Površina ograničena krivom čujnosti i krivom bola naziva se *površina čujnosti* (*slušno polje*).

Poseban oblik muzičkog instrumenta predstavlja *ljudski glas* koji se stvara u glasovnom organu i daje specifične zvučne oblike-govor i pevanje. Glasovni organ ima *disajno-pokretački deo* (pluća i mišići) u kome se stvara vazdušna struja koja dovodi do vibriranja glasnica, *vibracioni deo*, koji čine glasnice u grlu i čije vibriranje dovodi do vibriranja vazduha u tzv. rezonantnim šupljinama u telu (grudi i glava) i *rezonantni deo*, koji čine telesne šupljine. Po tipu, ljudski glas spada u duvačke (aerofone) muzičke instrumente

Danas je u razvoju i poseban muzički oblik, elektronska muzika, koja se dobija pomoću elektroakustičkih aparata, na principu pretvaranja električne energije u mehaničku, tj. zvučnu. Tu spadaju *elektroakustične orgulje*, u kojima se zvuk ne proizvodi vibriranjem vazdušnog stuba u cevima, već pomoću specijalnog generatora, koji proizvodi električne impulse određene frekvence; *elektrofon*, gde ton proizvodi specijalno električno zvono i instru-

ment sa neobičnim nazivom — *Martenovi talasi*, gde ton nastaje interferencijom talasa različitih frekvenci proizvedenih u elektronskim cevima, a zatim se pojačava u specijalnim zvučnicima.

SREDINA

Zvučni talasi, znači i muzika, prostiru se kroz prostor shodno svim zakonima talasnog kretanja i podležu odbijanju, prelamanju, difrakciji i interferenciji. Deo akustike koji proučava prostiranje zvuka u otvorenom ili zatvorenom prostoru naziva se *prostorna akustika*. Na osnovu ispitivanja akustčkih osobina materijala, stepena zvučne provodljisti sredine, zakoni tosti odbijanja zvuka od prepreka, apsorpcije (upijanja zvuka), prostorna akustika se bavi iznalaženjem optimalnih rešenja za prenos i reprodukciju zvuka u prostoru.

Prenos zvuka kroz neku sredinu zavisi od tzv. *specifičnog talasnog akustičnog, otpora*, koji je proporcionalan proizvodu gustine sredine i brzine širenja zvuka u njoj. Jedinica specifičnog talasnog otpora je 1 rejl. Minimalni otpor sredine ima vazduh — 43 rejla, tečnosti imaju za oko 1000 puta veći otpor, dok je otpor čvrstih tela veći za još 10 puta u odnosu na otpor tečnosti.

Akustičnost zatvorene prostorije određuje se vremenom potrebnim da se u njoj stiša određeni zvuk (tzv. reverberacija ili jeka), jer se u zatvorerenom prostoru pored direktnog zvučnog talasa koji se širi od izvora ka slušaocu, stvara i difuzno zvučno polje kao rezultat talasa reflektovanih sa zidova, tavanice i poda, kao i od okolnih predmeta, koji sa različitim zakašnjenjem stižu do slušaoca. Smatra se da je prostorija dobro akustična ako prosečna dužina trajanja odjeka iznosi oko 1,85. U specijalnim prostorijama, amfiteatrima na primer, ovo može da bude i duže, s tim što ne sme da se pređe vremenska granica pri kojoj bi došlo dio interferencije direktnog zvučnog talasa i odjeka (odbijenog talasa), kao ni do izobličenja zvuka. U koncertnim dvoranama mora da se vodi računa o još jednom faktoru — količini zvučne energije koja »zasićuje« prostoriju, od čega direktno zavisi broj muzičkih instrumenata u orkestru koji nastupa u dvorani. U tom cilju uvedena je i *jedinica zasićenosti zvukom:* flauta i ljudski glas imaju jednu jedinicu zasisiećnosti, violina dve itd. sve do klavira sa maksimalnih 8 jedinica. Proračun pokazuje da bi sala od 350 m² bila zasićena orekstrom koji bi imao 16 jedinica zasićenja.

U otvorenom prostoru zvuk se rasipa. Zbog toga se orkestar na otvorenom smešta u »školjku« od akustičnog materijala, čime se ostvaruje odjek i delimično sprečava rasipanje zvuka.

Međutim, obzirom da prostiranje zvuka zavisi i od temperature, vlažnosti, pokretnih objekata u prostoru, međusobnog rasporeda objekata itd., problem nalaženja optimalnih akustičnih uslova pri reprodukciji zvuka ili muzike je veoma složen. A njegovo rešavanje, kao što smo videli, nije posao samo inženjera i muzičara.

SKOK UVIS

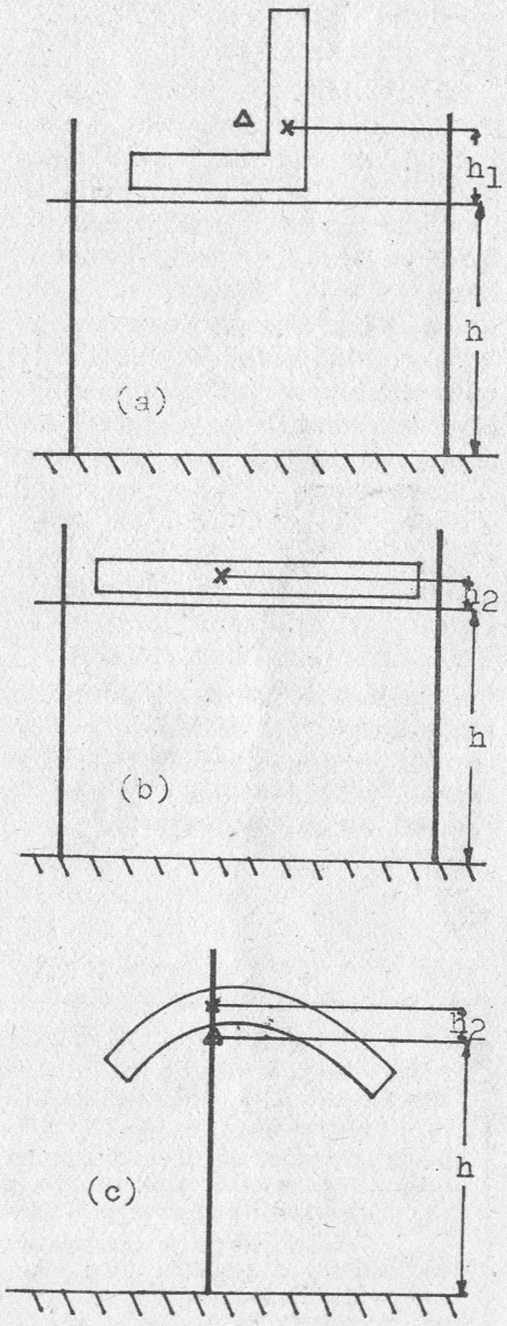
PETAR GRUJIĆ (Beograd)

Tehnika skoka uvis modernog sporta doživela je poslednjih decenija veliki razvoj i nesumnjivo doprinela, pored usavršavanja i intenzifikacije treninga, brzom napretku u ovoj atraktivnoj atletskoj disciplini. Danas se, uglavnom, razlikuju tri sasvim različita načina skakanja uvis: (i) klasični stil (*svinej*) (ii) trbuhnši stil (*stredl*) (ilii) leđni stil (*flop*). Razmotrićemo sa tačke gledišta elementarne mehanike neke osobenosti ovih tehnika skoka uvis. Za to nam je potreban (i dovoljan) jedan uprošćen model ljudskog tela koje ćemo predstaviti paralelopipedom, čije se težište nalazi nešto iznad geometrijskog centra tela (kod normalne osobe ono se nalazi u visini pupka). Preskočiti neku visinu znači upravo prebaciti ovo težište preko zamišljene horizontalne linije na toj visini. Sada ćemo videti kako se to postiže svakom od pomenutih tehnika skakanja.

(i) Na slici 1.*a* prikazan je položaj skakača u trenutku postizanja najviše visine. Težište se nalazi na visini h_1 u odnosu na visinu skoka h tako da je najviši domet težišne tačke: $H=h+h_1=H_1$.

(ii) Kod trbušnog stila skakač se u najvišem položaju postavi paralelno liniji preskoka (odnosno lestvici), kako je skicirano na slici 1. *b*. Domet težišta je sada: $H_2=h+h_2$, pri čemu je $h_2<h_1$.

(iii) Položaj skakača u trenutku kada težište dostigne najveću visinu kod leđnog stila dat je na slici 1.*c* (kako se to vidi duž linije preskoka, tj. u pravcu lestivce). Maksimalni



Sliia 1. Položaj skakača pri trima tehnikama skoka.

vertikalni domet je: $H_3=h+h_2$, dakle isti kao i pod (ii).

Sada se postavlja pitanje koji je stil najteži, tj. pri kojoj tehnici skakač vrši najveći rad. Upoređujući slike 1. *a*, 1. *b* i 1. *c* očigledno je da je klasični stil najneekonomičniji. Stvar je, međutim, komplikovanija kada se porede trbušna i leđna tehnika. Na prvi pogled ova poslednja ne pruža nikakvu prednost u odnosu na *stredl* stil, ali nije tako. Stvar je u tome što se težište tela na slici 1.*c* ne poklapa sa tačkom ozna čenom krstićem — ono se i ne nalazi u samom skakaču, već negde ispod njega, kako je naznačeno trouglom na slici. (čovek nije kruto telo). Ustvari, pri ovakvom skakanju atleta se pre ponaša kao tečnost — isto tako je moguće, na principu spojenih sudova, pretočiti tečnost iz višeg u niži sud, a da pri tome najviša tačka gumenog creva bude viša od nivoa obe tečnosti.

Ustvari, i kod klasičnog stila čovek se ne ponaša kao kruto telo: i njegovo težište se pomera, kako je naznačeno na slici 1. *a*. Istini na volju, kod realnog skoka, položaj nogu skakača nije sasvim onakav kako je to naznačeno na slici (noge se ne prebaciju istovremeno), tako da je ukupni efekat približno isti kao na slici.

Koji je stil najbolji? Odgovor zavisi od toga šta se podrazumeva pod »najbolji«. *Flop* je nesumnjivo najefikasniji kod postizanja sporskih rezultata, što se moglo videti na poslednjoj Olimpijadi. Ova tehnika ima, međutim, malu nezgoddnu stranu: posle skoka skakač pada pada na glavu, za razliku od klasičnog stila. *Stredl* je u tom pogledu negde na sredini : pada se na leđa. Prema tome, ako preskačete ogradu, na pri., bolje probajte klasičnim stilom. (U životu, posle pada, retko se nađe sunđer!)

Priča se da je jedan bogati, strasni kladilac na konjskim trkama rešio da uloži novac u konja koji će sigurno da pobeđuje. U tu svrhu najmio je ekonomistu, bio loga (genetičara) i (teorijskog) fizičara da pronađu, nezavisno, najbolje rešenje.

Prvi se javio ekonomista, sa predlogom da se okupe svi konji pobednici, pa da se poslodavac kladi na najbržeg od njih. Posle izvesnog vremena dolazi genetičar, sa planom da se ukrste najbolji pobednički parovi, tako da porod bude sa najboljim trkačkim osobinama i siguran pobednik.

Teorijski fizičar se nije pojavljivao, i nakon par godina nestrpljivi poslodavac odlazi kod njega da vidi u čemu je stvar. »Znate, rekao mu je teoretičar, stvar napreduje. Upravo radim na postavljanju modela idealnog trkača, ali sam naišao na izvesne teškoće. Naime, još nisam uspeo da rešim problem sfernog konja.«

P.G.

FLUORESCENCIJA I ČIST VAZDUH

D. FILIPOVIĆ (Beograd)

1. ŠTA JE FLUORESCENCIJA?

Uz malo mašte možemo zamisliti da planetu Zemlju najednom obavije sloj gasa neprozračan za vidljivu Sunčevu svetslost, ali takav da ne predstavlja prepreku za nevidljivo ultraljubičasto zračenje. Začudo, mi bismo i dalje zapažali stvari oko sebe, ali bi to bio nov, fantastičan svet. Na primer, konture čovekovog lica se ne bi videle, dok bi se isticali blještavo beli zubi i modroplavi nokti. Prozorska stakla svetlucala bi tajanstvenim plavičastim ili zelenkastim svetlom, a barica nafte izgubila bi divne dugine boje i ličila na prosuto mleko.

U stvarnosti, međutim, veliki deo ultraljubičastog Sunčevog zračenja upija atmosfera, pa je ovaj fenomen slab i najčešće neprimetan.

Postoji veliki broj pojava u kojima atomi i molekuli emituju kvante svetlosti — fotone. Sve se one jednim imenom zovu — *luminiscencija*. Ako je emisija posledica delovanja fotona na atomsku česticu, da bi se naglasio uzrok pojave, govori se o fotoluminiscenciji.

Fluorescencija — pojava o kojoj će ovde biti reči — predstavlja vid fotoluminiscencije .Javlja se u slučaju kada atom ili molekul, kao složen mi krofizički sistem koji se pokorava zakonima atomske fizike, emituje foton u aktu tzv. »dozvoljenog« energetskog prelaza.

Proces se može predstaviti na sledeći način:

$$h\nu_1+A\rightarrow A^*\rightarrow A+h\nu_2,$$

gde je $h\nu_1$ energija fotona kojim je ozračen atom ili molekul, (h je Plankova konstanta, a ν je frekvenca), A je atom ili molekul u osnovnom stanju, A* je atom ili molekul u pobuđenom stanju, a $h\nu_2$ je energija fotona fluorescen tnog zračenja.

Specijalno, kada je $h\nu_1=h\nu_2$ fluorescencija se naziva rezonatnom.

2. ŠTA UDIŠEMO?

Vazduhom zovemo smešu gasova i para prizemnog sloja atmosfere. Učešće pojedinih sastojaka obično se izražava u broju zapreminskih delova na milion zapreminskih delova smeše (ppm — engleski: parts per million).

Odstupanja od nevedenih vrednosti su na pojedinim mestima moguća, kako usled prirodnih uslova (erupcije iz Zemljine kore, atmosferska električna pražnjenja), tako i sve češće delovanjem čoveka (pošumljavanje goleti, ali i izbacivanjem u atmosferu produkata sagorevanja uglja, nafte, kao i industrijskih otpadnih gasova).

Sastojak	Sadržaj u vazduhu (ppm)
N_2 — azot	780 880
O_2 — kiseonik	209 490
Ar — argon	9 300
CO_2 — ugljen dioksid	318
Ne — neon	18
He — helijum	5,24
CH_4 — metan	1,40
Kr — kripton	1,14
N_2O — azot suboksid	0,5
CO — ugljen monoksid	0,1
Xe — ksenon	0,086
O_3 — ozon	0,02
NH_3 — amonijak	0,01
NO_2 — azot dioksid	0,001
SO_2 — sumpor dioksid	0,0002

Gasovi i pare iz sledeće tablice čine sastavni deo vazduha i čovek ih disanjem neprekidno unosi u organizam. Međutim, kada koncentracije premaše navedene vrednosti, njihov uticaj postaje štetan. Oznaka MDK označava maksimalnu dozvoljenu koncentraciju na radnom mestu u periodu od 8 časova na dan.

Treba reći da ozon (O_3) prijatno miriše posle kiše samo ako ne premašuje milioniti deo sastava vazduha. Iznad toga deluje kao otrov.

Interesantni su rezultati istraživanja ponašanja biljaka pri povećanoj koncentraciji sumpordioksida — vrlo opasnog zagađivača vazduha, jer sa vodom gradi sumporastu kiselinu.

Pokazalo se da biljke poseduju prirodni mehanizam zaštite. Otvori na listovima, kroz koje se vrši razmena gasova sa okolinom (stome), skupljaju se, te biljka »sporije diše«. To , međutim, usporava razvoj biljke.

Uticaj pojedinih zagađivača vazduha na čoveka nije u potpunosti ispitan, ali već je utvrđeno da pored »bledila gradske dece« postoji realna opas-

Sastojak	MDK (ppm)	Najčešći izvori
CO_2	5000	Sagorevanje fosilnih goriva, biljke, vulkani
CO	100	Motori sa unutrašnjim sagorevanjem
NH_3	100	Bakterije, industrija
O_3	1	Električna pražnjenja
SO_2	4	Sagorevanje fosilnih goriva, industrija

nost (tamo gde je vazduh kritično zagađen) od genetskih promena, tj. uticaja na potomstvo.

3. FLUORESCENTNI DETEKTORI ILI KAKO OTKRITI ULJEZA?

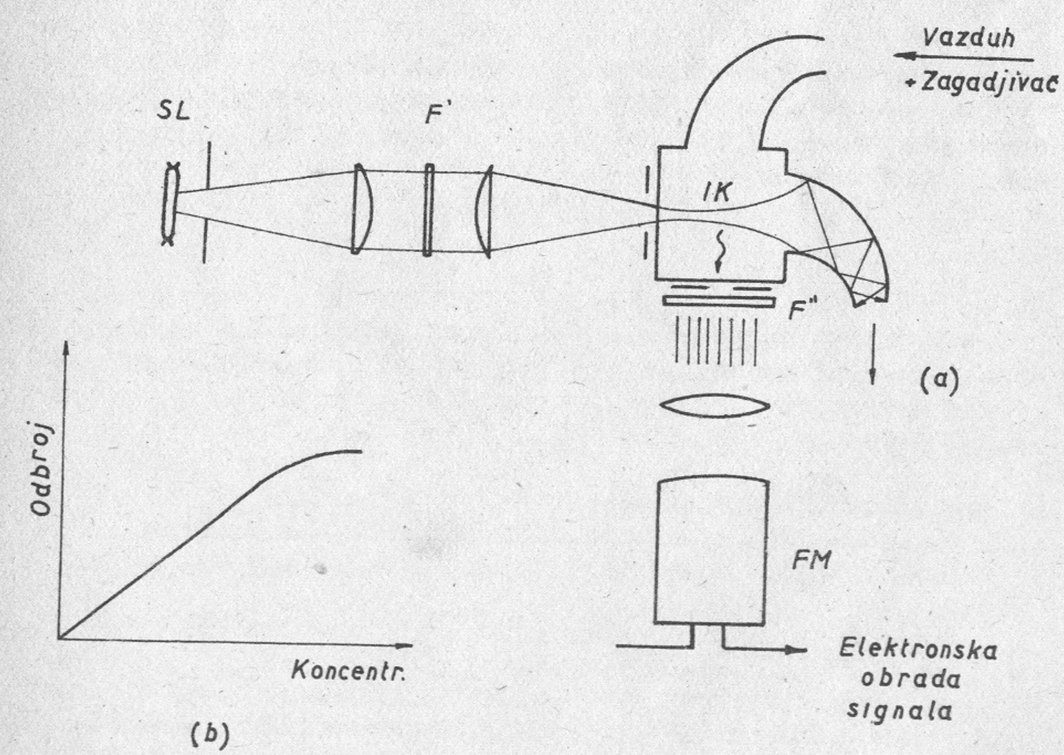
Fluorescentna metoda omogućava detekciju najčešćih i najopasnijih gasnih zagađivača vazduha. Razvijene su metode za detekciju SO_2 i NO_2 zasnovane na neposrednom merenju intenziteta fluorescencije ovih molekula. Posredno, pošto se oksidacijom pretvori u NO_2, detektuje se NO. Molekul CO moguće je detektovati, takođe posredno, na osnovu rezonantne fluorescencije žive (Hg) nastale u procesu redukcije živonog oksida HgO:

$$CO+HgO \rightarrow CO_2+Hg$$

Od zagađivača, kojih inače nema u čistom vazduhu, osobinu da fluorescira dovoljno intenzivno pod dejstvom ultraljubičastog zračenja ima formaldehid (H_2CO). To je veoma otrovan gas prisutan u industriji prerade drveta. Prema onom što se do sada zna ,bila bi moguća neposredna detekcija fluorescencije H_2CO u vazduhu.

Svi fluorescentni detektori imaju istu osnovnu šemu — Sl. 1. a.

Primarna svetlost, emitovana iz svetlosnog izvora (SL)., prolazi kroz optički filter (F') kako bi se izdvojio deo spektra odgovoran za pobuđivanje datog atoma ili molekula. Sistemom sočiva svetlost se fokusira u centar



Sl. 1-a,b

interakcione komore (IK), gde jedan broj fotona pogađa atome ili molekule zagađivača prisutne u struji vazduha.

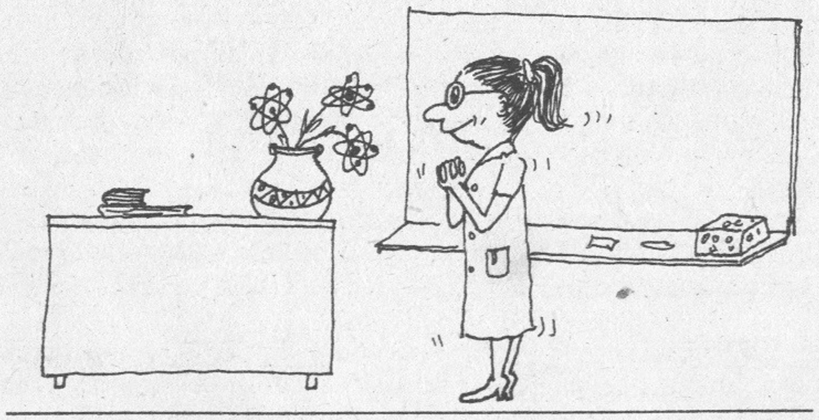
Fotoni fluoroscentnog zračenja emituju se u svim pravcima ravnomerno, ali detektuju se u pravcu normalnom na primerni snop. Time se, uz primenu optičkog filtra (F") prozračnog jedino za te fotone, smanjuje lažni signal o fluorescenciji ili tzv. »pozadinsko zračenje«.

Intenzitet fluorescencije je izuzetno slab i kreće se od nekoliko hiljada sve do 10 fotona u sekundi. Za mernje tako slabih svetlosnih signala koristii se specijalna optičkoelektronska cev — fotomultiplikator (FM).

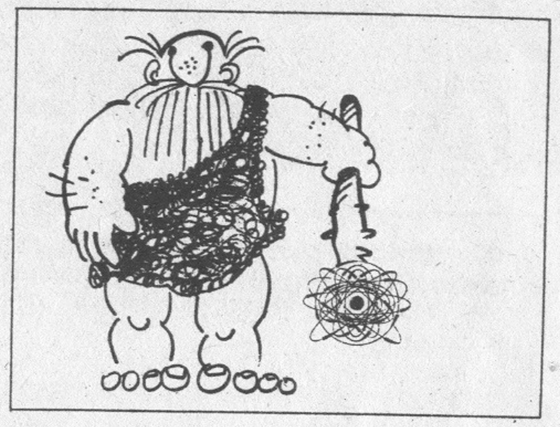
Zbog velikog broja faktora koji utiču na zavisnost odbroja fotona od koncentracije zagađivača u vazduhu, od kojih se neke menjaju s vremenom, detektor se s vremena na vreme kalibriše. To podrazumeva crtanje krive zavisnosti električnog signala (odbroja) od koncentracije zagađivača u standarnim smešama s vazduhom koje se propuštaju kroz interakcionu komoru. Takva jedna kalibraciona kriva prikazana je na Slici 1b.

Fluorescentne metode za detekciju SO_2, NO_2, NO, CO i možda H_2CO su jednostavne, vrlo osetljive, neprekidno i trenutno daju odgovor o pristusvu zagađivača i to u vidu električnog signala pogodnog za dalju obradu. Kao takve pogodne su za praćenje zagađenosti vazduha kako u cilju alarmiranja, u slučaju prekoračenja dozvoljene granice na radnom mestu, tako i sve važnijih i opsežnijih istraživanja u cilju očuvanja i zaštite čovekove prirodne okoline.

Zadatak je fizičara da istražujući beskonačnu raznolikost i bogatstvo prirode, i na ovom planu otkrivaju nove i razvijaju postojeće metode.



IZ ISTORIJE



ELEKTRONSKI RAČUNAR

STANKO POPOVIĆ (Beograd)

Elektronski računar, mašina sposobna da obavi milion računskih i logičkih operacija u sekundi i tako obradi ogroman broj najrazličitijih ininformacija, prisutan je u našoj civilizaciji svega 35 godina. U tom kratkom periodu on je doveo do prave revolucije koja je izmenila način života savremenog čoveka i otvorila mu nove neslućene mogućnosti.

Kuda god se danas okrenete naći ćete se pred računarom: on vam obezbeđuje telefonsku vezu, reguliše rad semafora na raskrsnici koju upravo prelazite, nalazi vam slobodno mesto u avionu za more, igra šah ako to od njega zatražite. Računar sigurno vodi vasionsku letilicu, upravlja slož nim procesima u industriji ili daje preciznu dijagnozu bolesniku i određuje mu terapiju. U nauci omogućava doskora nezamislivu tačnost, skaćuje vreme od polazne ideje do konačnog rezultata.

A sve je počelo od obične računaljke koja je vekovima uvodila đake u svet matematike i učenim ljudima služila za brže računanje. Ona predstavlja prvo pomagalo za izvođenje računskih operacija sa osobinama digitalnog računara.

Ipak, prvu poznatu *mašinu* za računanje je napravio francuski matematičar i filozof Blez Paskal, 1642. godine. Mašina je mogla samo da sabira, a radila je okretanjem zupčanika koji su po obodu bili numerisani brojevima od 0 do 9. Korak dalje u razvoju je bila mašina Gotfrida Lajbnica, napravljena 1671. godine, sa mogućnošću izvođenja sve četiri osnovne računske radnje. Za njom sledi niz poboljšanih i bržih mašina, koje, međutim, ne donose ništa suštinski novo.

Početkom 19. veku kao nosioc informacije, uputstva za rad tkačkog razboja, pojavljuje se bušena kartica čiju je primenu usavršio francuz Žoze Mari Žakar. Bušena kartica će odigrati veliku ulogu u razvoju modernog ra čunara.

Već 1822. godine engleski matematičar Čarls Bebidž projektuje tzv. diferencijalnu mašinu na parni pogon koja bi radila prema programu uzbušenom na karticu. Uputstva za obradu podataka je čitao i izvršavao poseban uređaj mašine. Podaci za obradu su takođe unošeni u mašinu preko kartice, dok je za prikaz rezultata obrade bio predviđen štampač. Ali, kako to često biva, naučnik je bio ispred svog vremena i njegova ideja je ostala kasnijim generacijama da je realizuju do kraja.

Tokom 19. veka mehaničke računske mašine na principu bušene kartice su usavršavane, bile su sve brže. Ali ,rastao je i obim poslova u administraciji, industriji i nauci. Sve veća potreba za brzom i tačnom obradom informacija nije mogla biti zadovoljena postojećim mašinama .Na razvoju računara se radilo dalje.

Prvi potpuno elektronksi računar ,ENIAC, je imao 18.000 elektronskih cevi. Danas, tehnologija je dostigla toliki stepen razvoja da je u stanju da napravi računar istih mogućnosti u prostoru jednakom zapremini samo jedne od tih cevi.

S. P.

Fizičar Hauard Ejkin 1937. godine radi na mašini koja bi mogla da automatski rešava diferencijalne jednačine. Kompanija IBM, danas jedan od najjačih proizvođača računara u svetu, pomogla je pronalazaču i tako je napravljen »automatski računar za kontrolu nizova«, popularno nazvan Mark I. Bio je težak 5 tona, imao preko 800 km žičanih veza i 3.300 elektromehaničkih releja. Trebalo mu je šest sekundi da izmnoži dva dvadesettrocifrena broja.

Snažan impuls razvoju savremenog računara dao je, nažalost rat. Mark I je pružio tehničku osnovu, a II svetski rat sa svojim ogromnim zahtevima za svim čovekovim potencijalima je poslužio kao stimulator i 1946. godine je pušten u rad elektronski računar — integrator ENIAC. Razvili su ga fizičari Džon Mokli i Presper Ekert, a izrađen je u pogonima UNIVAC-a, takođe jednog od današnjih divova proizvođača računara.

Bio je to prvi potpuno elektronski uređaj za računanje. Mehaničko kretanje delova u izvršnoj jedinici mašine zamenjeno je radom elektronskih kola. EINAC je imao 18.000 elektronskih cevi i bio je hiljadu puta brži od do tada najbržeg elektro-mehaničkog računara. Svet je bio samo korak od savremenog računara sa mogućnošću univerzalne primene jednostavnim učitavanjem odgovarajućeg programa obrade.

Da se tehnologija i u drugim granama industrije razvijala istim tempom kao u oblasti računara, danas bi put oko sve ta trajao 24 minute, a prosečan automobil bi trošio manje od pola litre benzina na 100 km.

S. P.

Taj korak je napravio američki matematičar, Džon fon Nojman, nekoliko godina kasnije. On je uobličio ideju po kojoj se u memoriju računara unose i uputstva za obradu i podaci koji se obrađuju. Računar analizira program (postupak dat od strane čoveka) korak po korak, izvršava tražene operacije u zavisnosti od rezultata obrade bira tok obrade i završava posao.

Od tada, računari se samo tehnološki usavršavaju, postaju efikasniji, jeftiniji, jednostavniji za rad, ali se filozofija njihovog rada ne menja. Prema aktivnim elementima eektronskih kola razlikujemo tri generacije računara: sa vakuumskim cevima, tranzistorima i integralnim kolima, a izgleda da smo i pred četvrtom generacijom sa laserskom tehnologijom.

Elektronski računari su, prema načinu predstavljanja informacije koja se obrađuje, razvijani u dva pravca. Danas su u upotrebi analogni i digitalni računski sistemi uz primenu i mešovitih rešenja.

Savremena disk jedinica za čuvanje podataka može da »pamti« do 571 milion znakova, tj. da smesti celokupan sadržaj 30 tomova Enciklopedije Britanike uz slobodan prostor od 7,5 miliona znakova za eventualne dopunske sveske.

S. P.

Kod analognih računara informacija je data neprekidno promenljivom fizičkom veličinom, na primer električnim naponom, ugaonom brzinom ili pritiskom, koja predstavlja promenljivi činioc, s kojim računar operiše. Analogni računari nalaze primenu u nauci i industriji gde se procesi mogu predstaviti diferencijalnim jednačinama.

Digitalni računar operiše s podacima u cifarskom, digitalnom obliku, kodiranim kombinacijom brojeva 0 i 1. Zbog svoje univerzalnosti digitalni elektronski računski su danas najrasprostranjenije mašine za automatsku obradu informacija. Svojom fantastičnom brzinom zamenjuju milione radnika, rutinski obavljaju poslove koji bi bez njih ostali neurađeni. Sprečavaju haos.

Savremeni računski centar