OBAVEŠTENJE UREDNIŠTVA

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

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

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

MLADI FIZIČAR izlazi četiri puta godišnje, a **GODIŠNJA PRETPLATA ZA SVA ČETIRI BROJA IZNOSI 140 DINARA.** Možete da postanete pretplatnici kada to poželite. Potrebno je samo da nas običnim pismom obavestite o broju kompleta na koje se pretplaćujete, da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro račun Društva fizičara Srbije,

60806-678-77766

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

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

MOŽETE NARUČITI I KOMPLETE RANIJIH GODIŠTA.

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

Studentski trg 14/III p.p. 550., 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-919.

Cena 35 DIN

25
82/83

mladi fizičar

časopis iz fizike za učenike

DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR

časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina VII
broj 25
(1982/83)

YOUNG PHYSICIST
Magazine for elementary and secondary school students
JEUNE PHYSICIEN
Journal pour les éléves écoles élémentaires et secondaires
JUNGER PHYSIKER
Zeitschrift für Volks — und Mittelschüler
МОЛОДОЙ ФИЗИК
Журнал для учеников основной и средних школ

IZDAJE
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
Beograd
Studentski trg 14/III
p.p. 550

glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN

Uređivački odbor
Radenko BAJIĆ
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Milan DIMITRIJEVIĆ
Jablan DOJČILOVIĆ
Draško GRUJIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Dragana POPOVIĆ
Budo RADOJEVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Dušanka RISTANOVIĆ
Tomislav SENĆANSKI
Aleksandar SREĆKOVIĆ
Čedomir STANKOVIĆ
Gavrilo VUKOVIĆ

SADRŽAJ

Lj. i N. Nedeljković: Pojam verovatnoće u kvantnoj mehanici 2
D. Sekulić: Toplotno zračenje 7
M. Dimitrijević: Termonuklearna fuzija I 10
S. Popović: Kompjuter za đačku torbu 14
M. Dimitrijević: Asteroidi .. 17
S. Vojvodić: Bljesak u boci .. 22
M. Naumoski: Elektromehanički oscilator 25
A. Marković: Letnja škola „Mladi fizičari« 26
Goran Andrić 28
D. Koledin: Obrada rezultata merenja I 29
Konkursni zadaci Z193
Nagradni zadatak Z198
Zadaci pitanja Z198
E-zadatak Z203
Rešenja zadataka Z204

Vinjete: *N. Ubović*

Sva prava umnožavanja, preštampavanja i prevođenja zadržava Društvo fizičara Srbije
Oslobođeno plaćanja poreza na promet na osnovu rešenja Republičkog sekretarijata za kulturu SR Srbije, br. 329, od 29. IX 1976. godine.
Štampa: BIGZ—Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17

UMESTO UREDNIČKOG PISMA

JEDNO LJUBAZNO PISMO IZ PARIZA

Kultura (ne)komuniciranja nam je u tradiciji ili je ishod naše umišljene preokupiranosti velikim, tzv. svetskim stvarima. Tek, urednici i saradnici ovog časopisa često su dostavljali publikaciju relevantnim našim forumima i ljudima iza njih, katkada tražeći pare za dobro fizike, katkada rukopis, ili samo mišljenje . . . Uglavnom, čak bez uobičajenog i praznog — to je dobra stvar — odgovora nije bilo. Otuda je teško oteti se tihom zadovoljstvu zbog malog, ljubaznog pisma iz Pariza.

UNESCO
united nations educational, scientific and cultural organization
organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture

7, place de Fontenoy, 75700 Paris

Dear Dr. Grujić, 25 *June* 1982

Thank you for your kind letter which reminded me of our pleasant encounter.

I certainly appreciate your having sent me, along with your letter, a copy of »Mladi fizičar«. It is clear that the Serbian Physicists' Society is doing some interesting work to stimulate the interest of primary and secondary school students n physics, and in science generally.

i Your journal has been placed in our information centre on science and technology education here at Unesco, and we will do the same with any future issues of this publication which you may kindly send to us.[1])

With my best regards to you.

Sincerely yours,

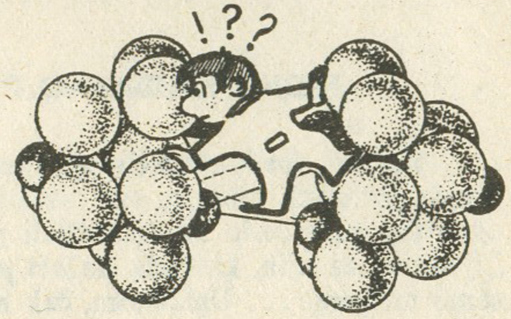
S. R. Samady
Director Division of Science, Technical and Vocational Education

[1]) Dragi dr Grujić,
zahvaljujem na ljubaznom pismu koje me je podsetilo na naš prijatan susret.

Razume se, s uvažavanjem sam uz pismo primio primerak »Mladog fizičara«. Očevidno je da Društvo fizičara Srbije zanimljivo dela na podsticanju interesovanja učenika za fiziku, kao i za nauku uopšte.

Časopis je smešten u naš informacioni centar za naučnotehničko obrazovanje, ovde u UNESCO-u, što ćemo učiniti i sa svim narednim izdanjima te publikacije koja nam budete poslali.

ŠTA JE



POJAM VEROVATNOĆE U KVANTNOJ MEHANICI

LJUBIŠA i NATAŠA NEDELJKOVIĆ (Brisel)

1.

Mi se svakodnevno koristimo pojmom slučajnog događaja, podrazumevajući pod njim događaj koji u datim uslovima može, ali ne mora da nastupi. Pored efikasne upotrebe, ovaj pojam se pri daljoj analizi pokazuje samo prividno jednostavnim.

Pre svega, najčešće ga upotrebljavamo na dva veoma različita načina. U prvom načinu upotrebe, pod slučajnim događajem podrazumevamo događaj koji se nama samo takvim pričinjava. Naime,mi u suštini zamišljamo da u prirodi uopšte nema slučaja, da bi neka idealna i beskrajno moćna inteligencija u svakom slučajnom događaju otkrila jasne uzroke, koji su našem intelektualnom i eksperimentalnom oku nedostupni. Za slučajne događaje koje shvatamo na taj način reći ćemo da su *subjektivno slučajni događaji*. Ukoliko, sa druge strane, smatramo da čak ni najsuptilniji eksperimenti, ni najsavršenija inteligencija ne bi pri istraživanju suštine jednog slučajnog događaja otkrili nikakav uzrok, onda gornji pojam upotrebljavamo u smislu *objektivno slučajnog događaja.*

Međutim, pojam slučajnog događaja može se upotrebljavati i u jednom mnogo skromnijem smislu, imajući uvek u vidu određeni skup realnih eksperimentalnih uslova i ograničenih intelektualnih moći. Ako takvim skupom »sredstava« ne bismo mogli otkriti uzrok nekog događaja, onda bismo mogli reći da je u okviru datih uslova ispitivanja taj događaj za nas slučajan. Tada gornji pojam upotrebljavamo u smislu *uslovno slučajnog događaja.* Mada takvo značenje nema dubinu prethodna dva, ono je u okviru fizike pogodnije za upotrebu, pa ćemo otuda jedino njega nadalje koristiti.

2.

Dalju analizu slučajnog događaja nastavićemo analizirajući jedan primer. Odlučićemo se za bacanje metalnog novčića na neku ravnu podlogu. Pošto, ni uz najveću koncentraciju, nismo u stanju da izvedemo takav pokret za koji

ćemo biti sigurni da će dovesti do toga da novčić padne na podlogu sa unapred željenom stranom (»glavom« ili »pismom«), to je pojava »pisma« ili »glave« na gornjoj strani novčića *za nas* slučajan događaj.

Logiku ovog jednostavnog opita možemo izraziti nešto neobičnijim, ali za dalju analizu veoma svrsishodnim jezikom. Naime, sa gledišta krajnjeg ishoda ogleda, položaj novčića u ruci pre bacanja, tj. njegovo *stanje* (koje ćemo obeležiti sa S) možemo shvatiti kao da sadrži opis dve potencijalne mogućnosti, dva nova potencijalno mogućna stanja: stanje S_1, kada je »pismo« na gornjoj strani, i stanje S_2, kada je »glava« na gornjoj strani. Takvim načinom govora, proces bacanja je mogućno prikazati šemom sa sl. 1. a: novčić u stanju S »ulazi« u »kutiju« (koja imitira sam proces bacanja) i slučajno »skreće« u neko od izlaznih stanja S_1 ili S_2.

Sl. 1. a Sl. 1. b Sl. 1. c

Pretpostavićemo sada da novčić bacamo više puta (na primer, n puta). Takav skup bacanja ćemo nazvati *serijom bacanja n-tog reda.* Neka nam se u okviru posmatrane serije događaj S_1 (»pismo«) realizovao m_1 puta, a događaj S_2 (»glava«) m_2 puta. Količnici $f_1 = m_1/n$ i $f_2 = m_2/n$ nazivaju se *relativnim frekvencijama slučajnih događaja S_1 i S_2 u okviru posmatrane serije.* Svakoj seriji bilo kog reda odgovara par brojeva f_1 i f_2 i oni će u opštem slučaju biti različiti, »slučajni«.

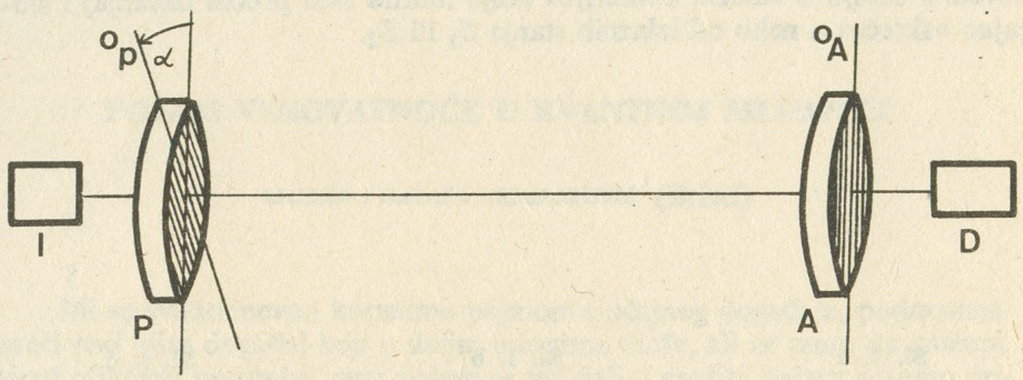
Međutim, pri eksperimentisanju sa serijama vrlo velikog reda (na primer, $n = 1\,000\,000$), uočili bismo da relativne frekvencije f_1 i f_2 počinju sve više da se grupišu oko vrednosti 1/2, i što se više eksperimentiše, to je ova tendencija izrazitija. Drugim rečima, ako novčić bacamo veoma veliki broj puta, skoro je sasvim sigurno da će u oko $m_1 = 500\,000$ slučajeva krajnji ishod biti »pismo«, a u drugih $m_2 = 500\,000$ slučajeva »glava«, ili polovina događaja »skreće« u kanal S_1, a polovina u kanal S_2. Navedene »granične« vrednosti relativnih frekvencija obeležavaju se sa p_1 i p_2 i nazivaju *verovatnoćama događaja S_1 i S_2.* One bitno karakterišu »prohodnost« izlaznih kanala u našoj šemi i ključne su veličine u formulama $m_1 = p_1 n$ i $m_2 = p_2 n$ za predviđanje broja ishoda m_1 i m_2 događaja S_1 i S_2.

Prema tome, verovatnoće se pokazuju kao nekakve »mere slučajnosti« svakog *pojedinačnog* slučajnog događaja. Međutim, sa druge strane, verovatnoća nekog slučajnog događaja (p) uspostavlja vezu između broja pojavljivanja takvog događaja (m) i ukupnog broja slučajnih događaja date serije eksperimenata (n). Za veliki broj ogleda izražena je prostom i, ispostavlja se, opštom relacijom $m = pn$. Ona važi za bilo koju vrednost p (ne samo za $p = 1/2$, kako je to bilo u našem primeru sa novčićem). To nadalje znači da, ukoliko na

neki način teorijski (pre eksperimentisanja) odredimo verovatnoću (a to je često mogućno), imamo mogućnosti za predviđanja i objašnjavanja *zakonitosti* u velikim serijama slučajnih događaja.

3.

Sada ćemo preći na razmatranje jednog fizičkog eksperimenta, koji je kompleksniji od »eksperimenta« sa bacanjem novčića, ali u kome opet odlučujuću ulogu igra verovatnoća. Biće reči o tzv. *Malusovom eksperimentu*, koji je u prvobitnoj varijanti izveden još u prošlom veku.



Slika 2.

Eksperimentalna aparatura je prikazana na sl. 2. Dakle, iz nekog izvora *I*, na primer obojene sijalice, emituje se snop vidljive svetlosti određene boje. (Već više od pola veka je poznato da se svetlosni snop može shvatiti kao neka, vrsta snopa vrlo velikog broja brzih, sićušnih čestica, nazvanih *fotonima*, koji su pri tom u nekom stanju »rotacije« oko sopstvene ose postavljenoj u ravni normalnoj na pravac kretanja. Takođe je poznato da uobičajeni svetlosni izvori emituju fotone sa osama rotacije usmerenim u bilo kom pravcu navedene ravni). Takav snop fotona usmeren je u pravcu tankog diska *P*, načinjenog od jedne specijalne vrste »stakla« (na primer, kristala turmalina) koje zbog svoje unutrašnje strukture ima svojstvo da propušta fotone čije su ose »rotacije« uperene samo u jednom pravcu, karakterističnom za takve materijale i koji ćemo mi nazvati *optičkom osom* kristala, dok sve ostale fotone apsorbuje. Deo tako odabranih fotona u istom stanju pada na drugi disk *A* od istog materijala koji je kao i prethodni postavljen normalno na pravac kretanja svetlosti. Iza drugog diska je detektor *D*, instrument za registrovanje fotona koji su eventualno prošli kroz oba kristala.

Pretpostavimo najpre da su optičke ose O_P i O_A naših kristala (vidi sl. 2.) postavljene međusobno paralelno, tj. da je ugao $\alpha=0°$. Pri uključenom izvoru *I* deo njegove svetlosti prolazi kroz *P* i *A* i mi to na detektoru možemo konstatovati. Ako sada zajedno sa izvorom zaokrećemo *prvi* kristalni disk *P*, uočićemo da svetlost koja dolazi u detektor postaje sve slabija što je ugao α veći, tj. sve veći broj fotona biva apsorbovan u kristalu *A*. U graničnom slučaju, kada smo izvršili zaokret za čitavih $\alpha=90°$, svetlost više ne dolazi u detektor; disk *A* je potpuno prekinuo njen put. Ta zavisnost jačine svetlosti (tj. broja

fotona u svetlosnom snopu) od ugla α između optičkih osa kristala poznata je kao *Malusov zakon*.

Problem koji se postavlja u vezi ovog delikatnog zakona može se formulisati u sledeća dva pitanja. *Prvo*, kako je mogućno da fotoni koji izlaze iz prvog diska, za koje smo tvrdili da su potpuno jednaki i koji se kreću skoro duž iste linije, imaju tako drastično različite sudbine pri prolasku kroz drugi kristal *A*, tj. postoji li neki »princip« po kome ovaj kristal jedan foton propusti, a drugi apsorbuje? I *drugo*, kako je mogućno da broj propuštenih fotona zavisi od ugla α?

Da bismo se približili mogućnosti odgovora na ova pitanja, možemo izabrati tako slab svetlosni izvor *I* koji će u dovoljno velikim vremenskim intervalima emitovati samo jedan po jedan foton. Pri tom ćemo ugao α držati na nekoj fiksnoj vrednosti. Rezultat ovakvog eksperimenta je neočekivan. Pre svega, ne može se uočiti nikakva pravilnost u ritmu registrovanja fotona na detektoru. U granicama naših intelektualnih i eksperimentalnih moći mi *ne možemo kontrolisati sudbine pojedinačnih fotona pri njihovom prolasku kroz kristale, i pred nama se odvija jedna delikatna igra slučajnih procesa*! Međutim, ako se ovakav eksperiment vrši dovoljno dugo, za svaku od vrednosti ugla α uočićemo da se ponovo javlja Malusova zakonitost, koju smo registrovali sa čitavim snopom fotona! Stiče se utisak kao da postoji nekakav »unapred smišljeni plan« između fotona koji dopušta »individualne varijacije u ponašanju«, ali tako da »celina igre ostane strogo zakonita«. Situacija je, dakle, analogna onoj koju smo sreli pri bacanju novčića.

4.

Oblast fizike koja se bavi proučavanjem mikročestica (fotona, elektrona, . . .) naziva se *kvantnom mehanikom*. Otuda i dublje objašnjenje Malusovog zakona treba tražiti u okviru ove naučne discipline.

Da bismo tome objašnjenju prišli, uočimo najpre da izvor *I* i kristal *P* sa sl. 2. predstavljaju jednu celinu koja ima za cilj da nam »pripremi« potpuno iste fotone, tj. fotone koji su u određenom stanju. Pošto je reč o mikročestici, njeno stanje ćemo nazvati *kvantnim stanjem*, i označavati sa ψ (grčko slovo »psi«).

Drugu celinu u našoj aparaturi predstavljaju kristal *A* i detektor *D*. U njima se odvija »analiza« procesa prolaska ili apsorbovanja fotona sa pripremljenim stanjem ψ i registrovanje mogućnih ishoda. Naime, upravo ovaj deo uređaja mora biti mesto gde se modifikuje stanje ψ: *ili* će foton preći u neko novo stanje ψ_1 i tako »postati sposoban« da prođe kroz *A* i bude registrovan, *ili* će preći u drugo novo stanje ψ_2 i tako biti uništen, odnosno neće biti registrovan u detektoru. Pošto smo videli da nemamo načina da kontrolišemo sudbinu pojedinačnog fotona, to »prelazak« iz ψ u ψ_1 ili iz ψ u ψ_2 može biti opisan jedino odgovarajućim verovatnoćama koje ćemo obeležiti sa P_1 i P_2.

Prema tome, ono što se događa sa fotonima možemo prikazati šemom sa sl. 1. b., u punoj analogiji sa »šematizovanjem« eksperimenta sa novčićem (sl. 1.a.).

Osnovno pitanje koje se sada postavlja jeste da li je mogućno teorijski odrediti verovatnoće P_1 (prolaska fotona kroz kristal *A*) i P_2 (apsorbovanja

fotona u kristalu A)? Ako ovo uspemo da uradimo, imajući u vidu da verovatnoće vezuju broj pojavljivanja slučajnog događaja (m) i ukupan broj događaja velikih serija eksperimenata (n) u formuli $m=pn$, uspećemo da protumačimo Malusov zakon slabljenja svetlosti. Uspešan odgovor na ovo pitanje je u kvantnoj mehanici moguć i bazira se na uviđanju da se kvantna stanja mogu prikazivati matematičkim »objektima« koji se nazivaju *vektorima*. Vektor je jedan vrlo opšti matematički pojam i može se zamišljati na razne načine. Jedan od najprostijih načina njihovog prikazivanja, koji je istovremeno i dovoljan za opisivanje fotonskih stanja iz našeg eksperimenta, jeste prikazivanje vektora pomoću strelica u ravni, koje imaju jediničnu dužinu, dati pravac i smer.

U kvantnoj mehanici se dosta lako dokazuje da »izlazna« stanja sa sl. 1. b, ψ_1 (foton će proći kroz kristal A) i ψ_2 (foton će se u kristalu apsorbovati) moraju biti prikazana *međusobno normalnim* vektorima (vidi sl. 1.c). U odnosu na njih će položaj vektora stanja ψ (fotona koji padaju na kristal A) morati da zavisi od ugla α, tj. od toga za koliko je zaokrenut deo uređaja koji ovo stanje proizvodi u odnosu na kristal A (vidi sl. 1.c).

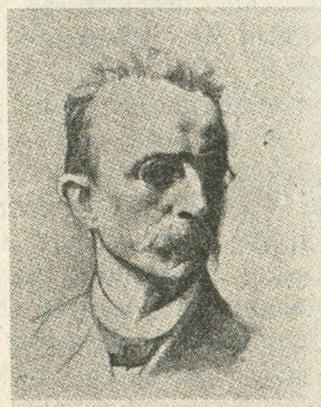
Ovakav međusobni položaj vektora stanja fotona je ključ odgovora na pitanje kolika je verovatnoća P_1 (prolaska fotona kroz kristal A) i verovatnoća P_2 (apsorbovanja fotona u kristalu A). Pošto je proces prolaska fotona praćen »skokom« vektora ψ u poziciju vektora ψ_1, a proces apsorbovanja »skokom« vektora ψ u poziciju vektora ψ_2, to nam već sam geometrijski položaj vektora ψ na neki način sugeriše da će biti verovatniji skok prema »bližem« od navedena dva vektora. Preciznije govoreći, verovatniji će biti »skok« ka onom vektoru u odnosu na kojeg je »projekcija« (duži C_1 i C_2 sa sl. 1.c) vektora ψ veća. Detaljnije izučavanje zaista potvrđuje ovo naslućivanje. Naime, ispostavlja se da kvadrati veličina C_1 i C_2 predstavljaju upravo tražene verovatnoće: $P_1=C_1^2$, $P_2=C_2^2$. Prema tome, ako sa slike 1. c uočimo da pri povećanju ugla α imamo smanjivanje dužine C_1, a samim tim i verovatnoće $P_1=C_1^2$, odnosno broja fotona prispelih na detektor $m_1=p_1n$, gde je n ukupan broj fotona koji dolaze na kristal A, dali smo objašnjenje Malusovog zakona u okviru kvantne mehanike.

Struktura upravo datog objašnjenja nije vezana samo za naš razmatrani primer, nego se sa uspehom ponavlja u ogromnom broju eksperimenata sa mikročesticama. Iskaz da je *verovatnoća prelaska iz jednog kvantnog stanja u drugo pri procesu merenja zavisna od projekcije prvog stanja na drugo* jedan je od najosnovnijih iskaza kvantne mehanike. Pojam verovatnoće se nalazi na horizontu svakog dužeg puta kroz ovu prostranu oblast istraživanja. Vidimo ga kao veliki intelektualni izazov.

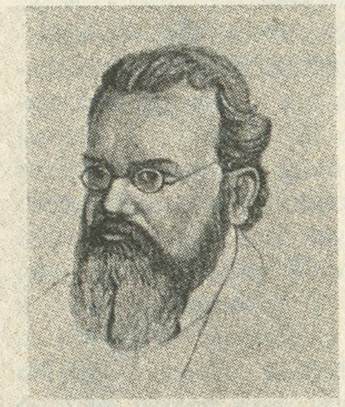
TOPLOTNO ZRAČENJE ILI ULOGA TERMOMETRA U KVANTNOJ TEORIJI

DUŠAN SEKULIĆ (Novi Sad)

Kada pročitamo naslov nekog teksta, obično očekujemo da nam omeđi okvire razmatrane teorije, bar u meri da možemo reći: to bi moglo da me zanima; ili, o tome bih mogao nešto da naučim. No, šta da radimo kad nas naslov zbuni, kao što je to, verovatno, u ovom slučaju? Da li to znači da su napuštena »pravila lepog ponašanja« pri pisanju, ili je možda u pitanju neka zabuna? Ovoga puta — ni jedno, ni drugo. Želja nam je da pokažemo kako na prvi pogled različite stvari u proučavanju prirode postupno vode ka njenom sve potpunijem razumevanju. Pokazaćemo to na primeru *toplotnog zračenja*, pojma koji, budući da svoje ishodište nalazi u pojmu toplote, neumitno asocira, između ostalog, i na tako običan predmet kao što je *termometar*.



Max Planck
(1858—1947)



Ludvig Boltzman
(1844—1906)

Pojam toplote objašnjavamo razmenom energije nekog tela (sistema) sa drugim, pri čemu su ona u tzv. toplotnom kontaktu. Otuda nam se, kada govorimo o ovom vidu energije, nameće misao o ustrojstvu njenog *prenošenja*. Jedan od mehanizama prenošenja toplotne energije je toplotno zračenje. Razmena energije zračenjem ima šire značenje od onoga koje ćemo ovoga puta neposredno razmatrati. Naime, sva elektromagnetna zračenja (unutar njih i toplotno) povinuju se opštim pravilnostima — zakonima zračenja. Od svih mogućnih vrsta zračenja, mi ćemo obratiti pažnju samo na uzak opseg frekvencija, opseg koji obuhvata toplotno zračenje.

Pre svega, istaknimo da razmena toplote zračenjem može da se odvija i bez posredstva tzv. »materi-

jalne sredine«, i kroz vakuum. Drugi mehanizmi prenosa toplotne energije, kao što su provođenje (u čvrstim telima, recimo), ili prelaz toplote strujanjem fluida (recimo, razmena toplote između fluida i čvrstog tela), odvijaju se samo ukoliko postoji tzv. »materijalni prenosnik« (čvrsto telo ili fluid u navedenim primerima). U slučaju zračenja, elektromagnetni talasi se, kao svojevrstan vid postojanja materije, prostiru i kroz vakuum. Kada govorimo o prenosu toplotne energije u našem »ovozemaljskom« svetu, treba imati u vidu da po pravilu uvek imamo posla sa složenim prenosom u kome učestvuju svi mehanizmi o kojima smo govorili.

Ono što odlikuje toplotno zračenje, pre svega je njegova zavisnost od temperature tela koje se pojavljuje kao izvor. Ovakva zavisnost karakteristična je za elektromagnetne talase u opsegu frekvencija između 10^{11} i 10^{15} s^{-1}. Uzroci nastajanju ovog zračenja su pojave u strukturi materije koje razlikujemo pod nazivima kao što su: *oscilovanje kristalnih rešetki čvrstih tela, elektronski i rotacioni prelazi u gasovima, oscilovanje molekula u čvrstim i tečnim telima i dr.* Na objašnjavanju ovih pojava nećemo se zadržavati. Dovoljno je znati da u materiji tom prilikom dolazi do takvih promena da se jedan deo unutrašnje energije »oslobađa« zračenjem koje ima baš one osobine koje pripadaju toplotnom zračenju.

Fizičari su, proučavajući pojavu toplotnog zračenja (kao i zračenja uopšte), došli do niza zakona kojima se opisuju različite njene osobenosti. Spomenimo samo neke: *Kirhofov zakon, Štefan-Bolcmanov zakon, Vinov zakon, Plankov zakon zračenja* i drugi. Ovom prilikom, imajući u vidu da tražimo odgovor na naslov ovog teksta, govorićemo samo o Štefan-Bolcmanovom i Plankovom zakonu. Prema prvom, energija zračenja je proporcionalna četvrtom stepenu termodinamičke temperature, a prema drugom, tzv. raspodela energije zračenja je po frekvencijama opisana jedinstvenom zavisnošću koju teorijski objašnjava kvantna teorija.

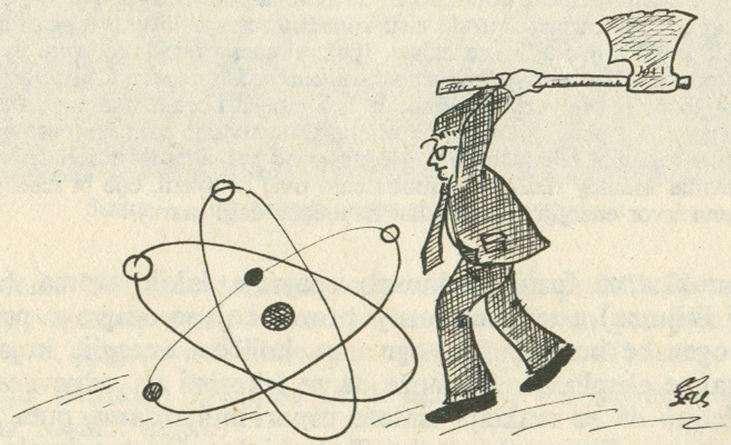
Štefan-Bolcmanov zakon je prvi empirijski postavio poznati slovenački fizičar, Jožef Štefan, 1874. godine u radu *»O vezi između toplotnog zračenja i temperature«*, objavljenom u Saopštenjima Akademije nauka u Beču. Do ovog otkrića Štefan je došao baveći se problemom određivanja količine toplote koju izrači zagrejano telo. Početkom devetnaestog veka isti problem su proučavali francuski fizičari Dilon i Pti. U njihovim eksperimentima predmet posmatranja je bio baš termometar, kao zagrejano telo koje zrači toplotu. Oni su zaključili da količina toplote koju odaje termometar raste u geometrijskoj progresiji sa ravnomernim porastom temperature. Matematički zapisana, ova zavisnost bi glasila: $C_1 (C_2)^T$, gde su C_1 i C_2 konstante. Štefan je, međutim, pravilno uočio da ovakva zavisnost može važiti samo u ograničenom opsegu temperatura. Po njemu, tražena zakonitost, rekosmo, glasi: $H = A (T)^4$, pri čemu, po Štefanu, H predstavlja količinu toplote koju, pri temperaturi T sa jedinice površine u jedinici vremena, izrači baš termometar, a A je konstanta. Deset godina kasnije, tačnost ovog zaključka teorijski je dokazao Bolcman.

Dosada smo videli kakve veze sa našom pričom ima termometar, ali još nije jasno — gde je tu mesto

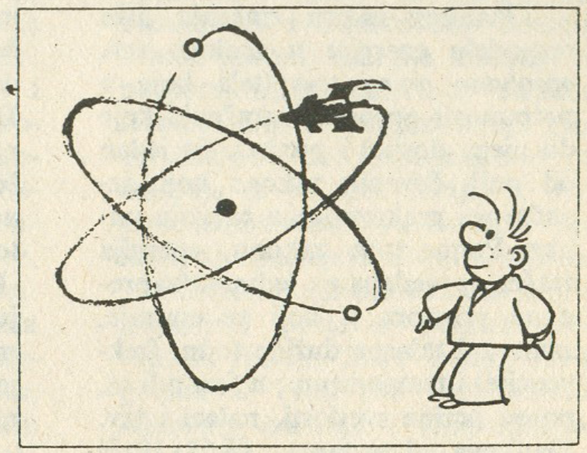
kvantnoj teoriji? Da bismo to razjasnili, podsetimo se kako je Plank formulisao svoj čuveni zakon?

Plankov zakon zračenja daje raspodelu energije u spektru tzv. *apsolutno crnog tela* (tela koje u potpunosti apsorbuje zračenje koje do njega dospe) i predstavlja jedan od onih čuvenih zakona koji označavaju prekretnice u razvoju nauke. Prema tom zakonu, energija zračenja, svedena na jedinicu zapremine prostora u koji se emituje, zavisi od talasne dužine (odn. frekvencije) i temperature; u formuli se, pored brzine svetlosti, nalazi i tzv. Plankova konstanta ($6{,}62 \cdot 10^{-34}$ Js). Plank je svoje prve rezultate o ovom problemu saopštio oktobra 1900. godine u Nemačkom fizičkom društvu u Berlinu. Dotada dva potpuno različita zakona, koji su opisivali istu pojavu, on je pomirio jedinstvenom formulom. To su bili zakoni Relej-Džinsa i Vina. Plankovo saopštenje nije ostavilo poseban utisak na spomenuti skup. Ipak, do rođenja kvantne teorije ostalo je manje od tri meseca. Fizičko značenje formule Plank je referisao 14. decembra iste godine pred istim Društvom. Da bi došao do objašnjenja zakona raspodele energije zračenja po frekvencijama nekog tela na temperaturi T, tela koje zrači toplotnu energiju saglasno Štefan-Bolcmanovom zakonu, jednom rečju — tela koje može biti i termometar o kome smo govorili — Plank je uveo *hipotezu o kvantima energije.*

Došli smo do kraja priče. Naslov, napisan malo u šali, a malo u zbilji, dobija puni smisao. Jer, velika otkrića neumitno nose jasne tragove prethodnog iskustva, a zakoni prirode postaju univerzalni tek kada je njima mogućno objasniti i one obične, svakodnevne pojave.



(Karikatura Milana Zeca)



TERMONUKLEARNA FUZIJA: MOŽEMO LI UKROTITI HIDROGENSKU BOMBU?

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

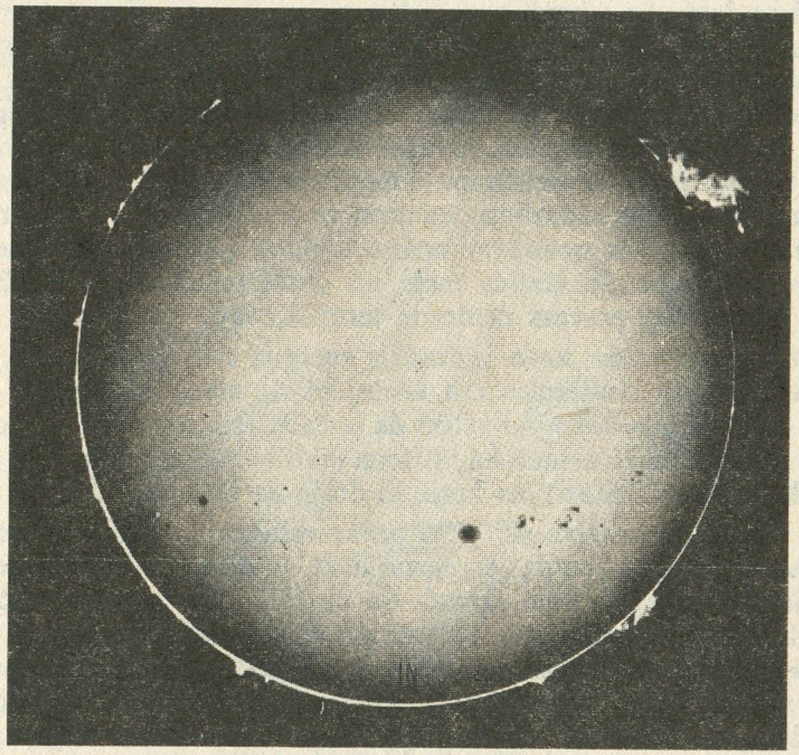
Jedan od ključnih problema čovečanstva je energija. Čovek troši sve više energije i sa daljim razvojem ove potrebe se sve više uvećavaju. Sa svih strana stižu uznemirujuća upozorenja da su izvori energije koje danas upotrebljavamo nedovoljni. Nafta je sve skuplja i njene zalihe se neumitno bliže kraju. Osim toga, ona je veoma neracionalan izvor energije. Još je veliki ruski naučnik Mendeljejev, navodeći podatke o ceni proizvoda koji se iz nje dobijaju, rekao da je upotreba nafte kao goriva ravnopravna loženju peći vrednosnim papirima. Mada se iz kilograma urana može dobiti skoro tri miliona puta više energije nego iz kilograma najboljeg uglja, ni nuklearne centrale nisu konačno rešenje čovekove gladi za energijom. Urana ima malo na Zemlji i teško se nalazi. Ipak, situacija nije tako crna. Svuda oko nas nalaze se ogromne količine goriva budućnosti-*vodonika*. U procesu koji se zove *termonuklearna fuzija* mogućno je pretvoriti vodonik u helijum, pri čemu se dobija oko osam puta više energije nego pri raspadu iste količine urana. Ovladavanje ovim procesom na kome se intenzivno radi u mnogim laboratorijama, jedan je od velikih snova današnjice. U ovom i sledećim brojevima *Mladog fizičara* razmotrićemo ovaj problem, čije bi rešenje obezbedilo čovečanstvu novi izvor energije, neophodan za njegov dalji razvoj .

Termonuklearna fuzija, odnosno spajanje lakih atoma (na primer, vodonika ili litijuma) u teže, ustvari je proces koji se odigrava prilikom eksplozije hidrogenske bombe. Ali, ogromna količina energije koja se dobija prilikom ovakve eksplozije, ne može da se iskoristi na odgovarajući način. Zato je poželjno da se reakcija sinteze uspori milijardama puta i da čovek ostvari nad njom efikasnu kontrolu. Tada bi čovečanstvo imalo u rukama proces pomoću koga Sunce stvara svoju toplotu, ovladalo bi energijom zvezda.

Teorijski princip mogućnosti dobijanja energije iz atoma leži Ajnštajnov zakon ekvivalentnosti mase (*m*) i energije (*E*),

$$E=mc^2,$$

gde je *c* brzina svetlosti. Svaki nuklearni proces u kome je masa produkata reakcije manja od mase čestica koje ulaze u reakciju, praćen je oslobađanjem energije. Jedna od takvih reakcija je sinteza helijuma iz jezgara vodonikovog atoma, koja se stalno odigrava u unutrašnjosti Sunca i drugih zvezda, služeći im kao izvor energije. Ipak, u poslednje vreme, naučnici sve više veruju da je za budući termonuklearni reaktor pogodniji proces u kome helijum nastaje sintezom jezgara dva vodonikova izotopa, *deuterijuma* i *tricijuma*. Jezgro običnog atoma vodonika sastoji se od jednog protona. Ako ovome protonu dodamo jedan neutron, dobićemo jezgro izotopa vodonika deuterijuma (*D*). Ovo jezgro naziva se *deuteron*. Kada se u vodi (H_2O) atomi vodonika zamene atomima deuterijuma, dobija se *teška voda* (D_2O). Njena fizička svojstva razlikuju se od fizičkih svojstava obične vode. Živim organizmima ona ne



Sunce — naš najveći termonuklearni »reaktor«

prija. Ako seme zalivamo teškom vodom, ono neće proklijati, a ribe u njoj posle kraćeg vremena uginu. Ako deuteronu dodamo još jedan neutron, dobićemo *triton*, jezgro vodonikovog izotopa tricijuma (T).

Reakciju stvaranja helijuma iz deuterijuma i tricijuma, možemo da napišemo na sledeći način:

$$D+T\rightarrow He^4+n+17{,}6\ MeV.$$

Drugim rečima, ako dovoljno brzim deuteronima bombardujemo metu od tricijuma, dobićemo jezgra He^4, takozvane *α-čestice*, energije 3,6 MeV i brze neutrone čija je energija 14 MeV, što ukupno čini 17,6 MeV. Da bi otpočela

ova reakcija, deuteroni treba da imaju ogromne brzine da bi se savladala sila odbijanja jezgara. Drugim rečima, kinetička energija deuterona treba da je velika. Osim toga, da bi izdvajanje energije bilo veće od gubitaka na zagrevanje čestica, potrebno je da u jedinici vremena u reakciji učestvuje dovoljan broj čestica, što nije lako ostvariti.

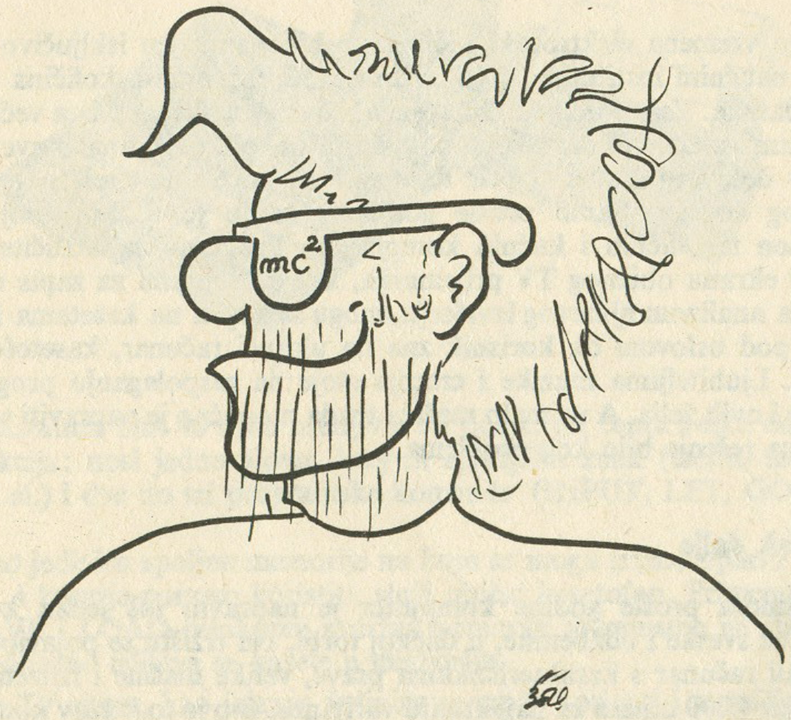
Razmotrimo šta se dešava kada brzi deuteron naleće na metu od čvrstog tricijuma. Možda smatrate da će deuteron odmah naleteti na jezgro tricijuma? Međutim, to nije tako jednostavno. Ako atom tricijuma uvećate do razmera Zemlje, a njegov elektron, koji će tada biti veličine fudbalske lopte, stavite na površinu naše planete, dimenzije tritona koji bi se nalazio u centru Zemlje bile bi reda veličine sto metara. Triton i elektron koji kruži oko njega bili bi razdvojeni sa oko šest hiljada kilometara praznine. Kao što vidite, male su šanse da brzi deuteron odmah pogodi triton i spoji se sa njim u jezgro helijuma. Najverovatnije je da će se deuteron na svom putu susretati sa elektronima. Ovakvi susreti ne moraju biti direktni. Već na znatnim rastojanjima, naelektrisane čestice deluju jedna na drugu Kulonovom silom, usled čijeg dejstva mogu da se ubrzaju ili uspore. Ovakvi susreti nazivaju se *elastični sudari*. Pošto je srednja energija elektrona u meti mnogo manja od energije brzog deuterona, u elastičnim sudarima deuteron će se usporavati, a elektroni ubrzavati. Tako će deuteron smanjivati brzinu, sve dok njegova energija ne postane jednaka srednjoj energiji čestica mete pri datoj temperaturi. Fizičari kažu da se na kraju ovog procesa deuteron termalizovao.

U stanju ravnoteže, kada je srednja energija svih vrsta čestica jednaka, sudari elektrona sa deuteronom u srednjem ne menjaju njegovu energiju. Ako bi ta energija bila dovoljno velika da savlada elektrostatičke sile odbijanja pozitivno naelektrisanih deuterona i tritona (ako bi energija bila veća od *praga reakcije*, kako kažu fizičari), na kraju bi došlo do željene reakcije.

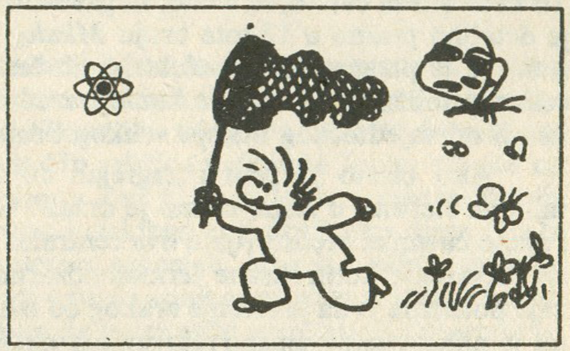
Na ovome se zasniva *termički prilaz* rešavanju problema fuzije. Ali, do kojih temperatura treba da zagrejemo metu da bi došlo do reakcije sinteze? Karakteristična energija koja dovodi do reakcije, do potpunog isčezavanja jezgara deuterijuma i tricijuma i stvaranja jezgara helijuma, iznosi oko 150 keV. Ovo je takozvani maksimum verovatnoće reakcije sinteze. S obzirom da se u ovoj reakciji dobija oko 120 puta više energije, 17,6 MeV, vidimo zašto je fuzija toliko interesantna za nas. Kolika je temperatura kojoj odgovara energija od 150 keV? Energiji od samo 1 keV odgovara temperatura od 11 600 000° C! Ipak, metu nije potrebno zagrejati do 150 keV da bismo dobili reakciju koja nas zanima. Pre svega, nama nije potrebno da verovatnoća reakcije bude baš maksimalna, a reakcija može da se odvija i pri energijama znatno nižim od 150 keV. Osim toga, ako je meta zagrejana do neke temperature, to ne znači da sve čestice imaju istu energiju. One su, ustvari, raspodeljene po različitim energijama, ali najveći broj čestica ima energiju koja odgovara datoj temperaturi. Ipak, jedan deo čestica ima i znatno više energije, a ovaj »visokoenergetski rep« raspodele čestica po energijama i te kako je važan za fuziju. Ustvari, usled ovih razloga, već energije od 5—6 keV, temperature od nekoliko desetina miliona stepeni, bile bi dovoljne da se pod određenim uslovima ostvari kontrolisana fuzija.

Šta se dešava sa materijom zagrejanom do tako visokih temperatura? Na ovakvim temperaturama lakši elementi nalaziće se u potpuno jonizovanom stanju, naša meta će se sastojati od smeše slobodnih elektrona i »golih« jezgara. To neće biti ni čvrsto, ni tečno, ni gasovito stanje, već stanje *plazme*. O plazmi je detaljno pisano u 12-tom broju *Mladog fizičara*. Ovde ćemo se samo podsetiti da je plazma skup naelektrisanih čestica, koji je, kada se posmatra kao celina, približno neutralan i u kome je međusobni uticaj susednih čestica mnogo manji od zajedničkog uticaja velikog broja dalekih čestica na svaku od njih.

Ako bismo plazmu i zagrejali do temperature od nekoliko desetina miliona stepeni, u čemu bismo je držali? Ova dva pitanja: zagrevanje plazme i njeno čuvanje, predstavljaju dva centralna problema u istraživanjima vezanim za ostvarenje kontrolisane termonuklearne fuzije. Istorija dosadašnjih pokušaja pokazala je da je rešenje svakog od ovih problema principijelno mogućno, ali je njihovo istovremeno rešavanje izuzetno teško. U sledećem broju *Mladog fizičara* razmotrićemo: kako se plazma može zagrejati i u čemu je naučnici drže?



(Karikatura Milana Zeca)



KOMPJUTER ZA ĐAČKU TORBU—ZX81

STANKO POPOVIĆ (Beograd)

Dugo vremena elektronski računar je bio namenjen isključivo velikim firmama, naučnim institutima i vojsci za obradu ogromnih količina najrazličitijih podataka. Zahtevao je usko specijalizovane stručnjake i za većinu ljudi je bio tajanstvena mašina. No, u poslednjih nekoliko godina u svetu kompjutera se dešavaju čudne stvari. Računari su počeli da prelaze prag kuće savremenog čoveka. Samo prošle godine prodato je u Zapadnoj Evropi blizu milion tzv. ličnih i kućnih kompjutera. Programi za različite igre sa slikom na ekranu običnog TV prijemnika, kao i programi za zapis različitih obaveza sa analizom njihovog izvršenja, mogu se kupiti na kasetama i odmah koristiti, pod uslovom da korisnik zna da uključi računar, kasetofon i TV prijemnik. Ljubiteljima muzike i crtanja stoje na raspolaganju programi za ostvarenje i ovih želja. A uz malo mašte i truda mogućno je napraviti sopstveni program za rešenje bilo kog problema.

Korak dalje

Sredinom prošle godine kompjuter je napravio još jedan korak — našao se, uz sveske i udžbenike, u đačkoj torbi. Na tržištu se pojavio Sinclair ZX81, mali računar s karakteristikama prave, velike mašine i izuzetno niske cene — oko 4.000 dinara za najjeftiniju varijantu. Bio je to izazov kome preko 400.000 đaka, studenata i mnogi drugi nisu mogli odoleti. Uz ZX81 postoji i niz sličnih, boljih ili ne, većih i skupljih računara, namenjenih istom krugu korisnika, ali popularnost Sinclair-ovog malog diva je još uvek neprevaziđena. Pretpostavlja se da, pored svih problema oko nabavke, u našoj zemlji ima nekoliko hiljada vlasnika ZX-a.

Tehničke karakteristike

ZX81 je izuzetno jednostavan računar: na štampanoj pločici dimenzija 10X15 cm nalaze se samo četiri integralna kola. To su:

— mikro-procesor Z80A, koji je »mozak« i izvršna jedinica računara;

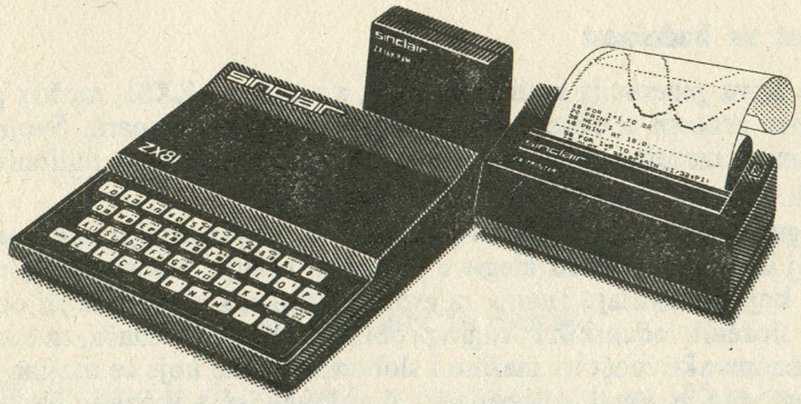
— BASIC čip, čiji je zadatak transformacija programskih instrukcija u izvršne, tzv. mašinske naredbe;

— memorijsko integralno kolo koje čuva programska uputstva za obradu i same podatke i

— Sinclair-ov logički čip koji povezuje prethodna tri integralna kola u »pametnu« mašinu.

Kapacitet memorije osnovne verzije ZX-a je samo 1 Kb (1 kilobajt = 1.024 memorijska mesta za upis istog broja podataka), ali se on može, jednostavnim dodatkom spoljnog modula, proširiti na 16, 32 ili 64 Kb.

Komunikacija sa računarom je obezbeđena preko ugrađene tastature i ekrana kućnog TV prijemnika s kojim se povezuje pomoću 120 cm dugačkog



kabla. Tastatura ima 40 tipki osetljivih na dodir, pri čemu svaka od njih ima više funkcija: nosi jedno slovo, broj ili specijalni znak (tačku, zarez, znak pitanja i sl.) i dve do tri programske komande (INPUT, LET, GOTO, SIN itd.).

Kao jedinica spoljne memorije na koju se mogu trajno upisati programi i podaci, i kasnije ponovo koristiti, služi obični kasetofon. Primenom instrukcije SAVE i LOAD celokupni sadržaj memorije se zapisuje na standardnoj kaseti, odnosno učitava sa kasete u memoriju.

Uz TV ekran, kao izlazna jedinica se može koristiti i termički štampač specijalno konstruisan za ZX81. Na metaliziranom papiru širine 10 cm ovaj štampač štampa 32 znaka u redu, brzinom od 50 znakova u sekundi. Inače, uz 26 slova latinske abecede (nedostaju Ć, Č, Š i Ž, naravno) i 10 cifara decimalnog brojnog sistema, računar omogućava štampaču štampu i 20 posebnih grafičkih simbola.

Iako jednostavan, ZX81 je po svojim mogućnostima veoma snažan računar. Sve matematičke funkcije (trigonometrijske, logaritamske, eksponencijalne i druge) izvode se sa 8 sigurnih cifara. Preko 60 programskih instrukcija, FOR/NEXT petlje i mogućnost rada sa višedimenzionalnim matricama pružaju uslove za rešavanje i najsloženijih problema.

Ukratko, ZX81 je dobar kompjuter sa brzim procesorom, dovoljno prostranom memorijom, velikim računskim mogućnostima, solidnim grafičkim prikazom i vrlo povoljnom cenom.

Programiranje

ZX81 se programira u BASIC-u, programskom jeziku koji se može savladati za samo par sati vežbe. Ono što je karakteristično za ZX-a je da se sve instrukcije BASIC-a pišu pritiskom na samo jednu tipku (na primer, instrukcija INPUT pritiskom na tipku I, instrukcija RUN pritiskom na tipku slova R itd.). Inače, pri programiranju, računar kontroliše svaki upisani niz instrukcija, upozorava odmah na grešku i odbija da primi pogrešan upis.

Priručnik koji se dobija uz računar je dobar i sa puno primera, tako da korisno služi kako početniku, tako i iskusnijem programeru.

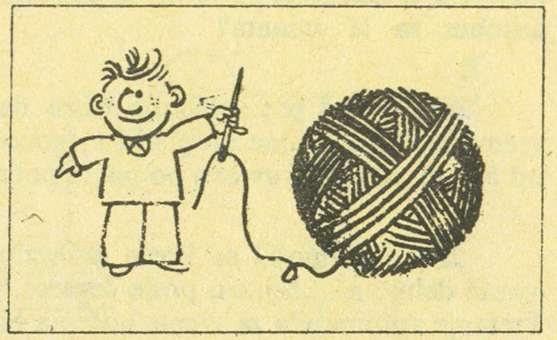
Most za budućnost

Ova nova generacija malih računara, a s njima i ZX81, možda pre svih, otvara nove procese u obradi informacija i primeni računara. Svojim karakteristikama i izuzetno niskom cenom oni daju mogućnost milionima ljudi da dođu u dodir sa snagom pravog kompjutera.

Mogućnost da se mlad čovek sretne sa elektronskim računarom već u školskoj klupi i da koristi njegovu pomoć u učenju (već su razvijeni brojni programi koji obuhvataju znanja iz jezika, istorije, fizike i drugih oblasti) ili rešavanju složenih računskih i drugih problema, ima veliki značaj za budućnost. Stalna misaona aktivnost uz mašinu i slobodno vreme koje će mašina podariti čoveku omogućiće novo oslobađanje čovekovih sposobnosti. Na dobrobit čovečanstva, nadamo se.

ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI ZADACI

KONKURSNI ZADACI
NAGRADNI ZADATAK
ZADACI PITANJA
E — ZADATAK



KONKURSNI ZADACI

A Za učenike VI razreda

280. Poznato je da je svetski rekord u trčanju na 100 m za muškarce oko 9,9 s. Odrediti da li je brzina trkača, prilikom postizanja ovog rekorda, veća ili manja od brzine automobila čiji brzinomer pokazuje 40 km/h.

281. Koncert slušaju gledalac koji sedi u sali i radio-slušalac pored radio-aparata, koji se nalazi na rastojanju 6400 km od sale u kojoj se održava koncert. Na kom rastojanju od mikrofona treba da sedi posetilac u sali, da bi početak koncerta čuo istovremeno kad i slušalac pored radio-prijemnika. Brzina zvuka u vazduhu je 340 m/s, a brzina prostiranja radio-talasa $3 \cdot 10^8$ m/s.

282. Na kom rastojanju od radio-prijemnika treba da sedi radio slušalac da bi istovremeno čuo početak koncerta sa gledaocem, koji sedi u sali na rastojanju od 20 m od mikrofona? Ostali uslovi su isti kao u prethodnom zadatku.

283. Da li će biti isto vreme prelaska r
po reci (brzina reke $v_1 = 6$ m/s) i po jezeru, sa čamcem čija je brzina u
na vodu u oba slučaja jednaka $v_2 = 10$ m/s?

B Za učenike VII razreda

284. Autobus pri polasku ima ubrzanje 0,5 m/s². Kad postigne brzinu od 20 m/s, nastavlja da se kreće uniformno pravolinijski. Koliki put će preći autobus za 10 minuta?

285. Avion pre uzletanja treba da ima brzinu od 100 m/s. Odrediti vreme kretanja aviona po pisti i njegovo ubrzanje, ako je po pisti prešao put od 600 m. Kretanje aviona po pisti smatrati jednako ubrzanim.

286. Automobil se kreće sa brzinom $v_1=25$ m/s. Na putu $s=40$ m vozač deluje na kočnicu, posle čega se brzina smanji do $v_2=15$ m/s. Ako je kretanje automobila za vreme kočenja bilo jednako usporeno, naći ubrzanje i vreme kočenja.

287. Telo u toku poslednje sekunde svog slobodnog pada pređe polovinu celog puta. Odrediti visinu sa koje je telo palo, kao i vreme padanja tela.

288. Kolikom brzinom i u kom pravcu treba da leti avion nad ekvatorom na visini od 10 km iznad Zemlje, da bi pilot video Sunce stalno na istoj visini iznad horizonta.

C Za učenike VIII razreda

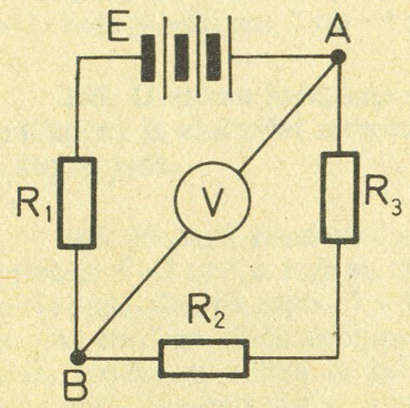
289. Jačina električne struje u jednom delu električnog kola ravnomerno raste od 0 do 2,5 A za vreme od 10 s. Nacrtati grafik zavisnosti jačine struje od vremena i na osnovu njega odrediti količinu električne struje koja je prošla kroz poprečan presek provodnika za dato vreme.

290. Kroz provodnik od aluminijuma površine poprečnog preseka 14 mm² protiče električna struja jačine 15 A. Odrediti pad napona duž provodnika između tačaka koje se nalaze na rastojanju od 500 m.

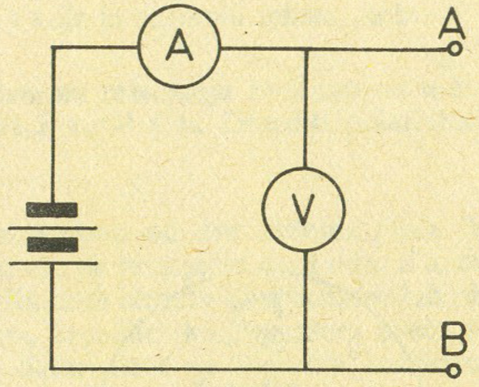
291. Na slici 1. prikazano je električno kolo sačinjeno od izvora $E=100V$ i na red vezanih otpornika $R_1=100\ \Omega$, $R_2=200\ \Omega$ i $R_3=300\ \Omega$. Koju vrednost napona će pokazivati voltmetar čiji je unutrašnji otpor $R_v=2\,000\ \Omega$ vezan između tačaka A i B. Zanemariti unutrašnji otpor izvora.

[illegible] tačaka A i B (slika 2.) priključe dva paralelno vezana otpornika, ampermetar i voltmetar pokazuju vrednosti 30 V i 5 A. Kada su isti otpornici vezani na red i priključeni za iste tačke kola, instrumenti

pokazuju vrednosti 40 V i 1,6 A. Odrediti veličine otpora datih otpornika, veličinu elektromotorne sile izvora, kao i njegov unutrašnji otpor.



Slika 1.



Slika 2.

293. Pri jačini struje od 10 A u spoljašnjem delu kola oslobađa se snaga od 200 W. Kada je jačina struje 15 A, oslobođena snaga iznosi 240 W. Koliki je unutrašnji otpor izvora, elektromotorna sila izvora i kolika je jačina struje pri kratkom spoju polova izvora?

D Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

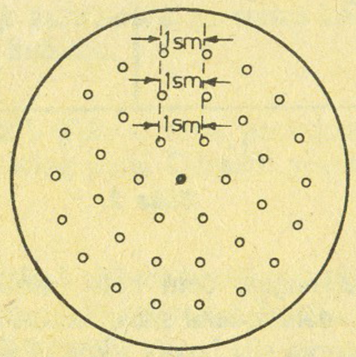
294. Jedno telo se kreće jednako ubrzano sa početnom brzinom $v_{10}=2$ m/s i ubrzanjem $a_1=3$ m/s², a drugo jednako usporeno sa početnom brzinom $v_{20}=10$ m/s i usporenjem $a_2=2$ m/s². Posle koliko vremena će, od početka kretanja oba tela, njihove brzine biti jednake?

295. Na vertikalno obešenom tankom koncu zakačeno je $n=20$ olovnih kuglica, tako da najniža kuglica dodiruje podlogu. Kako se otkači gornji kraj konca, kuglice jedna za drugom udaraju o podlogu. Kako treba da se odnose susedna rastojanja između kuglica i rastojanja susednih kuglica od podloge, da bi se udari čuli posle jednakih vremenskih intervala?

296. Veštački Zemljin satelit ima brzinu od 8 km/s i period obrtanja oko Zemlje od 6 h. Ako se pretpostavi da je putanja satelita kružna, a obrtanje ravnomerno, odrediti visinu na kojoj leti satelit. Poluprečnik Zemlje je 6370 km. Kretanje Zemlje zanemariti.

297. U prvoj aproksimaciji može se smatrati da se elektron u atomu vodonika kreće po kružnoj orbiti sa konstantnom brzinom. Naći ugaonu brzinu obrtanja elektrona oko jezgra i njegovo normalno ubrzanje. Poluprečnik orbite je $0{,}5\cdot10^{-10}$ m, a brzina elektrona na ovoj orbiti $2{,}2\cdot10^{6}$ m/s.

298. Kružni disk sa otvorima, koji se nalaze na koncentričnim kružnicama na rastojanju s=1 cm jedan od drugoga (sl. 3), osvetljen je odpozadi nekom lampom. Disk se obrće oko svoje ose brzinom 30 ob/min. Na kom rastojanju od centra diska se mogu videti neprekidni svetleći krugovi? Oko čoveka ne oseća svetlosne promene koje se dešavaju češće od 16 puta u sekundi.



Slika 3.

E Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

299. Jednačina oscilovanja izvora talasa je $y=3\ sin\ (20\ \pi\ t)$. Odrediti: a) period oscilovanja; b) elongaciju tačke koja se nalazi na rastojanju 5 m od izvora, posle 0,1 s od početka oscilovanja. Brzina prostiranja talasa iznosi 200 m/s.

300. Kako se menja energija harmonijskih oscilacija ako se amplituda poveća dva puta, a frekvencija smanji dva puta ?

301. Na rastojanju od 1 km udar groma čuje se sa zakašnjenjem od 2,94 s u odnosu na blesak munje. Znajući da je gustina vazduha pri datim uslovima 1,22 kg/m^3, a odnos specifičnih toplota (pri stalnom pritisku i pri stalnoj zapremini) 1,40 , odrediti vrednost atmosferskog pritiska vazduha.

302. Pri približavanju aviona nepokretan posmatrač čuje zvuk frekvencije 10^4 Hz, a pri njegovom udaljavanju čuje zvuk frekvencije 10^3 Hz. Odrediti brzinu aviona, znajući da je brzina prostiranja zvuka pri datim uslovima 340 m/s.

303. Zavojnica induktiviteta $3\cdot10^{-5}$ H spojena je s ravnim kondenzatorom. Površina jedne od ploča kondenzatora je 100 cm^2, a rastojanje između ploča iznosi 0,1 mm. Odrediti dielektričnu propustljivost sredine. ako ova kontura rezonira za talasnu dužinu od 750 m.

F Za učenike III razreda srednjeg usmerenog obrazovanja

304. Na tankoj metalnoj homogenoj ploči površine $S=180$ cm^2 nalazi se količina elektriciteta $q=4\cdot10^{-6}$ C. Odrediti jačinu električnog polja u tački koja je udaljena 2 cm od ploče i koja je naspram težišta ploče.

305. U atomu joda, koji se nalazi na rastojanju $r=2$ nm od α-čestice, indukovan je električni moment $p=1{,}5\cdot10^{-31}$ Cm. Odrediti polarizabilnost α atoma joda.

306. Pločasti kondenzator je obrazovan od dve metalne ploče čija je površina $S=3$ cm^2, a koje su razmaknute na rastojanje $d=2$ mm. Kondenzator je priključen na napon $V=18$ V. Kada se između kondenzatorskih obloga postavi staklena ploča debljine 2 mm, kapacitet kondenzatora uveća se 4,8 puta. Izračunati kolika je količina elektriciteta na pločama kondenzatora pre i posle unošenja stakla, a zatim kolika je polarizacija stakla.

307. Odrediti magnetni moment kružne struje koju stvara elektron koji napravi 10^{15} obrta u jednoj sekundi. Poluprečnik kružne putanje je $r=0{,}5\cdot10^{-10}$ m.

308. Kilomolska magnetna susceptibilnost hromoksida (Cr_2O_3) iznosi $\chi_{km}=+5{,}8\cdot10^{-5}$ m^3/kmol. Odrediti magnetni moment molekula Cr_2O_3, ako je temperatura $T=300$ K.

G Za učenike IV razreda usmerenog obrazovanja

309. Na krajeve žice zanemarljive mase pričvršćena su dva tega istih masa od po 0,4 kg. Žica je prebačena preko dva nepokretna kotura. Rastojanje između kotura je 1 m. Na sredini žice pričvršćena je kuglica mase 0,01 kg. Odrediti frekvenciju harmonijskih oscilacija kuglice u pravcu upravnom na pravac ravnotežnog položaja žice.

310. Ukupna energija tela koje vrši harmonijsko oscilovanje iznosi $3\cdot10^{-5}$ J a maksimalna sila koja deluje na telo iznosi $1{,}5\cdot10^{-3}$ N. Odrediti jednačinu kretanja ovog tela, ako je period oscilovanja 2 s, a početna faza 60°.

311. Amplituda harmonijskih oscilacija iznosi 5 cm, a period 4 s. Naći maksimalnu brzinu tela koje osciluje, kao i njegovo maksimalno ubrzanje.

312. Odrediti elongaciju tačke koja se nalazi na rastojanju $\lambda/12$ od izvora u trenutku $T/6$. Amplituda oscilovanja iznosi 0,05 m.

313. Masa vagona iznosi 10^3 kg. Kada se na vagon stavi teret mase 500 kg, njegovi amortizeri (gibnjevi) spuste se za 0,5 cm. Odrediti brzinu kretanja vagona, bez tereta, pri kojoj nastaje rezonancija zbog udara točkova o sastave šina čija je dužina 20 m.

Zadatke pripremili:
Jablan Dojčilović i
Aleksandar Srećković

NAGRADNI ZADATAK 22

Na koji način je mogućno da ribar, ploveći po mirnoj vodi, odredi masu čamca, ukoliko zna sopstvenu masu i poseduje dugačak metalni metar?

ZADACI — PITANJA

A) *Verovatno ste zapazili da sijalica pregori uglavnom kada je palite ili gasite. Eventualno se to dogodi kada upadljivo »žmirka«, zbog nekih promena u gradskoj mreži. Sijalica gotovo nikada ne pregori kada svetli stalnom jačinom. Zašto?*

*

B) *Zašto pilot savremenog borbenog aviona ne može, u granicama manevarskih mogućnosti aparata, da skrene po proizvoljno krivom luku?*

*

C) *Izvesni operski pevač ispoljava glasovne mogućnosti u pet oktava. Donja granica opsega učestanosti njegovog glasa je 50 treptaja u sekundi. Njegova koleginica peva u samo tri oktave, sa donjom granicom 1000 treptaja u sekundi. Ko od njih peva u širem opsegu frekvencija?*

*

D) *Na severnoj polulopti Zemlje više su podlokane desne obale reka u odnosu na leve. Sa rekama koje teku po južnoj Zemljinoj hemisferi je suprotno: upadljivija je erozija na levim obalama reka. Zašto?*

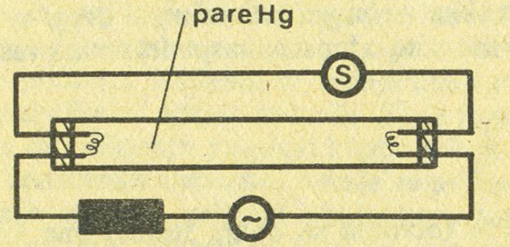
Odabrao: **Dušan Koledin**

13. IPHO '82

ZADACI SA 13. MEĐUNARODNE OLIMPIJADE IZ FIZIKE

Zadatak 1.

Data je luminescentna cev koja je priključena u kolo struje kao na priloženoj slici. Frekvencija upotrebljenog napona je 50 Hz. Mere se sledeće veličine: opšti napon kojim se napaja kolo $U_eff = 228{,}5$ V; jačina struje u kolu $I_eff = 0{,}60$ A; pad napona na samoj cevi u stanju kada ona svetli $U_e' ff = 84$ V i omski otpor zavojnice koja služi kao balast u kolu $R_d = 26{,}3$ oma. Luminescentnu cev treba posmatrati kao omski otpor.



a) Kolika je induktivnost L balastne zavojnice?

b) Odrediti faznu razliku φ između napona i jačine struje u kolu.

c) Kolika je aktivna snaga P_w koja se oslobađa u kolu?

d) Balastna zavojnica, osim što ograničava jačinu struje u kolu, ima još jednu važnu funkciju. O kojoj se funkciji radi? Objasnite je. (Napomena: Starter S ima u sebi prekidač koji se brzo, nakon uključivanja cevi, kratko spaja, zatim otvara i ostaje u otvorenom stanju.)

e) Nacrtajte grafik zavisnosti svetlosnog fluksa od vremena. Na vremensku osu nanesite podelu.

f) Zbog čega se cev pali samo jedanput, iako priloženi napon nakon jednakih vremenskih intervala prolazi kroz nulu (osciluje)?

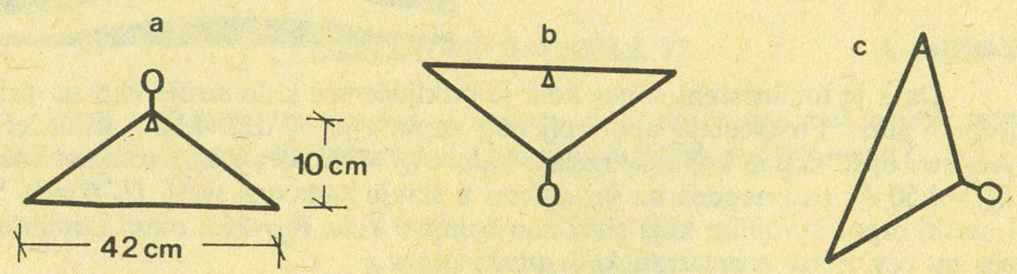
g) U luminescentnim cevima opisanog tipa može se redno zavojnici vezati kondenzator kapaciteta 4,7 μF. Kako ovaj kondenzator utiče na rad cevi i sa kakvim ciljem je predviđena ova mogućnost?

h) Posmatrajte obe polovine date demonstracione cevi posredstvom priloženog spektroskopa. Objasnite razliku u spektrima ovih delova cevi.

Zadatak 2.

Data je vešalica, napravljena od žice, koja osciluje sa malom amplitudom u ravni crteža u odnosu na zadate položaje ravnoteže.

U stanju ravnoteže u položajima (a) i (b) duža strana je u horizontalnom položaju. Dve druge strane su međusobno jednake. U sva tri slučaja su periodi oscilovanja međusobno jednaki. Gde leži centar masa i koliko iznosi period oscilovanja?



Sa priloženih slika ne mogu biti uzimani drugi podaci, nego samo oni koji su dati. Ovo se naročito odnosi na raspodelu masa vešalice koja u detaljima nije poznata.

Zadatak 3.

Vazdušni balon (otvoren sa donje strane) ima konstantnu zapreminu $V_B = 1{,}10\ m^3$. Masa materije od koje je napravljen balon, čija se zapremina zanemaruje u odnosu na V_B, iznosi $m_H = 0{,}187$ kg.

Okolni vazduh je na temperaturi $t_1 = 20{,}0\ ^\circ C$ i nalazi se pod normalnim atmosferskim pritiskom koji iznosi $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa. U ovim uslovima zapreminska masa vazduha iznosi $\rho_1 = 1{,}20\ kg/m^3$.

a) Koju temperaturu t_2 mora imati zagrejan vezduh u balonu da bi balon bio u ravnoteži sa vazduhom (da bi lebdeo)?

b) U balonu, koji je konopcem privezan za zemlju, zagreje se vazduh do konstantne temperature $t_3 = 110\ ^\circ C$. Izračunati silu koja deluje na konopac.

c) Uzmimo sada da je otvor balona zatvoren (zapreminska masa vazduha u balonu tada postaje konstantna). Balon se podiže pri konstantnoj temperaturi vazduha u njemu $t_3 = 110\ ^\circ C$ u izotermskoj atmosferi pri temperaturi $20{,}0\ ^\circ C$ i pritisku na nivou površine zemlje $p_0 = 1{,}013 \cdot 10^5$ Pa.

Do koje se visine h pri ovim uslovima balon podigao?

d) Pretpostavimo da se balon (otvor balona je zatvoren, slučaj pod c) pomeri iz svog ravnotežnog položaja za $\Delta h = 10$ m u vertikalnom pravcu, a zatim se ponovo oslobodi.

Kvalitativno opišite kakvo će kretanje balona pri tome nastati.

Zadatak 4. (eksperimentalni)

Dato je simetrično bikonveksno sočivo, ravno ogledalo, voda, metar, olovka i fizički stativ sa podešavajućim klizačem. Pri radu u ovom zadatku treba koristiti samo ove predmete.

1. Odrediti žižnu daljinu sočiva sa maksimalnom greškom 1%.

2. Odrediti indeks prelamanja stakla od koga je napravljeno sočivo. Indeks prelamanja vode je $n_w = 1{,}33$.

Za određivanje žižne daljine tankog sočiva u vazduhu koristi se jednačina $1/f = (n-1)\,(1/r_1 - 1/r_2)$. U ovoj jednačini je n indeks prelamanja sočiva, a r_1 i r_2 su poluprečnici krivina sočiva. Za simetrično bikonveksno sočivo je $r_1 = -r_2 = r$, a za simetrično bikonkavno sočivo je $r_1 = -r_2 = -r$.

Napomena: Peti zadatak, takođe eksperimentalni, iz tehničkih razloga nismo bili u mogućnosti da odštampamo.

Rešenje ovih zadataka objavićemo u sledećem broju.

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

KUPON

UČENIK .....

ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....

ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 23

A. Ubrzanje rakete je obrnuto srazmerno masi. Pri istoj brzini izbacivanja gasova nastalih sagorevanjem goriva, ubrzanje, a time i brzina rakete, biće utoliko veći ukoliko je manja njena masa. Kod jednostepene rakete gorivo se nalazi u jednom rezervoaru koji ostaje vezan za raketu sve dok u njemu ima goriva. Kod višestepenih raketa gorivo se nalazi u nekoliko rezervoara-stepena. Kada gorivo iz nekog rezervoara bude utrošeno, rezervoar se odvaja od rakete. Time se umanjuje masa rakete i uvećava efikasnost ubrzavanja.

B. Vatra se može upaliti komadom čistog prozračnog leda, ako se on oblikuje kao dvostruko ispupčeno sočivo. Ledeno sočivo, kao i bilo koje drugo, vrši prelamanje Sunčevih zraka i njihovo fokusiranje. Pri tome se led ne zagreva i ne topi. Inače, 1763. godine je u Engleskoj bila počela proizvodnja ledenih sočiva koja su služila za potpalu.

C. Vodu ćete znatno efikasnije ohladiti ako ledenu ploču stavite na čašu. U tom slučaju, slojevi vode, koji su u gornjem delu čaše i koji se najpre hlade, spuštaju se ka dnu čaše, ustupajući mesto toplijoj vodi, koja se nalazi u donjem delu. Tako se uspostavlja vrlo dobra cirkulacija vode, što ubrzava hlađenje. Pored toga, hladniji vazduh, kao što znamo, kreće se naniže niz čašu i uvećava efikasnost hlađenja. Ako se čaša postavi na ledenu ploču, onda hladan vazduh ostaje u neposrednoj blizini ploče pri dnu čaše i praktično ne učestvuje u procesu hlađenja vode. Pored toga, ohlađeni slojevi vode na dnu čaše se ne kreću naviše, jer su teži od toplijih gornjih slojeva. Zato se ne uspostavlja onako dobra cirkulacija vode, kakva je bila u prethodnom slučaju.

U zadatku je naglašeno da čaša treba da je napunjena do vrha. To je zato što je vazduh relativno dobar toplotni izolator, pa bi znatno umanjio efikasnost hlađenja u slučaju kada je ledena ploča postavljena na čašu.

D. Da vidimo šta smo stvarno izmerili kada smo merenjem na vagi dobili da su težine drveta i gvožđa jednake jednu tonu. Biće vam odmah jasno da je ovo pitanje umesno, ako uzmete u obzir Arhimedov zakon koji važi i za gasove. U skladu sa ovim zakonom, mi ustvari merimo težine gvožđa i drveta umanjene za težine istisnutog vazduha. Zapremina tone drveta je oko 2 m^3, a tone gvožđa oko 1/8 m^3. Znači, ako smo na vagi izmerili tonu drva, onda je stvarna težina jednaka $9{,}8 \cdot 10^3$ N+težina vazduha zapremine 2 m^3. Slično, težina jedne tone gvožđa jednaka je $9{,}8 \cdot 10^3$ N+težina vazduha zapremine 1/8 m^3. Odavde sledi da je stvarna težina tone drva veća od stvarne težine tone gvožđa, jer je 2 m^3 teže od 1/8 m^3 vazduha. Ta razlika je oko $2 \cdot 9{,}8$ N.

UPUTSTVO ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

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

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

ZADATAK 9E

Ako raspolažete samo sa dva merna instrumenta, nonijusom i hronometrom i jednim cilindričnim sudom, opišite kako biste odredili brzinu isticanja vode iz slavine vodovodne česme.

NAPOMENA

Rešavanjem zadataka sa oznakom E steći ćete niz navika i umenja veoma korisnih za obavljanje eksperimentalnog rada iz fizike. Šaljite nam svoja rešenja sa naznakom ZADACI E. Imena učenika koji ih uspešno rešavaju objavićemo u našem listu, a najbolje učenike i nagraditi.

Za učešće u rešavanju ove vrste zadataka u protekloj školskoj godini pohvaljuju se sledeći učenici:

1) **Iričanin Bratislav,** I-11, OC »Prvi maj«, Novi Beograd, predmetni nastavnik Živorad Rašić;

2) **Marjanović Branislava,** VIII-1, Osn. šk. »Nada Purić«, Valjevo, predmetni nastavnik Ljiljana Milić;

3) **Milutinović Dragoljub,** II-9, OC »Prvi maj«, Novi Beograd, predmetni nastavnik Jelena Dankulov;

4) **Andrić Goran,** VIII-1, Osn. šk. »M. I. Cerovac«, Vrčin, predmetni nastavnik Milan Baričević.

T. P.

ODGOVORI NA ZADATKE PITANJA IZ BROJA 24

A. Kuglica je uneta u deo prostora u kome ne postoji električno polje, ali postoji neki nenaelektrisani provodnik. Kada se naelektrisana kuglica približi provodniku, na njemu će se pojaviti indukovana naelektrisanja (elektrostatička indukcija). Indukovana naelektrisanja stvaraju električno polje koje deluje na kuglicu.

B. To je mogućno kada su provodnici *A* i *B* metalne lopte koje se nalaze jedna u drugoj i to koncentrično. Prema zadatku, provodna lopta *A* nalazi se u provodnoj lopti *B*. Ako se naelektriše provodna lopta *A*, onda će se na unutrašnjoj površini provodne lopte *B* pojaviti indukovana naelektrisanja. Međutim, ako se naelektriše provodna lopta *B*, onda će se naelektrisanja rasporediti po njenoj spoljnoj površini, a lopta *A* će ostati nenaelektrisana. Drugim rečima, u ovom slučaju lopta *B* je Faradejev kavez za loptu *A*, što sprečava njeno naelektrisavanje.

C. Prelazak naelektrisanja sa nenaelektrisane na naelektrisanu kuglicu, iako je to na prvi pogled čudno, može se javiti u slučaju kada se kuglice nalaze u električnom polju. Uzmimo, na primer, da se nenaelektrisana kuglica *B* i negativno naelektrisana kuglica *A* nalaze u električnom polju negativno naelektrisane kugle *C*, na kojoj se nalazi znatno veće naelektrisanje nego na kuglici *A*. U tom slučaju, usled delovanja sile elektrostatičkog odbijanja između negativnih naelektrisanja, ne samo da negativna naelektrisanja sa kuglice *A* neće poteći provodnikom ka kuglici *B*, nego će i negativna naelektrisanja sa kuglice *B* krenuti ka kuglici *A*. Tako će negativno naelektrisanje kuglice *A* početi da se uvećava, umesto da se smanjuje.

REŠENJE ZADATKA 8E

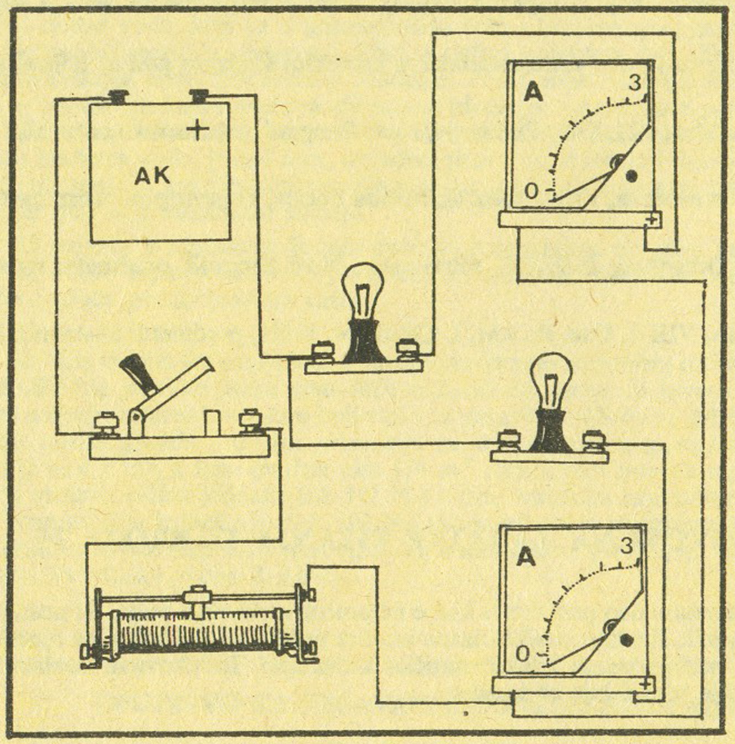
a) Rešenje ovog dela zadatka prikazano je slikom 1.

b) Rešenje je prikazano slikom 2.

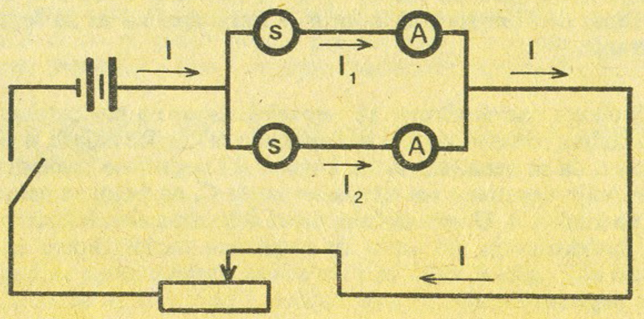
c) Rešenje je prikazano slikom 2.

d) U zadatku 8E crtač nije na mernim instrumentima naznačio koliki je merni opseg. Na priloženoj slici 1 vidi se da je opseg 3 A, a broj podeljaka na skali 45. Prema tome, konstanta oba instrumenta iznosi 3 A/45=0,66 A.

e) Ako je reostat vezan kao na slici 1, onda pri pomeranju klizača ulevo dolazi do smanjenja otpora u kolu. Zbog toga će se povećati struja u nerazgranatom delu kola. Kako je $I=I_1+I_2$, to će se povećati struje u granama kola i sijalice će jače svetleti.



Slika 1.



Slika 2.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA IZ BROJA 23

Pošto golub leti stalnom brzinom, $v_g=40$ km/h, da bismo našli ukupni put koji on pređe, dovoljno je da odredimo koliko je dugo leteo. Golub leti onoliko dugo koliko voze biciklisti do njihovog susreta. Od polaska do susreta biciklisti zajedno pređu put od 80 km, što je očigledno, i to za vreme t. Prema tome,

$$v_A t + v_B t = 80\,\text{km}$$

$$\left(20\frac{\text{km}}{\text{h}} + 10\frac{\text{km}}{h}\right) t = 80\,\text{km}.$$

Odavde sledi da je traženo vreme

$$t = \frac{8}{3}\,\text{h}.$$

Za vreme t golub preleti put

$$S = v_g t = 40\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{8}{3}\,\text{h} = 106{,}666\,\text{km}.$$

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA IZ BROJA 24

Da bi učvršćena kuglica privukla kuglicu koja se nalazi na stolu, mora biti ispunjen uslov

$$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 l^2} > mg. \qquad (1)$$

To znači da sila elektrostatičkog privlačenja treba da je veća od težine kuglice koja se nalazi na stolu. Inače, q je naelektrisanje kuglica (obe kuglice su naelektrisane istom količinom naelektrisanja), l je rastojanje između centara kuglica, a m je masa kuglice koja se nalazi na stolu.

Tražena potencijalna razlika je jednaka

$$u = 2\varphi = 2 \cdot \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}, \qquad (2)$$

gde je φ potencijal svake od kuglica. Sa r smo označili poluprečnik kuglica (poluprečnici kuglica su jednaki).

Ako iz jednačine (2) odredimo nepoznato naelektrisanje i dobijeni izraz zamenimo u nejednakost (1), dobićemo da je

$$u > \frac{l}{r}\sqrt{\frac{mg}{\pi\varepsilon_0}}.$$

Zamenom datih brojnih vrednosti za r, l i m, dobijamo da je

$$u > 37600\,\text{V}.$$

Da bi učvršćena kuglica privukla kuglicu koja se nalazi na stolu, potencijalna razlika između kuglica mora biti veća od 37600 V.

REŠENJE KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF 24

264. Zvučni signal se i kroz vodu i kroz vazduh kreće ravnomerno pravolinijski. Rastojanje od svetionika do broda signal, koji se prostire kroz vazduh, prelazi za vreme t koje se može odrediti iz relacije

$$S=v\cdot t.$$

Sledi da je $t=S/v$. To isto rastojanje signal, koji se prostire kroz vodu, prelazi za vreme t_1 koje je jednako $t_1=S/v_1$. Vremenski razmak u prispeću zvučnih signala, koji je uočen na brodu, odgovara razlici vremena t i t_1, odnosno

$$\Delta t=t-t_1,$$

gde je $\Delta t=30$ s. Ako se u poslednju relaciju zamene izrazi za vremena t i t_1, dobija se

$$\Delta t=\frac{S}{v}-\frac{S}{v_1}=S\,(1/v-1/v_1),$$

odnosno

$$\Delta t=\frac{v_1-v}{v\cdot v_1}\cdot S.$$

Odavde je udaljenost broda od svetionika jednaka

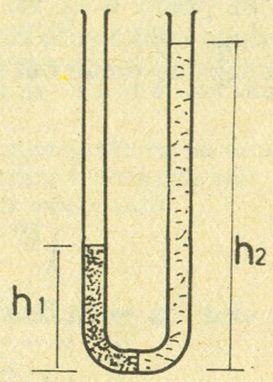
$$S=\frac{v\cdot v_1}{v_1-v}\cdot\Delta t=$$

$$=\frac{340\ \text{m/s}\cdot 1450\ \text{m/s}\cdot 30\ s}{1450\ \text{m/s}-340\ \text{m/s}}=13{,}324\ \text{km}.$$

Treba još napomenuti da je ovde pretpostavljeno da je brod za vreme prostiranja zvučnih signala mirovao ili se kretao vrlo malom brzinom u poređenju sa brzinama v i v_1.

265. Ravnoteža u U-cevi u ovom slučaju odnosi se na takvo ravnotežno stanje sistema gde se granica između tečnosti nalazi na dnu ove cevi (sl. 1). Pošto je uspostavljena ravnoteža i tečnosti miruju, to je pritisak u levom i desnom kraku U-cevi jednak, $p_1=p_2$. U levom kraku cevi pritisak iznosi

$$p_1=p_0+\rho_1 gh_1,$$



Slika 1.

gde je p_0 atmosferski pritisak, ρ_1 je gustina žive (iz udžbenika $\rho_1=13600$ kg/m³) i h_1 je visina živinog stuba. Za desni krak cevi pritisak je jednak

$$p_2=p_0+\rho_2 gh_2,$$

gde je ρ_2 gustina glicerina ($\rho_2=1260$ kg/m³). Sledi dalje

$$p_0+\rho_1 gh_1=p_0+\rho_2 gh_2.$$

Iz ove relacije dobija se da je tražena visina glicerina u U-cevi jednaka

$$h_2=h_1\cdot\rho_1/\rho_2=0{,}2\ \text{m}\cdot$$

$$\cdot\frac{13600\ \text{kg/m}^3}{1260\ \text{kg/m}^3}=2{,}16\ \text{m}.$$

266. Da bi balon napunjen vodonikom podigao neki teg težine Q, treba da je sila potiska veća ili jednaka zbiru težina tega i vodonika u balonu:

$$F_p\geqq Q+Q_1,$$

gde je $Q_1=\rho_1 Vg$ težina vodonika u balonu, ρ_1 je njegova gustina i V zapremina balona. Sila potiska koja deluje na balon vertikalno naviše jednaka je proizvodu gustine vazduha, zapremine balona i konstante $g=9{,}81$ N/kg:

$$F_p=\rho_v Vg,$$

gde je ρ_v gustina vazduha. Kada se izrazi za težinu vodonika i silu potiska zamene u prvu relaciju, dobija se

$$\rho_v Vg=Q+\rho_1 Vg.$$

Maksimalna težina tega koju balon može podići je

$$Q_m=Vg\,(\rho_v-\rho_1)=2\ \text{m}^3\cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2\cdot$$

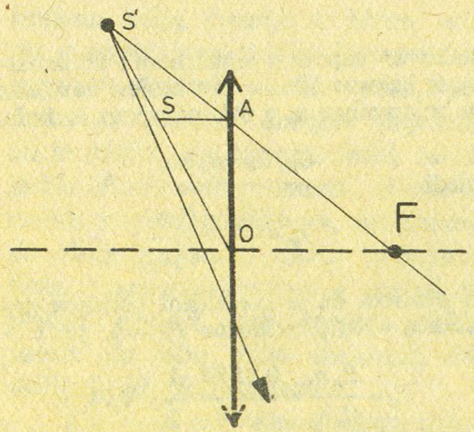
$$(1{,}29-0{,}09)\ \text{kg/m}^3=23{,}54\ \text{N}.$$

Zapremina balona V_1 koji bi mogao da podigne čoveka čija je masa $m=75$ kg dobija se iz poslednje relacije, kada se umesto težine tega Q stavi težina čoveka $Q_2=mg$:

$$v_1=\frac{Q_2}{g\,(\rho_v-\rho_1)}=\frac{m}{\rho_v-\rho_1}=$$

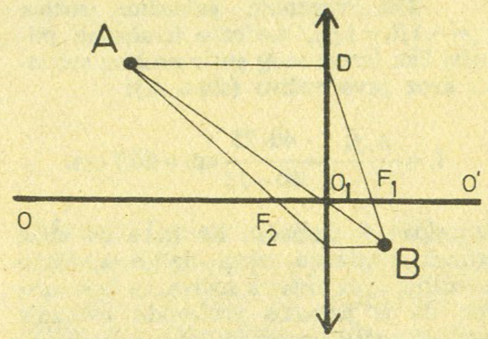
$$=\frac{75\ \text{kg}}{(1{,}29-0{,}09)\ \text{kg/m}^3}=62{,}5\ \text{m}^3.$$

267. Produžavanjem datih zrakova do njihovog preseka, dobija se lik svetlosnog izvora S' (sl. 2). Zatim se spoji tačka S' sa optičkim centrom sočiva O. Zrak AF posle prelamanja prolazi kroz žižu F, što znači da je pre prelamanja išao paralelno sa glavnom optičkom osom OF. Povuče se paralela sa glavnom optičkom osom kroz tačku A. Presek ove paralele i duži OS' daje položaj traženog svetlosnog izvora S.



Slika 2.

268. Iz činjenice da se predmet i lik nalaze na suprotnim stranama optičke ose OO', može da se zaključi da je lik realan i da je dobijen pomoću sabirnog sočiva. To znači da će prava linija povučena kroz tačke A i B seći optičku osu OO' u optičkom centru sočiva O_1 (sl. 3). Zatim se povuče normala na optičku osu kroz tačku O_1. Zrak AD je paralelan sa optičkom osom, pa posle prelamanja kroz sočivo on mora proći kroz traženu žižu sočiva F_1 i stići do tačke B. Tačka preseka duži DB i ose OO' daje položaj žiže F_1. Analogno se dobija i položaj žiže sočiva sa druge strane. Za nalaženje položaja F_2 koristi se paralelan zrak BC koji posle prelamanja seče optičku osu sočiva u tački F_2 i stiže u tačku A.



Slika 3.

269. Znajući položaj predmeta i njegovog lika, možemo odrediti žižnu daljinu datog ogledala. Iz jednačine ogledala

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{l_1}=\frac{1}{f},$$

sledi

$$f=\frac{l_1 p_1}{l_1+p_1}=\frac{30\cdot 15}{30+15}\ \text{cm}=10\ \text{cm}.$$

S druge strane je

$$\frac{1}{p_2}+\frac{1}{l_2}=\frac{1}{f},$$

tako da kada se predmet nalazi na rastojanju $p_2=p_1-1$ cm=14 cm, lik će se naći na rastojanju

$$l_2=\frac{fp_2}{p_2-f}=\frac{10\cdot 14}{14-10}\ \text{cm}=35\ \text{cm}.$$

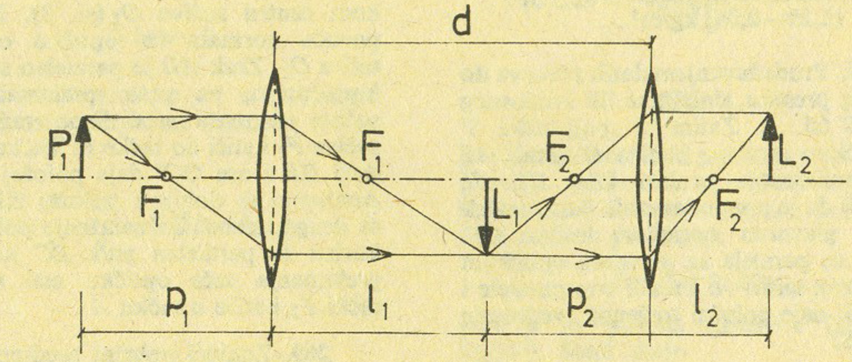
Znači, pri pomeranju predmeta za 1 cm prema ogledalu, lik se pomera za $l_2-l_1=35$ cm -30 cm=5 cm od ogledala.

270. Primenom jednačine sočiva $1/p_1+1/l_1=1/f_1$, možemo izračunati položaj lika formiranog posle prolaza svetlosti kroz prvo sočivo (slika 4.):

$$l_1=\frac{p_1 f_1}{p_1-f_1}=\frac{40\cdot 25}{40-25}\,\text{cm}=66{,}7\,\text{cm}.$$

Iz uslova da konačan lik treba da bude jednak predmetu, sledi da je konačno uvećanje ovog sistema sočiva, za koje znamo da je jednako proizvodu uvećanja svakog sočiva posebno, jednako jedinici:

$$u=\frac{L_2}{P_1}=u_1\cdot u_2=\frac{l_1}{p_1}\cdot\frac{l_2}{p_2}=1$$



Slika 4.

Na osnovu prethodnog izraza sledi

$$l_2=\frac{p_1}{l_1}p_2=\frac{p_1-f_1}{f_1}p_2.$$

Smenom l_2 u jednačinu za drugo sočivo $1/p_2+1/l_2=1/f_2$, dobijamo da rastojanje p_2 iznosi

$$p_2=\frac{f_2 p_1}{p_1-f_1}=\frac{50\cdot 40}{40-25}\,\text{cm}=133{,}3\,\text{cm}.$$

Rastojanje između sočiva jednako je zbiru rastojanja l_1 i p_2:

$$d=l_1+p_2=\frac{p_1(f_1+f_2)}{p_1-f_1}=200\,\text{cm}.$$

271. Poznato nam je da naizmenična struja, koja je priključena na primarni kalem transformatora, izaziva promenljivo magnetno polje. Promenljivo magnetno polje indukuje promenljivu struju u sekundarnom kalemu transformatora. Ukoliko ne postoje gubici magnetne energije, onda je u jedinici vremena dovedena električna energija u primarnom kolu jednaka električnoj energiji koju koristimo iz sekundarnog kalema transformatora. Iz prethodnog sledi da je iskorišćena snaga jednaka dovedenoj snazi, $P_s=P_p$, iz čega proizlazi da je koeficijent korisnog dejstva $\eta=(P_s/P_p)\cdot 100\%=100\%$. Kod realnih transformatora postoje »gubici« magnetne energije, a time i električne energije ($\eta<100\%$). Jedan deo magnetne energije »rasipa« se u okolni prostor, dok se drugi deo energije pretvara u toplotu, pri čemu se transformator zagreva. Kako je snaga u primarnom kolu jednaka proizvodu jačine struje I_p i napona U_p, $P_p=I_pU_p$, kako se naponi u primarnom i sekundarnom kalemu odnose kao brojevi navojaka u primarnom n_p i sekundarnom n_s kolu,

$$U_p/U_s=n_p/n_s,$$

sledi

$$I_p=\frac{P_p}{U_p}=\frac{P_p n_s}{U_s n_p}.$$

S obzirom da je koeficijent korisnog dejstva $\eta=100\%$, odnosno $P_p=P_s$, sledi

$$I_p=\frac{P_s n_s}{U_s n_p}=\frac{0{,}55\,\text{W}}{11\,\text{V}}\cdot\frac{1}{5}=0{,}01\,A.$$

272. Pri prelazu iz jedne u drugu optičku sredinu menja se brzina svetlosti. Međutim, frekvencija svetlosti, koja je određena stanjem atoma koji emituju svetlost, ostaje nepromenjena. Kako su talasna dužina λ, brzina svetlosti c i frekvencija ν povezane relacijom $\lambda=\frac{c}{\nu}$,

(Nastavak na str. 24)

ASTEROIDI

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

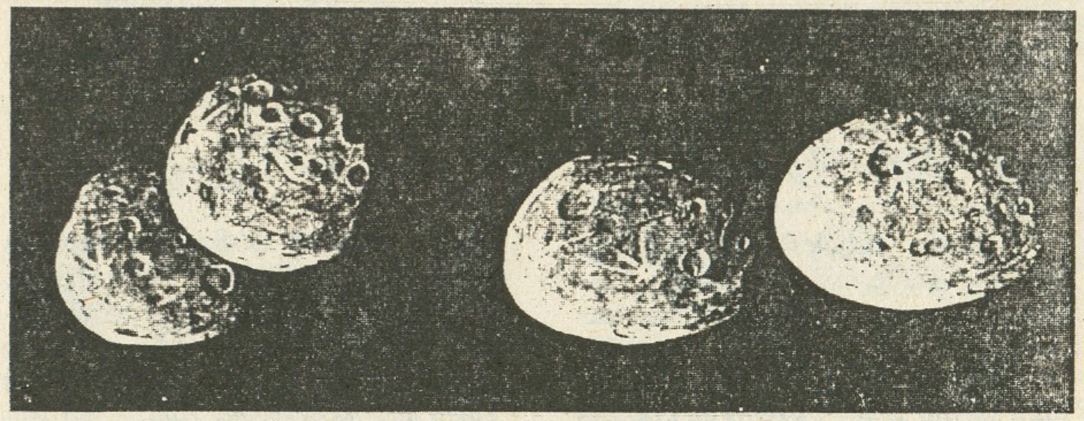
Među zabeleškama koje je ostavio kenterberijski opat *Cerrase* može se pročitati sledeći zapis:

»*Ove godine, u nedelju pre praznika svetog Jovana Krstitelja* (18. *jun* 1178. *godine*), *posle zalaska Sunca, kada se pojavio Mesec, više od pet ljudi koji su sedeli gledajući na istok, videlo je zapanjujuću pojavu. Video se sjajan mlad Mesec i, kao i obično u toj fazi, njegovi krajevi bili su nagnuti ka istoku. Iznenada se gornji kraj raspao u dva, a iz sredine rascepa uzdigao se blještavi mlaz razbacujući vatru, usijane ostatke i pepeo po širokom prostoru. Za to vreme Mesec se uvijao i krivio, kao da je u bolovima, i po svedočenju očevidaca ličio je na ranjenu zmiju. Kasnije se Mesec vratio u uobičajeno stanje. Fenomen se ponovio desetak i više puta, pri čemu je plamen dobijao najrazličitije oblike, da bi se odmah zatim gubio. Posle ovih promena, Mesec je celom svojom površinom, od jednog do drugog kraja, dobio pepeljavu boju. Piscu ovih redova o pojavi su pričali očevici koji svojom čašću jamče da nisu ništa dodavali, izmišljali ili falsifikovali.*«

Da li je ovo opis sudara asteroida sa Mesecom? U svakom slučaju, na mestu gde se pojava odigrala, primećen je krater koji je dobio ime po Đordanu Brunu. Šta su to asteroidi i odakle potiču? Sredinom 18. veka ljudi su znali samo za šest planeta Sunčevog sistema. To su bili Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter i Saturn. Godine 1766. profesor fizike iz Virtemberga, Ticijus, napisao je: »*Obratite pažnju na rastojanja među susednim planetama i uvidećete da skoro sva rastu proporcionalno radijusima njihovih orbita. Uzmite rastojanje od Sunca do Saturna za* 100 *jedinica, tada će Merkur biti* 4 *takve jedinice daleko od Sunca*; *Venera* $4+3=7$, *Zemlja* $4+6=10$, *Mars* $4+12=16$. *Ali, pazite: između Marsa i Jupitera dolazi do odstupanja od ove tako tačne progresije. Posle Marsa trebalo bi da planeta bude na rastojanju* $4+24=28$ *jedinica, ali mi tu ne nalazimo ni planetu ni satelit... Posle ovoga dobija se orbita Jupitera na rastojanju* $4+48=52$ *jedinice, a dalje — rastojanje orbite samog Saturna na* $4+96=100$ *takvih jedinica. Kakav zadivljujući odnos!*«

Kada je 1781. godine otkriven Uran, čiji se položaj uklapao u opisani zakon, još više se učvrstilo mišljenje o postojanju nepoznate planete između Marsa i Jupitera.

Prve novogodišnje noći 19. veka, sicilijanski astronom Pjaci iz Palerma primetio je u sazvežđu Blizanaca zvezdoliki objekt slabog sjaja. U toku sledećih noći, posmatrani objekt je izmenio svoj položaj u odnosu na okolne zvezde, što je ukazivalo na njegov planetarni karakter. Pjaci je posmatrao ovaj objekt još izvesno vreme, dok ga bolest nije sprečila u tome, no, kasnije nije uspeo ponovo da ga pronađe. Saopštenje o svom otkriću on je poslao drugim astronomima, ali ni



Hektor, jedan od velikih asteroida iz grupe Trojanaca, veoma je izduženo telo i možda se sastoji od dva asteroida u bliskom kontaktu. Ovako je umetnik W. K. Hartman nacrtao Hektor iz dva ugla.

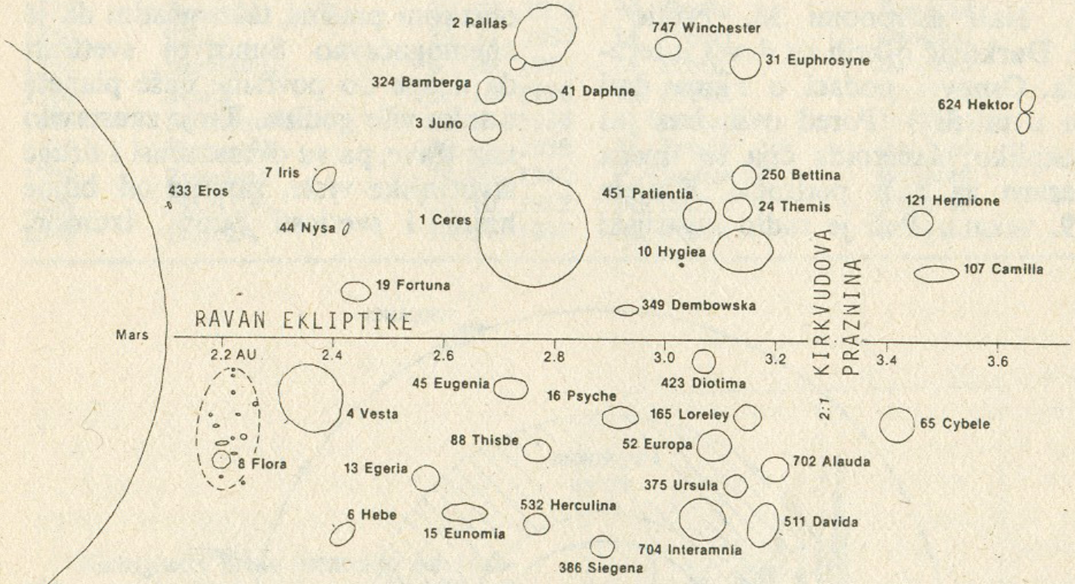
oni nisu uspeli ponovo da ga ugledaju. Mladi matematičar Gaus zainteresovao se za ovo otkriće i, na osnovu obrade rezultata Pjacijevih posmatranja, zaključio je da se nepoznati objekt kreće između Marsa i Jupitera po orbiti čija poluosa tačno odgovara vrednosti koju je predskazao Ticijus. Gaus je izračunao putanju planete i pokazao da će se ona dugo skrivati u zracima Sunca i tek u septembru 1801. biće ponovo vidljiva sa Zemlje. Ipak, usled loših vremenskih prilika nju su ponovo ugledali tek na godišnjicu otkrića, u novogodišnjoj noći 1802. godine.

Pjaci je novoj planeti dao ime Cererä Ferdinanda, ali je prihvaćen samo prvi deo ovog imena — Cerera. *Da li je novootkriveni objekt zaista planeta*? Njegov sjaj bio je tako slab da su Venera i neke druge planete sijale stotinama puta jače. Zato je Heršel predložio da se ova planeta-patuljak naziva *planetoid* ili *asteroid.*

Nemački lekar Olbers, posmatrajući Cereru, otkrio je 1802. u njenoj blizini novu planetu još slabijeg sjaja. Dao joj je ime Palada. U pismu poznatom astronomu Bodeu, Olbers je postavio pitanje da li su Cerera i Palada uvek bile odvojene i da li su to možda delovi velike planete koja se raspala usled neke katastrofe? Treću malu planetu otkrio je Harding 1804. i dao joj ime Junona, dok je četvrtu otkrio Olbers 1807. i nazvao je Vesta. Godine 1891. već je bilo poznato 322 asteroida, a 1924. godine 1000 takvih objekata. Veliki broj asteroida otkrivan je i ponovo »gubljen«. Tako je samo 1931. godine otkriveno 398 asteroida, ali 75 procenata je ugledano samo jedan ili dva puta, tako da nije bilo mogućno odrediti njihove orbite. Usled toga, manje od 100 asteroida je 1931. godine svrstano među »poznate«. Danas je već poznato oko 2500 asteroida koji su, pošto su im određene putanje, dobili svoj broj i uneti u kataloge.

U početku, asteroidima su davali imena boginja, ali zatim su počeli da ih nazivaju i imenima ljudi. Danas, asteroid često dobija ime nekog poznanika ili čak ime prekookeanskog broda, kućnog ljubimca ili omiljenog jela.

Danas znamo da se veliki broj malih planeta okreće oko Sunca na rastojanjima kako manjim od Zemljine orbite, tako i većim od Saturnove. Ipak, oni dominiraju u oblasti između Marsa i Jupitera, poznatoj kao *asteroidni pojas.* Danas se smatra da asteroidi nisu nikada bili spojeni u celinu, nego da predstavljaju međufazu u formiranju planete kojoj Jupiter nije dozvolio da nastane. Jupiter je odgovoran i za raspored asteroida



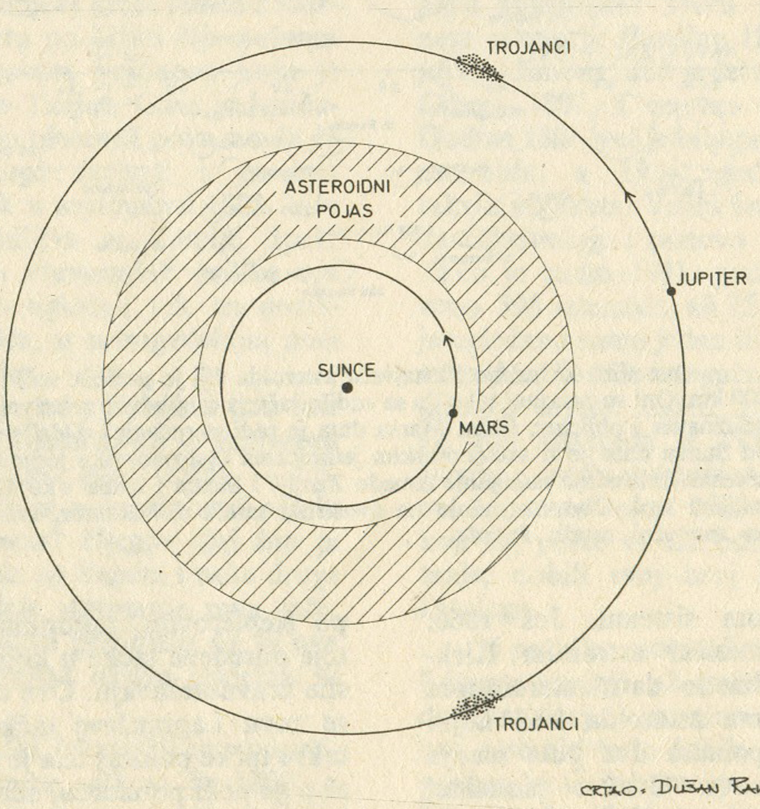
Ova slika uključuje 33 najveća asteroida čiji je prečnik veći od 200 km. Oni su nacrtani tako da se vodilo računa o njihovim relativnim veličinama i oblicima (ivica Marsa data je radi poređenja). Udaljenje od Sunca dato je u astronomskim jedinicama (astronomska jedinica predstavlja srednje rastojanje između Zemlje i Sunca i iznosi oko 150 miliona km). Obratite pažnju na dvostruki satelit 624 Hektor, kao i na mogući satelit Palade.

u Sunčevom sistemu. Još 1866. godine, američki astronom Kirkvud je primetio da u asteroidnom pojasu nema asteroida kod kojih je velika poluosa dva puta manja od Jupiterove. Ovakve praznine, koje su nazvane Kirkvudove, postoje i za druge odnose velikih poluosa orbita. Još je interesantnije da je Jupiter, pošto je »uništio« asteroide koji su se kretali u rezonanci s njim, omogućio nastajanje rojeva asteroida izvan asteroidnog pojasa u pojedinim rezonantnim tačkama (1 : 1; 4 : 3; 3 : 2). U rezonanci 3 : 2 kreće se 22 asteroida koji se nazivaju grupa Hilde, a u rezonanci 1 : 1 kreću se dva roja asteroida poznati kao Trojanci. U 18. veku, čuveni naučnik Lagranž je ustanovio, analizirajući kretanje tri tela po Keplerovim zakonima, da postoje određene tačke u kojima se sve sile uravnotežavaju. Ove tačke sada se zovu Lagranževe tačke. U dve takve tačke položaj tela je stabilan i, ako ga neki poremećaj udalji iz njih, telo se vraća nazad. Ove dve tačke nalaze se na orbiti i zajedno sa pla-

netom i Suncem obrazuju ravnostrani trougao. Lagranž nije verovao da takav slučaj postoji u prirodi, ali 1904. godine otkriven je asteroid 588 Ahil koji se nalazio u blizini jedne od Lagranževih tačaka Jupitera. Danas je poznato već oko 700 asteroida skupljenih oko dve Lagranževe tačke na Jupiterovoj orbiti. Oni kao dva roja pčela prate ovu planetu u njenom kretanju oko Sunca. Među Trojancima nalazi se i asteroid Hektor za koji se veruje da se sastoji iz dva dela.

Naši astronomi M. Protić i P. Đurković otkrili su devet asteroida. Osnovni podaci o njima dati su u tabeli 1. Pored ovih ima još nekoliko planetoida čija su imena vezana za naše područje. Krajem 19. veka u Puli je radio austrijski astronom Palisa, koji je otkrio preko 120 asteroida, od kojih 28 u Puli. Među ovim asteroidima nalaze se 142 Polana (Puljanka), 143 Adria i 183 Istria. Osim toga, astronom Kopf iz Hajdelberga dao je jednom asteroidu ime 589 Croatia.

Kakav je uticaj asteroida na život na Zemlji? Danas se smatra da je sudar Zemlje sa asteroidom, koji se odigrao pre oko 65 miliona godina, označio kraj epohe dinosaurusa. Usled ovog sudara čitava Zemlja je bila okružena debelim oblakom prašine, tako gustim da je onemogućavao Sunčevoj svetlosti da dospe do površine naše planete u toku više godina. To je zaustavilo rast trave, pa su dinosaurusi i druge životinjske vrste, zavisne od biljne hrane i svetlosti Sunca, izumrle.



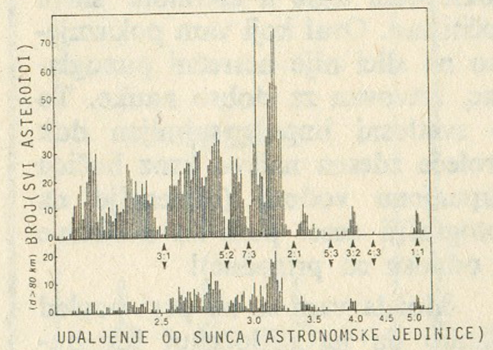
Položaj Trojanaca na Jupiterovoj orbiti.

Izgleda da ovu katastrofu nije preživeo ni jedan vegetarijanac teži od 50 kg. Fred Hojl je izneo pretpostavku da su neke od velikih epidemija u istoriji čovečanstva posledica prolazaka asteroida i kometa kroz Zemljinu atmosferu. Kakvu će ulogu ova tela odigrati u budućnosti? Neočekivani sudar mogao bi biti pogrešno shvaćen kao nuklearni napad, što bi imalo nesagledive posledice. Ipak, nadajmo se da će asteroidi predstavljati važne baze za dalje osvajanje Sunčevog sistema, odmorišta astronauta i izvore minerala.

TABELA 1. Podaci o asteroidima koje su otkrili naši astronomi

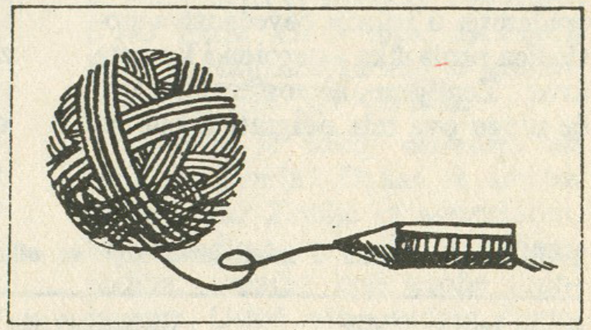
Redni broj	IME	Datum otkrića	Ime pronalazača	Mesto otkrića
1517	Beograd	20. 03. 1938	M. Protić	Beograd
1550	Tito	29. 11. 1937	M. Protić	Beograd
1554	Jugoslavija	6. 09. 1940	M. Protić	Beograd
1564	Srbija	5. 10. 1936	M. Protić	Beograd
1605	Milanković	13. 04. 1936	P. Đurković	Ikl(Belgija)
1675	Simonida	20. 03. 1938	M. Protić	Beograd
1700	Zvezdara	27. 08. 1940	P. Đurković	Beograd
2244	$1952UW_1$	22. 10. 1952	M. Protić	Beograd
2348	1939AA	10. 01. 1939	M. Protić	Beograd

Histogrami broja asteroida na različitim rastojanjima od Sunca. Gornji prikazuje sve poznate asteroide, dok su na donjem prikazani samo asteroidi čiji je prečnik veći od 80 km. Strelice pokazuju rezonance sa Jupiterom.



UČENICI!

MOŽETE NARUČITI KOMPLETE STARIH BROJEVA »MLADOG FIZIČARA« PO VRLO POPULARNIM CENAMA: GODINA 81/82. 100 DINARA, GODINA 80/81. 66 DINARA, GODINA 79/80. 40 DINARA I GODINA 78/79. 28 DINARA



BLJESAK U BOCI

SREĆKO VOJVODIĆ (Beograd)

Možda ste imali prilike da se divite strpljenju i veštini minijaturista koji u običnu staklenu bocu uspevaju da smeste maketu starinskog jedrenjaka. Ako ne to, onda ste verovatno u biološkom kabinetu videli nekog guštera kako pod poklopcem tegle u alkoholu sniva večiti san. Oval koji vam pokazujemo na slici nije nesrećni punoglavac, žrtvovan za dobro nauke. To je svetlosni impuls snimljen dok proleće zdesna nalevo kroz bočicu napunjenu vodom (dimenzije na fotografiji deset puta su uveličane u odnosu na prirodne)!

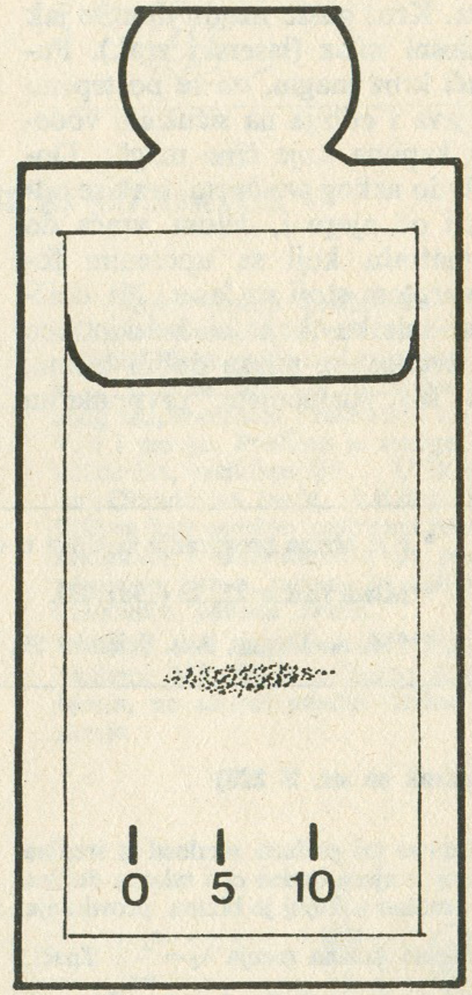
Možda vam se na prvi pogled učinilo da na priloženoj fotografiji nema ničeg neobičnog. Ne bojite li se baratanja vrlo malim i vrlo velikim brojevima, izvedite sledeći proračun. Dok je trajalo snimanje, čelo impulsa pomerilo se za $l=2{,}2$ cm/10 $=2{,}2$ mm. Pošto se kroz vodu svetlost kreće brzinom $c'=c/n^*=300\,000$ (km/s)/1,34 W $\approx$ $\approx 220\,000$ km/s, vreme snimanja t bilo je $t=l/c'=1/100$ jednog milijarditog dela sekunde (10 pikosekundi)! Svaki fotoamater uočiće da su i najbolji savremeni fotoaparati »beskrajno« spori u odnosu na ovo: najkraće vreme osvetljavanja (ekspozicije) koje oni daju tek je 1/2000 deo sekunde. Ako vas je sve ovo zainteresovalo, evo kako radi.

Ultrabrza fotografija

U svemu, osim u jednom, ultrabrza fotografija radi kao i obična**. Sećate se, fotoaparat je mračna komora, na jednom njegovom unutrašnjem zidu je fotomaterijal (film), a na suprotnom svetlosni otvor, to jest optički sistem (objektiv) koji prikuplja i usmerava svetlost sa snimanog objekta na film. Između objektiva i filma je *zatvarač* koji propusti svetlost u trajanju koje zavisi od osvetljenosti objekta i osetljivosti filma. Ono »škljoc« koje se pri snimanju čuje, upravo je zvuk mehaničkog otvaranja i zatvaranja tog zatvarača. Procenite ubrzanje koje bi morao da ima zatvarač ultrabrzog fotoaparata da bi ekspozicija filma trajala 10 pikosekundi. Videćete da bi pri tom ubrzanju limena zavesica zatvarača, mase 1/10 grama, postala teška milion

milijardi tona (1 tona $\approx$ 10 000 njutna)! Nema, niti može biti materijala koji bi izdržao toliko opterećenje. Zbog toga, ulogu zatvarača (bolje reći otvarača) pri ultrabrzoj fotografiji igra *laserski zrak*. Onaj isti čiji snimak pravimo. Evo kako.

Ultrakratkotrajni svetlosni impuls (10 pikosekundi) odmah po



izlasku iz lasera biva uobičajenim optičkim postupkom razdvojen na dva zraka. Jedan od njih se sistemom ogledala upućuje u prikazanu bočicu, a drugi kreće pravo ka fotoaparatu. Onaj prvi, pri prolasku kroz bočicu, delom se rasejava (radi čega je vodi u bočici dodata kap mleka). Drugi zrak baš tada učini propustljivom za svetlo dotle neprozirnu sredinu ispred fotoaparata i... rezultat smo videli na slici. Mrlju levo od bočice dao je zrak »otvarač«. Onaj drugi, snimljen u letu, dobio je zelenu boju pri razdeljivanju prvobitnog laserskog impulsa. Što se tiče objašnjenja kako deluje impuls »otvarač«, ono zahteva poznavanje pojava polarizacije i dvojnog prelamanja svetlosti. Onima koji su o tome nešto naučili rećićemo da *direktni* (crveni) laserski impuls sre-

dinu ispred fotoaparata (tečni ugljenikdisulfid) osposobi za dvojno prelamanje i time omogući prolaz prethodno polarizovanog zelenog zraka. Promena traje koliko i laserski impuls. Posle je sve po starom. To je takozvani optički Kerov efekat.

Zapitaćete se, verovatno, kakva bi mogla biti praktična primena ultrabrze fotografije? Evo vam primera. Kroz gustu maglu uputite jak svetlosni mlaz (laserski zrak). Putujući kroz maglu, on se postepeno rasejava i odbija na sićušnim vodenim kapima koje čine maglu. Došavši do nekog *predmeta*, zrak se odbija i od njega i, delom, vraća do posmatrača koji sa uperenim fotoaparatom stoji uz laser. Na običnom snimku koji bi beležio ceo put svetlosnog mlaza dobili bismo, kao što naslućujete, ravnomernu belinu. Ultrabrza fotografija, nasuprot ovome, omogućila bi nam da film izložimo samo svetlosti koja se vraća sa *predmeta*. Snimak predmeta bio bi čist i jasan kao da je magla uklonjena čarobnim štapićem. Divno, zar ne! Možda, kad nam nešto ne bi govorilo da u celom poslu preovlađuje izvestan sivomaslinasti ton.

Rezultati fizičkih istraživanja i tehničkog razvoja koje smo vam prikazali stari su već više od deset godina***. Ovih dana, međutim, već čitamo o proizvodnji skoro hiljadu puta kraćih laserskih impulsa. Dakle, u pitanju su paketići svetlosti, tanušniji od vlasi kose. A od tolike njihove tananosti očekuje se krupna pomoć u daljoj minijaturizaciji komponenata elektronskih uređaja za prenos, obradu i čuvanje podataka . . .

---

* c je brzina prostiranja svetlosti u vakuumu, a n indeks prelamanja vode.

**Mladi fizičar 22, 23 (1981/82).

***M. A. Dugay, Am. Scientist 59, 551 (1971).

(Nastavak sa str. Z 208)

sledi da se pri prelazu svetlosti iz sredine u kojoj je njena brzina c_1 i talasna dužina λ_1 u sredinu u kojoj je brzina prostiranja c_2, talasna dužina menja $\lambda_2=\frac{c_2}{\nu}$. Znači, promena talasne dužine iznosi

$$\lambda_2-\lambda_1=\frac{c_2}{\nu}-\frac{c_1}{\nu}=\frac{c_2-c_1}{\nu}.$$

Kako je u našem slučaju $c_1=3\cdot10^8$ m/s, sledi da se talasna dužina smanjuje za

$$\lambda_2-\lambda_1=\frac{2\cdot10^8\,\mathrm{m/s}-3\cdot10^8\,\mathrm{m/s}}{4\cdot10^{14}\,s^{-1}}=$$

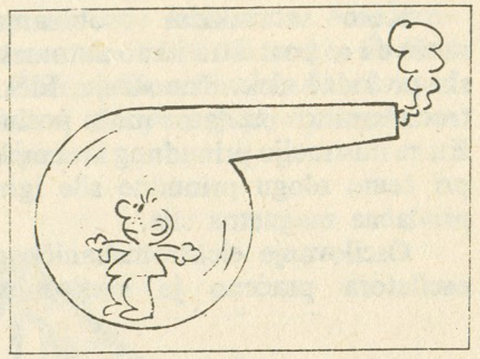
$$=-250\cdot10^{-9}\,\mathrm{m}=-250\,\mathrm{nm}.$$

273. Zagrevanjem katode rendgenske cevi iz nje se oslobađaju elektroni koji se zatim ubrzavaju, pod dejstvom jakog električnog polja, prema anodi. Pri tome električno polje vrši rad srazmerno naponu između elektroda, $A=qU$ (q — naelektrisanje elektrona; U — napon između elektroda). Pri udaru o anodu elektroni imaju maksimalnu kinetičku energiju, $E_{km}=mv_m^2/2$ (m — masa elektrona; v — brzina elektrona). Na osnovu zakona o održanju energije sledi $mv_m^2/2=qU$, odakle dobijamo

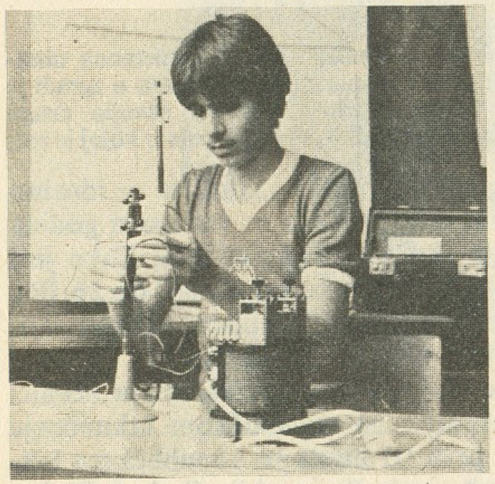
$$v_m=\sqrt{\frac{2qU}{m}}.$$

(Nastavak u sledećem broju)

U Č E N I Č K A L A B O R A T O R I J A



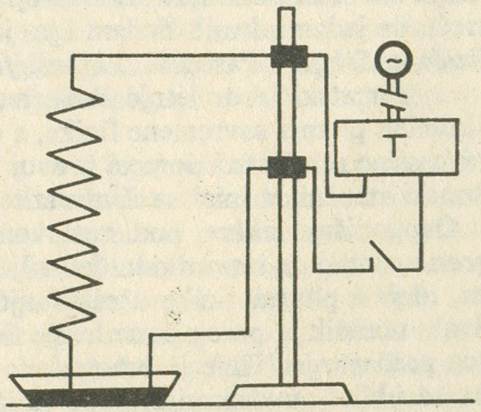
ELEKTROMEHANIČKI OSCILATOR



Svojim radom predstaviće vam se **Mihajlo Naumoski**, učenik osnovne škole »Dositej Obradović« iz Zrenjanina. Fizika je — kaže Mihajlo — zanimljiva upravo zbog eksperimenata i računskih zadataka. Voli i teoriju. Pročitao je mnoge knjige, udžbenike, enciklopedije . . . U školi »Dositej Obradović«, inače, radi dosta mladih fizičara koji uspešno nastupaju na raznim smotrama i takmičenjima. Sa marljivim učenicima uspeh, razume se, deli njihova nastavnica **Milena Đurin**.

Rad pod naslovom elektromehanički oscilator Mihajlo je prikazao u Novom Mestu, na smotri mladih fizičara Jugoslavije.

Zbog automatskog prekidanja i uspostavljanja električne struje u kolu, elektromehanički oscilator je veoma interesantan u nastavi fizike. Odgovarajuće kolo mogućno je ostvariti pomoću bakarne zavojnice, posude sa živom, niskonaponskog transformatora i prekidača. Zatvaranjem električnog kola, između navojaka solenoida počinje da deluje privlačna magnetna sila koja sabija solenoid, usled čega se kolo prekida. Prekidanjem kola električne struje, magnetna sila prestaje da deluje i solenoid se vraća u početno



stanje. Nakon ovog ciklusa, pojava se ponavlja na isti način — solenoid osciluje.

Kolo sa takvim osobinama može da se posmatra i kao automatski prekidač električne struje. Elektromehanički oscilator može poslužiti za ilustraciju prinudnog kretanja, pri čemu ulogu prinudne sile igra privlačna magnetna sila.

Oscilovanje elektromehaničkog oscilatora praćeno je svetlosnim i zvučnim efektima koji su karakteristični za električni luk, a koji se ovde ostvaruje između solenoida i žive.

Uopšte, ovim jednostavnim uređajem mogućno je demonstrirati sledeće pojave: *automatsko prekidanje i uspostavljanje električne struje, prinudno oscilovanje, elektromagnetnu samoindukciju i električni luk.*

Pripremio: *T. Senćanski*

LETNJA ŠKOLA »MLADI FIZIČARI« — OHRID

ALEKSANDAR MARKOVIĆ (Beograd)

Aleksandar Marković učenik je drugog razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja. Školski centar u kome je završio drugi razred nosi naziv »Zvezdara«, a u zgradi je nekadašnje Šeste beogradske gimnazije. Ono što je važnije, autor teksta je osvojio drugu nagradu na poslednjem Saveznom takmičenju iz fizike i pohađao je letnju školu o kojoj je reč.

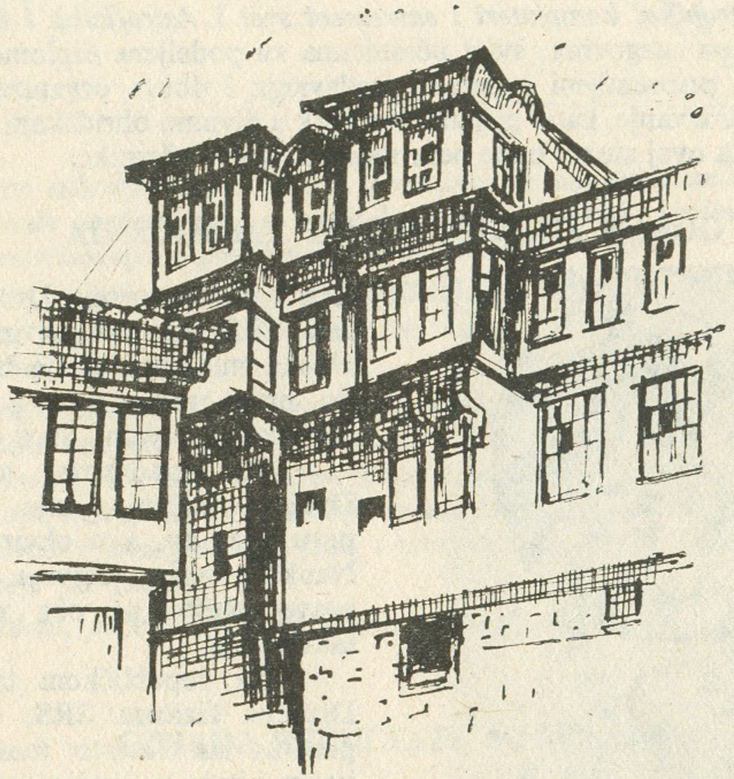
Ohrid je grad istorijskih spomenika, zelenila, plaža i šetališta — idealno mesto kako za opuštanje, tako i za aktivni odmor. Zato se već osam godina uzastopno u blizini Ohrida održava letnja škola »*Mladi fizičari*«. Tako je i ove godine u Univerzitetskom odmaralištu kod Ohrida, od 20. 06. do 26. 06., održan tradicionalni skup mladih fizičara — srednjoškolaca Makedonije, koji je okupio šezdesetak devojaka i mladića — zaljubljenika fizike.

Nije lako postati učesnik ove letnje škole. Pravo učešća imaju učenici koji su osvojili prvu, drugu ili treću nagradu na republičkom takmičenju mladih fizičara Makedonije, ili jedno od prva tri mesta na republičkom takmičenju pokreta »Nauka mladima«. Osim toga, svaka srednja škola u Makedoniji ima pravo da pošalje jednog svog učenika u letnju školu. Ovo pravo je, takođe, dato svim republičkim i pokrajinskim društvima, ali ove godine letnju školu su pohađala samo dvojica učenika iz drugih republika. Imao sam sreću da jedan od njih budem i ja, jer sam po odluci i u organizaciji *Društva fizičara Srbije* i časopisa »*Mladi fizičar*« poslan u ohridsku letnju školu.

Tematski izbor letnje škole menja se iz godine u godinu, obuhvatajući aktuelna pitanja savremene fizike, s ciljem da podstakne interesovanje mladih za naučne rezultate i domete u ovoj oblasti. Predavači su bili istaknuti makedonski naučni radnici sa Univerziteta u Skoplju.

Ovogodišnji ciklus, pod naslovom »*Uloga fizike u naučnotehničkom progresu*«, imao je sasvim određen cilj: ukazati polaznicima na bogatstvo izazova, ideja i puteva fizike u rešavanju vitalnih problema naše svakodnevnice. Svaki učesnik je prvog dana letnje škole dobio knjigu u kojoj su odštampana sva predavanja. Time je omogućeno da se i učenik pripremi za predavanje i da se uključi u diskusiju, čime je izbegnuto uobičajeno učeničko »hvatanje

beleški«. Predavanja su održavana pre i popodne, od 8 do 11 i od 17 do 19 časova, osim u slučajevima kada su bile predviđene druge aktivnosti. Ciklus je obuhvatao sledeće teme: *Fizika i naučnotehnička revolucija* — dr Ljubo Petkovski, *Merenje mikroobjekata mikroskopom* — dr Aleksandar Andonovski, *Interferencija svetlosti i njena primena* — dr Vasil Micevski, *Čudesni fenomen magnetizma* — dr Mijat Mijatović i Živko Milosavlevski, *Akceleratori čestica* — mr Done Geršanovski i *Radioaktivni izotopi i njihova primena* — dr Mihail Tolev, inače predsednik letnje škole.



Tokom predavanja često je korišćen grafoskop, tako da su izlaganja bila vrlo dinamična. Predavanja su bila ilustrovana crtežima i demonstriranjem uređaja ili pojava opisivanih u izlaganjima. Imali smo prilike, recimo, da pomoću lasera demonstriramo difrakciju i interferenciju svetlosti na sopstvenoj vlasi i da pomoću Gajger-Milerovog brojača izmerimo sopstvenu radioaktivnost. Osim predavanja, svakog dana gledali smo po jedan naučnopopularni film. Tako su zaista mnoga nejasna pitanja dobila svoje prave odgovore.

To je bio kratki opis naučnog života u ovoj letnjoj školi, inače, poslastice za sve one koji vole fiziku. Pored toga, u slobodnom vremenu, odvijao se i veoma prijatan kulturnozabavni život. Ceo dan bio je predviđen za prijatnu šetnju brodom do manastira Sv. Naum. Tokom plovidbe sprijateljili smo se s jednom grupom mladih turista iz Holandije. Zajedno smo pevali, svirali na nekoliko gitara, dokazujući da jezičke barijere nemaju značaja. Uz sve to, nastavili smo privlačnu tradiciju letnje škole — zabavno fizičko veče. Tokom večeri organizovano je takmičenje nekoliko ekipa u pantomimi (objašnja-

vanje fizičkih pojava, veličina, instrumenata) i asocijaciji (imena velikih fizičara, nazivi fizičkih pojava, veličina, instrumenata). Veče je, razume se, bilo dopunjeno vicevima, skečevima i muzičkim istupanjima učesnika letnje škole. Tada, a i u drugim prilikama, svim učesnicima je podeljen časopis »*Mladi fizičar*«, kao poklon i sadržajan prilog redakcije ovog časopisa.

Poslednjeg dana nisu održavana predavanja, već je organizovan razgovor o letnjoj školi. Bila je to samokritička diskusija o manama i vrlinama skupa. Razgovor, u kome su učestvovali i učenici i nastavnici, potrajao je oko dva sata. Između ostalog, polaznici su izrazili i tematsku želju za sledeći skup — *Elektronika, kompjuteri i savremeni svet* i *Astrofizika i istraživanje kosmosa*. Nakon razgovora, svim učesnicima su podeljene diplome.

Brižljivo pripremljeni program predavanja i dobra organizacija rada, druženje i upoznavanje, kao i prijatan boravak u divnom ohridskom ambijentu — učinili su da ovaj susret bude nezaboravan za sve učesnike.

GORAN ANDRIĆ: SEDAM TAKMIČENJA

Goran Andrić je školske 1980/81. godine bio učenik sedmog razreda osnovne škole **„Miroslav Jovanović - Cerovac“** u Vrčinu. On je, inače, odličan učenik od prvog razreda, ali je posebno zavoleo fiziku. U šestom razredu osvojio je prva mesta na takmičenjima iz fizike u opštini i gradu, međutim, posebno su mu dragi uspesi koje je postigao na takmičenjima iz fizike protekle školske godine.

Goran je, naime, paralelno učestvovao na takmičenjima iz fizike koja organizuje Društvo fizičara SRS, kao i u okviru pokreta Nauka mladima, pa je tako osvojio prva mesta u svojoj opštini (Grocka) i opštini Stari Grad.

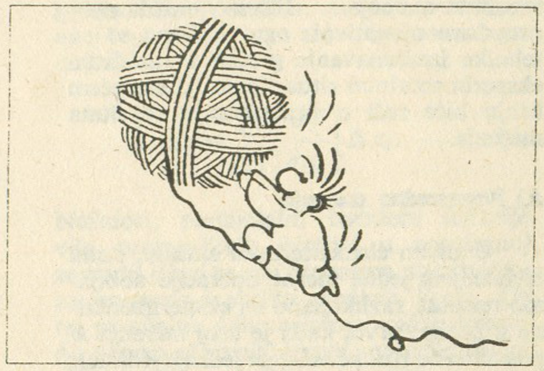
Na gradskom takmičenju Društva fizičara, Goran je osvojio prvu nagradu, a u okviru pokreta Nauka mladima četvrtu nagradu i pravo učešća na oba republička takmičenja.

Na republičkom takmičenju Društva fizičara SRS, Goran se plasirao na četvrto mesto, a na istom nivou u okviru pokreta Nauka mladima sedmo mesto. Uz sve to, Goran je dobio i posebnu nagradu časopisa „Mladi fizičar“, kao učenik koji je rešio najviše zadataka.

Inače, Goran Andrić pešači svakog dana sedam kilometara do školskog autobusa kojim se vozi još dva kilometra do škole. Živi u zaista teškim uslovima, ali ga to ne sprečava da postiže odličan uspeh, ne samo u nastavnim oblastima, već i u svim sportskim aktivnostima.

Goranu Andriću fiziku predaje **Milan Baričević.**

POKUŠAJTE



Prostor rubrike POKUŠAJTE, prevashodno namenjen onima koji organizuju i izvode nastavu, biće u ovom i nekoliko narednih brojeva osmišljenije posvećen usavršavanju i proširivanju praktikuma iz fizike.

Stanje je evidentno: kabineti za fiziku su siromašni. Perspektive ne ohrabruju: novca, pogotovo deviznog, biće sve manje. To je tako i — ostaje nam jedino da budemo tužni.

Ipak, stvaralaštvo mnogih naših saradnika, osvedočeno kako u kabinetima za fiziku, tako i na stranicama ove rubrike (»Grafoskop bez folija«, »Interferencijski i difrakcijski efekti na televizijskom ekranu«, »Poenkareova teorema«, »Rad gasova«, »Grafičko prikazivanje rezultata« . . .), uči nas da je mogućno, sa malo novca i mnogo volje, rada i umešnosti, i te kako obogatiti »inventar« kabineta za fiziku.

Uostalom, počevši od ovog broja, pokušajmo . . .

OBRADA REZULTATA MERENJA I

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

»Ja često kažem da onda kada možete meriti ono o čemu govorite i izraziti ga brojevima, vi o tome znate nešto; naprotiv, kada ga ne možete izraziti brojevima, vaše znanje je oskudno i ne zadovoljava; ono može biti početak saznanja, ali ste u svojim rasuđivanjima jedva dospeli do stupnja nauke.«

Kelvin

Pored praktičnog interesa da se učenici upute u pravilnu obradu eksperimentalnih rezultata, u osnovi je namera da se celovitim numeričkim tretmanom eksperimenta ukaže na slojevitu saznajnu strukturu procesa merenja. Uz to, oskudan laboratorijski inventar i otuda u izvesnim delovima zastareli sadržaji praktikuma iz fizike, iscrpnim matematičkim tretmanom postaju aktuelni. U školskoj praksi, razume se, odgovori na tako postavljene opšte zahteve obrade razultata merenja nužno su delimični, s obzirom na nedovoljno matematičko obrazovanje učenika. Tim ograničenjima, međutim, ne treba davati dublji smisao — ona su tehničke prirode i nisu konačna.

Uobičejena dužina tekstova u ovom časopisu, s jedne strane, i dostupnost relativno bogate literature iz teorije grešaka, s druge strane, razlozi su što neće biti reči o poreklu približnih vrednosti,

podeli grešaka, probabilističkoj prirodi rezultata merenja ... Bićemo možda neopravdano operativni: ograničićemo se na tehnike izračunavanje greške u različitim eksperimentalnim situacijama. U sledećem broju biće reči o prikazivanju rezultata merenja.

A) Neposredno merenje

U ovom elementarnom slučaju, kada izvođenjem jedne merne operacije dobijamo rezultat, razlikujemo tri eksperimentalne situacije: prvo, kada je broj merenja N posmatrane fizičke veličine jednak jedinici; drugo, kada je $N>30$; konačno, kada je $1<N\leqq 30$.

A1) $N=1$. Gornja granica apsolutne greške Δx (u daljem tekstu samo *greška*) računa se na jedan od tri sledeća načina:

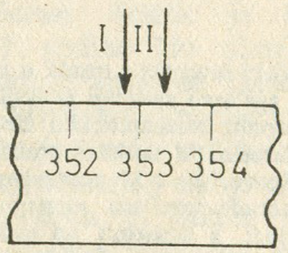
$$\Delta x=\frac{1}{2}C \quad \left(\text{ili } \frac{1}{10}C\right) \tag{1}$$

i

$$\Delta x=\frac{kx_m}{100}, \tag{2}$$

gde je C konstanta instrumenta, k je njegova klasa, a x_m je merni opseg instrumenta. Inače, ovaj elementarni slučaj je pogodan povod da se učenici upoznaju sa opštim karakteristikama mernih instrumenata (opseg, konstanta, osetijivost, preciznost, vernost i tačnost).

Prethodno je mogućno delimično ilustrovati jednostavnim primerom merenja dužine običnim lenjirom s milimetarskom podelom (sl. 1). Tačnost takvog lenjira je



Slika 1.

1 mm, a prema (1) greška je 0,5 mm. Bez obzira da li se kraj predmeta čiju dužinu merimo postavlja ispred ili iza 353 mm, mi ćemo biti u stanju da procenimo da je on bliži vrednosti 353 nego vrednosti 352 mm (položaj I), ondosno da je bliži vrednosti 353 nego vrednosti 354 mm (položaj II). Baš u toj proceni se sastoji kreativni akt merenja.

Da bi se stekao dalji uvid u tačnost izvršenih merenja, uvode se *relativna* i *procentualna greška*, naime,

$$R=\frac{\Delta x}{|x|} \quad \text{i} \quad R_{\%}=\frac{\Delta x}{|x|}100, \tag{3}$$

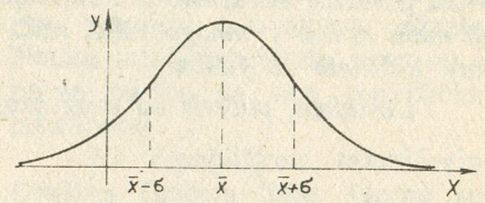
gde je x izmerena vrednost fizičke veličine X.

A2) $N>30$. U ovom domenu važenja Gausove raspodele (sl. 2), rezultati se obrađuju standardnim statističkim postupcima. Naime, ako je merenje fizičke veličine X ponovljeno N puta i ako su dobijene vrednosti $x_1, x_2, \ldots, x_N$, za merilo greške uzima se tzv. *standardna devijacija*:

$$\sigma=\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i-\bar{x})^2}, \tag{4}$$

gde je $\bar{x}$ aritmetička sredina, tj.

$$\bar{x}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_i. \tag{5}$$



Slika 2.

Standardna devijacija je zapravo merilo odstupanja pojedine vrednosti iz serije ponovljenih merenja u odnosu na srednju vrednost. Da bi se okarakterisalo odstupanje čitave serije ponovljenih merenja u odnosu na srednju vrednost, uvodi se tzv. *standardna greška*:

$$s=\frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \tag{6}$$

O daljem značenju standardne devijacije i standardne greške, o stepenu pouzdanosti rezultata, biće reči u sledećem broju, kada se budemo bavili zapisivanjem rezultata.

A3) $1<N\leqq 30$. Prvo, kada eksperiment svojom složenošću postavlja stroga vremenska ograničenja, grešku je mogućno računati grubo, naime.

$$\Delta x=|\bar{x}-x_e|, \tag{7}$$

gde je $\bar{x}$ srednja, a x_e ekstremna vrednost serije rezultata ponovljenih merenja. Ilustracije radi, ako su rezultati ponovljenih merenja 2, 7, 8 i 12 proizvoljnih jedinica, srednja vrednost je, očevidno, 7,25 istih jedinica; bez obzira na predznak, vrednost najudaljenija od srednje, tzv. ekstremna vrednost serije rezultata ponovljenih merenja je 12, a greška je 4,75 istih jedinica.

Znatno delikatniji način za izračunavanje greške svodi se na primenu formule

$$\Delta x=t_p\,(N-1)\frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \tag{8}$$

gde je $t_p\,(N-1)$ tzv. Studentov korekcioni faktor (indeks p određuje stepen pouzdanosti rezultata), a σ je standardna devijacija. Studentovi korekcioni faktori za stepene pouzdanosti rezultata 95% i 99% dati su u tabeli 1.

B) Posredno merenje

B1) *Diferencijalni obrazac.* Neka su za fizičke veličine $X_1, X_2, \ldots, X_n$ rezultati neposrednih merenja $x_1, x_2, \ldots, x_n$, a odgovarajuće greške, izračunate na jedan od prethodnih načina, $\Delta x_1, \Delta x_2, \ldots, \Delta x_n$. Ako neposredno merene fizičke veličine daju posredno merenu veličinu U preko funkcionalne zavisnosti $f(X_1, X_2, \ldots, X_n)$, onda se odgovarajuća greška za posredno merenu vrednost $u=f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ izračunava po obrascu

$$\Delta u=\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\partial f}{\partial x_i}\right|\Delta x_i. \tag{9}$$

Nažalost, parcijalnim izvodom funkcije više promenljivih (simbol u apsolutnoj zagradi) izlazi se van programa matematike za osnovnu i većinu srednjih škola. Uz to, parcijalno diferenciranje može dovesti do veoma složenih izraza, nepodesnih za efikasnu laboratorijsku primenu.

B2) »*Elementarna teorija*« *grešaka.* Alternativno izrazu (9) preporučuje se metod koji smo, možda neprecizno nazvali »elementarnom teorijom« grešaka. Nije mogućno formulisati jedinstven analitički izraz, sličnо izrazu (9), na kome bi deduktivno bila zasnovana elementarna teorija. Konkretno, formula

$$\Delta u=|u_{\max}-u|, \tag{10}$$

u kojoj Δu predstavlja apsolutnu grešku posredno merene veličine u, a u_{max} maksimalnu vrednost iste veličine, više je simboličnog nego praktičnog karaktera. Naime, za svaki tip funkcionalne zavisnsoti koja povezuje neposredno merene veličine sa odgovarajućom posredno merenom veličinom neophodno je posebno formulisati izraz za u_{max}.

Ilustracije radi, ako je $u=x/y$, onda je

$$u_{\max}=\frac{x+\Delta x}{y-\Delta y}.$$

tabela 1

$N-1$	$t_{0,01}$	$t_{0,05}$
4	2,5764	4,6041
5	2,5706	4,0321
6	2,4469	3,7074
7	2,3646	3,4995
8	2,3060	3,3554
9	2,2622	3,2498
10	2,2281	3,1693
11	2,2010	3,1058
12	2,1788	3,0545
13	2,1604	3,0123
14	2,1448	2,9768
15	2,1315	2,9467
16	2,1199	2,0208
17	2,1098	2,8982
18	2,1009	2,8784
19	2,0860	2,8453
20	2,0860	2,8453
21	2,0796	2,8314

Sa praktižnog stanovišta, veza između elementarne teorije grešaka i teorije zasnovane na diferencijalnom računu je sledeća: krajnji izrazi teorije zasnovane na diferencijalnom računu isti su sa odgovarajućim izrazima elementarne teorije grešaka, ako se u poslednjim zanemare greške viših redova od prvog. Za ovu analogiju ilustrativna je tabela 2.

Na kraju, izuzetno dobra referenca za teoriju grešaka: Topping, J.: *The Errors of Observation and Their Treatment*, Science Chapman and Hall, New York, 1975.

tabela 2

Funkcija	Formula (9)	Formula (10)
$u=x\pm y$	$\Delta u=\Delta x+\Delta y$	$\Delta u=(x\pm y+\Delta x+\Delta y)-(x+y)$ $=\Delta x+\Delta y$
$u=x\cdot y$	$\Delta u=x\,\Delta y+y\,\Delta x$	$\Delta u=(x+\Delta x)\cdot(y+\Delta y)-x\cdot y$ $\cong x\,\Delta y+y\,\Delta x$
$u=\frac{x}{y}$	$\Delta u=\frac{x\,\Delta y+y\,\Delta x}{y^2}$	$\Delta u=\frac{1}{2}(u_{max}-u_{min})$ $=\frac{x\,\Delta y+y\,\Delta x}{y^2-\Delta y^2}$ $\cong\frac{x\,\Delta y+y\,\Delta x}{y^2}$
$u=\sqrt{x}$	$\Delta u=\frac{\Delta x}{2\sqrt{x}}$	$\Delta u=\sqrt{x+\Delta x}-\sqrt{x}$ $=\sqrt{x}\left[\sqrt{1+\frac{\Delta x}{x}}-1\right]$ $=\sqrt{x}\left[\frac{1}{2}\frac{\Delta x}{x}-\frac{1}{8}\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2+\cdots\right]$ $\cong\frac{\Delta x}{2\sqrt{x}}$
$u=ln\,(x)$	$\Delta u=\frac{\Delta x}{x}$	$\Delta u=ln\,(x+\Delta x)-ln\,(x)$ $=ln\left[1+\frac{\Delta x}{x}\right]$ $=\frac{\Delta x}{x}-\frac{1}{2}\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2+\cdots$ $\cong\frac{\Delta x}{x}$

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 21

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 22

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 23

L. Landau i *O. Rumer:* Vreme i dužina u Specijalnoj teoriji relativnosti
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama (III)
D. Popović: Primena Doplerovog efekta
L. Rak: Fotografija (II)
D. Grujić: Osvrt na XII međunarodnu olimpijadu iz fizike
V. Adamović: Otkriće X-zraka
Učenička laboratorija
D. Kapor: Dva slična zadatka
Dva lavirinta
A. Tečić i *Ž. Brenčić:* Pokazivanje interferencijskih i difrakcijskih efekata na televizijskom ekranu
Fizika u stripu
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
Zadaci-pitanja
E-zadatak
Rešenje zadataka

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 24

M. Krunić: Njutnov zakon gravitacije
Lj. Ristovski: LEP — sistem
M. Dimitrijević: Novo o starim planetma
D. Koledin: Hronologija
B. Marinković i *D. Filipović*: Korona
Učenička laboratorija
G. Bilajbegović: Poankareova teorema
M. Milošević: Grafoskop bez folija
G. Vuković i *J. Bogovac*: Rad gasova
Konkursni zadaci
Nagradni zadatak
Zadaci pitanja
Olimpijski prilog
Rešenja zadataka
Spisak rešavača