OBAVEŠTENJA UREDNIŠTVA

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

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

3. **Godišnja pretplata za sva četiri broja iznosi 28 dinara.** Naručiocima više od 10 jednogodišnjih kompleta odobravamo rabat od 20%, 15% odnosno 10% zavisno od roka do kog će se isplatiti celokupna pretplata (1. XII, 1. II odnosno 1. IV). Narudžbenice se šalju na adresu *Matematičkog lista* (za *Mladi fizičar*), a novac preko **žiro računa 60806-678-14627, Matematički list, Beograd.** Pri tome treba navesti punu adresu na koju časopis treba dostavljati i jasno naznačiti na šta se narudžbenica, odnosno uplata odnosi.

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

MATEMATIČKI LIST
za časopis **Mladi fizičar**
Knez Mihailova 35/IV, p.p. 728, 11001 Beograd.
Sva ostala obaveštenja na telefon 011-638-263.

Cena 7. dinara

ČASOPIS
ZA UČENIKE
OSNOVNE ŠKOLE

MLADI
FIZIČAR

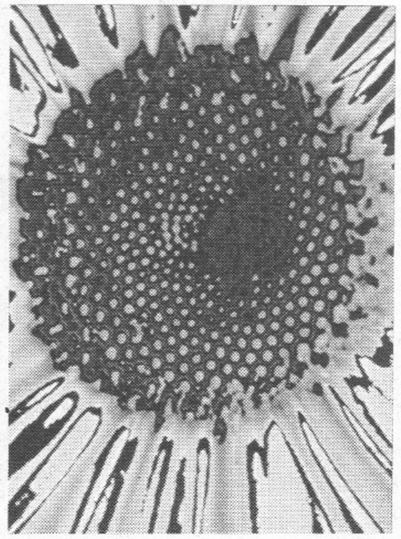
12

BEOGRAD 1979

DRUŠTVO MATEMATIČARA, FIZIČARA I ASTRONOMA SR SRBIJE

MLADI FIZIČAR
časopis
za učenike
osnovne škole
godina III
broj 12
(1978/79)

IZDAJE
DRUŠTVO MATEMATIČARA,
FIZIČARA I ASTRONOMA
SR SRBIJE
Beograd
Knez Mihailova 35/*IV*
p.p. 791



Ljubo RISTOVSKI,
glavni i odgovorni
urednik
Dušan KOLEDIN,
urednik

Uređivački odbor:
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Draško GRUJIĆ
Dragan HAJDUKOVIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Branislav ŠIMPRAGA
Petar VIDAKOVIĆ

SADRŽAJ

D. Koledin: Enriko Fermi.. 1
D. Kapor: Nobelovci 1978. godine 4
M. Dimitrijević: Plazma .. 6
L. Rak: Transmutacije elemenata 8
V. Čadež: Kvazari 11
S. Sekulić: Nuklearna medicina..... 14
S. Božin: Opasnost od CO_2 16
Lj. Ristovski: Otkriće neutrina 18
Zadaci 21
Test 24
Rešenja zadataka..... 27
Vinjete: N. Ubović
Ilustracije: V. Likar-Smiljanić

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

Enrico Fermi

ENRIKO FERMI — POČETAK NAŠEG DOBA

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Bolcman je napisao da »*ništa nije praktičnije od teorije*«, a lord Kelvin »*da onda kada možete meriti ono o čemu govorite i izraziti ga brojevima, vi o tome znate nešto*«. Istoričari nauke i filozofi analizirali su dublji karakter i dalje posledice ovih iskaza, a Enriko Fermi je usvojio njihove radne pouke. Možda i nije. Tek, vredni Italijan je i teorijski oblikovao fiziku mikrosveta, ali i itekako merio: prvo radi drugog, drugo radi prvog. Današnje priče o Enriku Fermiju kao istorijski poslednjem kompletnom fizičaru i »esnafska« podela na eksperimentatore i teoretičare samo su izgovor za lične nesposobnosti i danak tehnokratskom komforu u kome živimo.

Enriko Fermi je rođen 1901. godine u Rimu, u vreme kada je saopštenje Maksa Planka (Max Planck) »*Naučno zasnivanje kvantne teorije*« bilo staro nepunu godinu. U školu je pošao iste jeseni kada je Ludvig Bolcman (Lud-

wig Boltzmann) tragično preminuo. Studirao je fiziku na Univerzitetu u Pizi gde je 1924. godine odbranio i doktorsku disertaciju. Iste godine odlazi u Getingen kod Maksa Borna (Max Born), nekako baš u vreme kada je Verner Hajzenberg (Werner Heisenberg) postavljen za Bornovog asistenta, i kada je Volfgang Pauli (Wolfgang Pauli) formulisao tzv. *princip isključenja*. Do 1926. godine predavao je matematičku fiziku na Univerzitetu u Firenci, a sledeće godine je izabran za profesora teorijske fizike na Univerzitetu u Rimu. Godine 1929. Italijanska kraljevska akademija odala je priznanje Enriku Fermiju, primajući ga u članstvo, a devet godina kasnije italijanskim kolegama pridružili su se i švedski akademici, dodeljujući mu Nobelovu nagradu. To je bilo u vreme kada su Irena Kiri — Žolio (Irene Curie — Joliot) i Pavle Savić već uveliko radili na proveravanju Fermijeve pretpostavke o *transuranima*, i kada je Fermi, posle svečane ceremonije primanja nagrade u Štokholmu, emigrirao u SAD, što je nesumnjivo umanjilo popularnost već razmahnute Dučeove politike. Radio je kao profesor na Kolumbija Univerzitetu u Njujorku, a zatim na Univerzitetu u Čikagu, gde je i umro 1954. godine.

Ako se dužina čovekovog života meri vremenom, Enriko Fermi je kratko živeo — samo pdesetitri godine. Ako se, međutim, procenjuje sadržajem, zaključak je suprotan. Evo o čemu se radi.

Iskaze klasične mehanike najčešće poimamo »okom«. U kvantnoj mehanici to čulo ne samo da ne pomaže, već često i »smeta«. (Na momente, čitajući ovaj pasus, potrebno je »zažmuriti«.) Izučavajući sistem od, recimo, dva elektrona, klasična mehanika se ne ustručava da jedan od njih »oboji« crveno, a drugi crno, na primer, i da ih dalje u stopu prati. Kvantna mehanika je tu, naizgled, inferiorna: niti po »boji«, niti po čemu drugom ne razlikuje elektrone. Uopšte, kako to lepo kaže Lav Landau, čestice iste vrste u kvantnoj mehanici gube »individualnost«. To osnovno svojstvo iskazano je *principom nerazlikovanja* (*identičnosti*). Primenjujući ga na sistem mnoštva čestica, koje se još odlikuju izvesnim matematičko-fizičkim osobinama, Enriko Fermi je 1926. godine ukazao na pravila kolektivnog ponašanja. Vezu tih pravila sa kvantnom mehanikom objasnio je Pol Dirak (Paul Dirac), tako da nije slučajno što se sve to u literaturi označava kao *Fermi — Dirakova statistika*. Čestice koje se po tim pravilima ponašaju dobile su zajedničko ime — *fermioni*. Ova statistika se, inače, proverila i jednim važnim, tada već poznatim rezultatom — *u sistemu jednakih fermiona ne mogu se naći u jednom istom stanju dve čestice* (*ili više njih*), što je tzv. *Paulijev princip*.

Da postoje tri vrste radioaktivnog raspada: alfa, beta i gama, bilo je poznato i pre 1934. godine; takođe se znalo da su gama-zraci elektromagnetne prirode; da su alfa-čestice jezgra helijuma i da dati radioaktivni izotop napušta ju sa jedinstvenom energijom; znalo se i za tri tipa beta-raspada, kao i za to da pri jednom od njih iz jezgra datog izotopa izleću elektroni različitih energija. Međutim, objašnjenja ove poslednje eksperimentalne činjenice nije bilo. Pauli je »na neviđeno« uveo novu česticu — *neutrino*, a Fermi je, deleći ukupnu energiju raspada između elektrona i neutrina, zapravo njegovog »blizanca« — antineutrina, objasnio prirodu beta-raspada. Zbog minimalne interakcije sa materijom, neutrino čestice su eksperimentalno potvrđene znatno kasnije.

Frederik Žolio i njegova supruga Irena Kiri — Žolio su 1934. godine bombardova liatome aluminijuma alfa-zracima. Dobili su radioaktivni fosfor, a za otkriće *veštačke radioaktivnosti* Nobelovu nagradu, godinu dana kasnije. Koristeći alfa-čestice, oni su dobili još nekoliko radioaktivnih elemenata, ali samo malih atomskih težina. Gotovo istovremeno je Enriko Fermi došao na ideju da za nuklearne reakcije elemenata velikih atomskih težina upotrebi *neutrone*. Na ideju je trebalo doći, ma koliko ona danas deluje prirodno: neutroni su bez naelektrisanja, pa mogu prodirati i u jezgra najtežih atoma. Upravo sa najtežim — uranom, $_{92}U^{238}$, dogodilo se »čudo«. Naime, 1940. godine su američki fizičari Smits (H.D. Smyths) i Siborg (G.T. Seaborg), bombardujući U^{238} *sporim neutronima*, dobili neptunijum i plutonijum — elemente koji rednim brojem prelaze granicu Mendeljejevog periodnog sistema elemenata, nedvosmisleno potvrdivši Fermijevu ideju o transuranima. Redaju se eksperimenti i novi elementi: americijum (redni broj 95), kirijum (redni broj 96), . . . , *fermijum* (redni broj 100), . . . , lorensijum (redni broj 103).

Spori neutroni su se veoma brzo i živo koristili po laboratorijama Amerike i Evrope. Godine 1939. utvrđeno je da se prirodni uran sastoji od tri izotopa: U^{238}, U^{235} i U^{234}. Tada je otkrivena i *fisija* drugog uranovog izotopa sporim neutronima. Izmereno je da se cepanjem svakog jezgra U^{235} oslobađa energija od 200 MeV (ili $3{,}2 \cdot 10^{-11}$ J). Okolnost da se pri tome oslobađaju i neutroni navela je na pomisao da se baš ovi, novi neutroni, mogu iskoristiti za dalje fisije na još neraspadnutim jezgri a. Uobličena je, dakle, ideja o *lančanoj reakciji*.

Sve je bilo spremno i sledeći korak vodio je tehničkoj realizaciji kontrolisanog oslobađanja nuklearne energije — *nuklearnom reaktoru*. Novembra 1942. godine, na sportskom stadionu u Čikagu, po projektu Enrika Fermija i pod njegovim rukovodstvom započela je izgradnja prvog nuklearnog reaktora. Uranska peć puštena je u rad 2. decembra iste godine.

Tako je počelo.

Cenjeni čitaoci i saradnici,

ovim brojem je »Mladi fizičar« proslavio treći rođendan. Želimo mu još mnogo rođendana, dug vek, ali i da ostane mlad. U tome mu možemo pomoći samo mi, praveći ga zajedno. Zato nam pišite sve o njegovom »ponašanju«: gde je grešio, šta je i koga je zaboravljao, da li je možda nekoga povredio i sve što bi mu pomoglo da u četvrtoj godini još pouzdanije »stane na svoje noge«.

Redakcija

DOBITNICI NOBELOVE NAGRADE ZA FIZIKU ZA 1978. GODINU

DARKO KAPOR (Novi Sad)

Sigurno ste čuli za Nobelovu nagradu i za pažnju sa kojom se prati njeno dodeljivanje među naučnicima. Ograničivši se na oblast fizike, možemo reći da se u današnje vreme ona retko dodeljuje za neko epohalno otkriće koje se odigralo tokom prethodne godine. Takvih otkrića ima naravno i danas (možda ih mi i nismo svesni), ali su ona skoro uvek rezultat dugotrajnog i strpljivog rada, a vrlo retko posledica trenutne inspiracije. Zato su danas Nobelove nagrade obično priznanja zaslužnim naučnicima za njihov celokupan rad, ili pak dugogodišnji rad u jednoj određenoj grani, koji je doprineo razvoju te grane fizike.

Upravo takva je situacija sa nobelovcima za 1978. godinu. *Pjotr Leonidovič Kapica* je jedan od najvećih živih fizičara u SSSR-u i njegovo ime je dobro poznato naučnicima širom sveta. Radio je veoma mnogo u različitim oblastima fizike. Sam za sebe kaže da je srećan (ali redak) spoj fizičara — eksperimentalca i inženjera. To mu je omogućilo da sprovede u delo mnoge svoje zamisli kod kojih bi drugi poklekli suočeni sa tehničkim problemima.

Jedan primer su njegova istraživanja u jakim magnetnim poljima. Proizvodnja jakih magnetnih polja pomoću elektromagneta vezana je za upotrebu struje velike jačine, što opet prouzrokuje oslobađanje velikih količina toplote u namotajima elektromagneta. Na taj način postoji određena granica jačine polja do koje možemo ići. Kapica je došao na ideju da stvara mnogo jača, ali veoma kratkotrajna polja. Za tako kratko vreme ne oslobađa se mnogo toplote, a vreme trajanja polja, je još uvek dovoljno dugačko da se manifestuju sve karakteristike ponašanja čestica u njemu.

Drugi primer je Kapicin rad na prevođenju gasova u tečno stanje. Pri tome se koriste klipni mehanizmi. S obzirom da je reč o veoma niskim temperaturama, svako ulje za podmazivanje mehanizma postaje neupotrebljivo jer prelazi u čvrsto stanje. Kapica je i ovaj problem rešio jednostavno: za podmazivanje je iskoristio sam gas sa kojim se radi već delimično preveden u tečnost. Aparati konstruisani na ovom principu omogućili su Kapici da dobije dovoljne količine tečnog He^4 da bi na njemu mogao detaljno da ispita u to vreme novu osobinu tečnosti na niskim temperaturama — sposobnost proticanja bez viskoznog trenja tzv. superfluidnost.

Kapica je vrlo rano uočio da nastupa kriza klasičnih goriva kao izvora energije i počeo da se zanima problemom kontrolisane termonuklearne reakcije, čime se i danas veoma intenzivno bavi.*

Priznaću vam da sam se pri pisanju ovog dela članka koristio veoma zanimljivim podacima iz knjige samog P.L. Kapice »Eksperiment, teorija, praksa« koja uskoro izlazi u izdanju Radničkog univerziteta »Radivoj Ćirpanov« u Novom Sadu.

Druga dvojica nobelovaca su Amerikanci *Arno Penzias* i *Robert Vilson*. Priznanje njima je ustvari priznanje celokupnoj radioastronomiji. Već godinama stručnjaci iz ove oblasti, umesto da svemiru okrenu svoje »oči«, okreću svoje »uši« i pomoću gigantskih antena radioteleskopa osluškuju šta se dešava

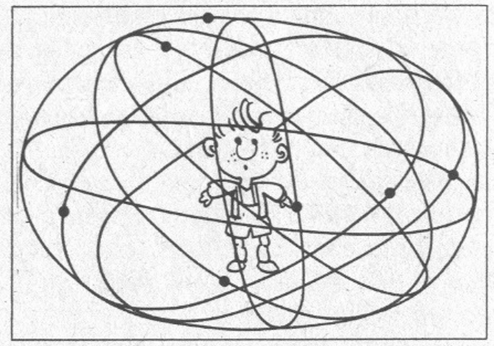
u svemiru. Prikupljanje radio-signala iz najudaljenijih delova svemira je već samo po sebi poduhvat vredan pažnje, ali pravi posao tu tek počinje. Iz te smeše različitih zračenja koje su njihovi instrumenti registrovali, treba saznati nešto o njihovom poreklu, o mogućem uzroku, a samim tim i nešto novo o svemiru uopšte. Penzias i Vilson su saznali jednu veoma bitnu stvar. Uočili su da šum koji uvek postoji nije posledica nesavršenosti njihovih instrumenata, već »ostatak« zračenja nastalog u momentu velike eksplozije u kojoj je (bar prema savremenim teorijama) nastao svemir. Velika je zagonetka još uvek kad, kako i zašto tačno se to odigralo, ali dati dokaz da se to stvarno desilo je već velika stvar.

Posle ovog otkrića (objavljenog 1965 godine), naučnici su od svoje Bel laboratorije dobili velika sredstva da razviju još bolju opremu. Tada su krenuli prema novom izazovu. Naime, svaki molekul ima svoje karakteristično zračenje u oblasti spektra koju ispitujeu radioastronomi. Polazeći od ove činjenice Penzias i Vilson su već u »prvom naletu« uspeli 1970 godine da otkriju prisustvo osam novih vrsta molekula u međuzvezdanom prostoru (među njima je i CO_2). Danas oni pokušavaju da razdvoje zračenje različitih izotopa. To bi pomoglo da se nešto sazna o obilnosti sa kojom su određeni izotopi zastupljeni u svemiru, što bi opet ukazalo na moguće nuklearne reakcije koje se tamo odigravaju. Sve ovo jasno ukazuje da su mogućnosti i značaj radioastronomije danas veliki. Primedba da su radioteleskopi veoma složene i izuzetno skupe sprave je možda na mestu, ali ostaje činjenica da su njihovim konstruisanjem ljudi stekli čitav niz znanja koja su unapredila zemaljske komunikacije.

Eto, toliko o nobelovcima. Nadam se da je članak napisan tako da vašu radoznalost pobudi, ali ne i zadovolji. Zato ćemo u sledećim brojevima pisati o onim stvarima koje smo ovde samo spomenuli a za koje vi pokažete veći interes.

Ako se atomi shvate kao kuglice, onda se na dužini od jednog milimetra može poređati 10 miliona atoma.

ŠTA JE...



PLAZMA

MILAN DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Praktično sveukupna vidljiva Vasiona nalazi se u stanju plazme. Ova činjenica zbunjuje čoveka koji ceo život provodi u sredini u kojoj prirodne plazme gotovo i nema. Šta je plazma? Ako posmatramo skup naelektrisanih čestica koje se slobodno kreću, one međusobno dejstvuju elektromagnetnim silama. Ove sile opadaju sa rastojanjem, ali potpuno iščezavaju tek na beskonačno velikoj udaljenosti. Da bi skup naelektrisanih čestica bio plazma potrebno je da je uticaj suseda na pojedinu česticu skupa znatno manji od kolektivnog dejstva svih čestica u skupu. Dakle, prvi je uslov da je ponašanje jedne čestice određeno kolektivnim uticajem svih preostalih čestica. Ali, to nije dovoljno pa da skup naelektrisanih čestica bude plazma. Potrebno je da broj pozitivno i negativno naelektrisanih čestica u skupu bude gotovo jednak, tako da se skup kao celina može smatrati približno neutralnim. Sada možemo odgovoriti na pitanje šta je plazma. *To je 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.*

Na dovoljno visokim temperaturama svaki materijal se jonizuje i može da pređe u stanje plazme. Plazmu često nazivaju *četvrto stanje materije*. Ovaj pojam uveo je *Kruks* 1879. godine da bi opisao jonizovanu sredinu koja se javlja pri gasnom pražnjenju. On je rasuđivao na sledeći način. Zagrevanjem čvrsto telo prelazi u novo stanje — tečnost. Daljim zagrevanjem tečnost prelazi u gas. Zagrevanjem gasa njegovi atomi se jonizuju i nastaje plazma. Ali, plazma može da postoji i na nižim temperaturama — čak i u čvrstim telima. Neke od pojava vezanih za ponašanje elektrona u poluprovodnicima i metalima, mogu se razmatrati kao primeri plazmenih efekata u čvrstim telima.

U sredini koja nas okružuje, plazma se može javiti tamo gde dolazi do električnih pražnjenja u vazduhu. Jedan od primera su i tajanstvene loptaste munje. Naziv plazma su prvi put upotrebili 1929. godine fizičari *Lengmir* i *Tonks*, koji su se bavili proučavanjem električnih pražnjenja u gasu. Oni su ovim imenom želeli da označe deo oblasti u kojoj se odigrava električno pražnjenje, gde su gustine elektrona i pozitivnih jona približno iste. U gornjim slojevima atmosfere,

u jonosferi, takođe postoji plazma. Ona ovde nastaje kada se razređena atmosfera jonizuje pod dejstvom Sunčeve svetlosti. Plazma se nalazi i prostoru između Sunca i Zemlje. Ona je jako razređena i sastoji se od naelektrisanih čestica izbačenih iz Sunčeve korone. To je takozvani Sunčev vetar. Većina zvezda, uključujući i naše Sunce, nalazi se u stanju plazme. Ovo stanje, tako retko na Zemlji, sasvim je uobičajeno u Vasioni.

Povećani interes za proučavanje plazme poslednjih godina, uslovljen je velikim napretkom u kosmičkim istraživanjima i perspektivom ostvarenja kontrolisane *termonuklearne fuzije*. »Ogromni uticaj koji će ovo otkriće imati na našu civilizaciju čini kontrolisanu fuziju najvećim naučnim izazovom koji je ikada stajao pred čovekom«, napisao je američki fizičar *Fransis Čen*. Ostvarenje termonuklearne fuzije u kontrolisanim uslovima pružiće čovečanstvu neiscrpan izvor energije sa skoro besplatnim gorivom. Nekontrolisana termonuklearna fuzija danas je već ostvarena. Ona se naprimer odigrava prilikom eksplozije vodonične bombe. Za ostvarenje kontrolisane fuzije, potrebno je dobiti plazmu visoke temperature i velike gustine elektrona.

Jedan od uređaja za dobijanje plazme koji najviše obećavaju je *tokamak*. Kada se plazma stavi u magnetno polje, kretanje naelektrisanih čestica ograničeno je magnetnim silama. One se kreću duž linija sila obrćući se istovremeno oko njih. Pogodnim izborom geometrije magnetnog polja moguće je »zarobiti« čestice koje čine plazmu u izvesnom delu prostora. »Posude« u kojima možemo držati plazmu su magnetna polja. To se zove magnetno konfiniranje plazme. Tokamak je jedan od uređaja koji koriste jaka magnetna polja da bi stvorenu plazmu zadržali u željenom delu prostora. Sam uređaj se sastoji od toroidalne komore (torus je telo koje ima oblik unutrašnje automobilske gume) u kojoj se nalazi vodonik ili deuterijum. Gas u unutrašnjosti komore jonizuje se jakim električnim poljem i nastaje plazma. Stvorena plazma je takođe toroidalnog oblika i sažima se ka centru komore.

Razvoj lasera pružio je nove mogućnosti za dobijanje visokotemperaturne guste plazme i podstakao rad u pravcu ostvarivanja laserske kontrolisane fuzije. Sa napretkom laserske tehnike, postale su realne nade da se može ostvariti tako brzo zagrevanje guste plazme, da termonuklearna reakcija bude ostvarena za vreme razletanja čestica iz mete na koju deluje snažno lasersko zračenje. Usled toga, magnetno konfiniranje plazme postaje nepotrebno.

Danas već postoji niz uređaja sa plazmom koji se koriste u komercijalne svrhe. To su najčešće aparati koji služe za sečenje metala, a koriste plazmu stvorenu u električnom luku. Sečenje se vrši takozvanim prenetim lukom, kod koga se luk ne završava u mlazniku aparata, već se produžuje do predmeta koji se seče, povezanog takođe sa izvorom struje. Mnogi plazma-lukovi služe kao izvori za reflektore ili kao izvori toplote u industriji keramičkih i vatrostalnih materijala.

Na kraju, srce motora sa jonskim pogonom, koji će naći široku primenu u čovekovom osvajanju svemira, sastoji se od generatora plazme koji stvara struju jona.

PRIRODNA RADIOAKTIVNOST I TRANSMUTACIJA ELEMENATA·

RAK LAJOŠ (Beograd)

Savremena fizika, koristeći ogromno nakupljeno znanje i moćna tehnička sredstva, postigla je zavidne rezultate u istraživanjima posvećenim mikroskopskoj strukturi materije. Pre svega, uspela je da stvori i objasni nama dobro poznatu sliku: atom, koji je najmanji hemijskim putem nedeljivi deo materijalnih objekata, sastoji se od jezgra i elektronskog omotača. U jezgru, čiji je prečnik jednak desetohiljaditom delu milijarditog dela santimetra (10^{-13} cm.), nalazi se celokupno pozitivno naelektrisanje atoma. Elektronski omotač čine negativno naelektrisani elektroni koji kruže oko jezgra na rastojanjima koja su sto hiljada puta veća od prečnika jezgra (10^{-8} cm.).

U sastav jezgra ulaze dve vrste čestica: pozitivno naelektrisani *protoni* i električno neutralni *neutroni*; zajedničko ime im je *nukleoni*. Usvojene su sledeće oznake za proton i neutron ${}_1^1p$ i ${}_1^1n$, a njihov smisao biće objašnjen kasnije. Mase protona i neutrona su približno jednake, a veće su oko 1800 puta od mase elektrona. Masa jezgra je skoncentrisana u veoma maloj zapremini, pa je zato njegova gustina veoma velika. Ona iznosi oko $10^{14}\frac{g}{cm^3}$, dok je gustina najtežeg metala iridijuma »samo« $22{,}5\frac{g}{cm_3}$, znači oko deset hiljada milijardi puta manja.

Recimo sad nešto o električnim osobinama jezgra. Naelektrisanje protona je po veličini jednako naelektrisanju elektrona, ali je suprotnog znaka. Brojem protona određeno je *naelektrisanje jezgra* (Z), a brojem nukleona (zbir protona i neutrona) *maseni broj* (A). Naelektrisanje jezgra brojno je jednako *rednom broju* elementa u periodnom sistemu. Jezgra obeležavamo tako što pored hemijskog znaka pišemo Z kao donju, a A kao gornju oznaku (indeks). Na primer, jezgro kiseonika čiji je redni broj Z=8, a maseni broj A=16, obeležavamo sa ${}_{8}^{16}0$. Pod istim rednim brojem u periodnom sistemu uvek se nalazi isti element (stoga se donja oznaka može izostaviti), pa se jezgro kiseonika prosto obeležava sa ${}^{16}0$.

Kako objasniti činjenicu da se protoni u jezgru nalaze na okupu kada znamo da se istoimena naelektrisanja odbijaju?! Objašnjenje treba tražiti u tome što u jezgru pored električnih sila odbijanja deluju još i jake privlačne nuklearne sile. Njih u svakodnevnom životu ne osećamo, pošto im je dejstvo ograničeno samo na unutrašnjost jezgra (zbog toga se one zovu kratkodometne sile). Jezgro, koje bi se sastojalo samo od dva protona (biproton), ne postoji, pošto su odbojne električne sile jače od nuklearnih. Ovakvo jezgro bi se u trenutku stvaranja razletelo (raspalo). Postoji jezgro sa dva protona (helijum), međutim ono sadrži bar jedan neutron (${}_2^3$He). Neutron »razblažuje« dejstvo električnih sila, tako da je takvo jezgro stabilno. U prirodi je znatno češći helijum sa dva neutrona u jezgru (na milion jezgara ${}_2^4$He dolazi jedno jezgro ${}_2^3$He) Očekivali bismo da ima i jezgara sa dva protona i više od dva neutrona, međutim takva jezgra u prirodi ne postoje. Možemo ih veštački napraviti, ali se ona brzo raspadaju. Do danas čovek je stvorio još dva jezgra helijuma ${}_2^5$He i ${}_2^6$He, dok teža nije. Vidimo da postoje jezgra helijuma sa različitim masenim brojevima. Tako je i kod ostalih elemenata: postoje atomi čija jezgra imaju isto naelektrisanje, ali različite masene brojeve (isti broj protona a različit broj neutrona). Takva jezgra se hemijski ne razlikuju (hemijske osobine su određene brojem protona) i imaju isto mesta u periodnom sistemu, a nazivamo ih *izotopima* (ισοσ τοποσ — isto mesto, grč.). Svi hemijski elementi imaju više izotopa; čak i najjednostavniji vodonik, sa samo jednim protonom u jezgru, ima ih tri: ${}_1^1$H, ${}_1^2$H, ${}_1^3$H. Elementi sa težim jezgrom imaju znatno veći broj izotopa (na pr. plemeniti gas ksenon (Z=54) ima ih oko trideset).

Kao što smo na primeru helijuma videli, izotopi mogu biti sasvim stabilni ili se po isteku dužeg ili kraćeg vremena raspadaju. Ako želimo da istaknemo da je neki izotop nestabilan (radioaktivan), iznad njegovog hemijskog znaka stavljamo zvezdicu (na pr. radioaktivni izotop fosfora obeležavamo sa ${}_{15}^{32}$P*). Svaki element, pored svojih stabilnih izotopa, ima i veći broj nestabilnih, a ima i elemenata koji uopšte ne postoje u obliku stabilnih izotopa (radioaktivni elementi, kao što su tehnecijum, Tc (Z=43); prometijum, Pm(Z=61); neptunijum, Np (Z=93) itd.). Danas je poznato oko 250 stabilnih izotopa; u prirodi je nađeno oko 50 nestabilnih izotopa, a čovek je proizveo preko 1000 novih radioizotopa! Ovi brojevi još nisu konačni, pošto se stalno stvaraju novi izotopi, kao rezultat intenzivnih istraživanja.

Kako se raspadaju nestabilni izotopi? U prirodi postoje jezgra, koja se spontano (bez ikakvog spoljneg uticaja) raspadaju, izbacivši (emitujući) α, β ili γ-česticu iz jezgra. Pri tome, početno jezgro se pretvara u jezgro nekog drugog elementa (transmutacija). Spontana (prirodna) radioaktivnost primećena je uglavnom kod najtežih izotopa (A veće od 200), mada u prirodi ima i lakših izotopa koji se spontano raspadaju (${}_{29}^{40}$K*).

Razmotrimo sada šta se događa prilikom α-raspada. Jezgro emituje α-česticu (jezgro helijuma ${}_2^4$He), smanjuje mu se maseni broj za četiri i redni broj za dva, tako da od jednog jezgra nastaju dva nova koja odgovaraju novim elementima. Ako se jezgro radijuma ${}_{88}^{226}$Ra* raspadne nastaće radon ${}_{84}^{222}$Rn* i helijum. Ova se reakcija piše na sledeći način:

$$ {}_{88}^{226}\mathrm{Ra}^* \rightarrow {}_{84}^{222}\mathrm{R}_n^* + {}_2^4\mathrm{He} $$

Primetimo da u ovoj reakciji ostaju nepromenjeni ukupna masa i naelektrisanje; zbir masenih i rednih brojeva pre i posle reakcije ostao je isti (226=222+4 odn. 88=86+2).

Kako u jezgru nastaje α-čestica? Protoni i neutroni u jezgru »vrlo rado« se grupišu obazujući α-čestice. Takve α-čestice se kreću unutar jezgra kao celine, a u slučaju α-radioaktivnog raspada nataju ga, takođe kao celine!

Objasnimo sada β-raspad. β--čestice su elektroni koji izlaze iz jezgra. Sigurno se pitate, kako mogu izlaziti kada ih unutra uopšte nema?

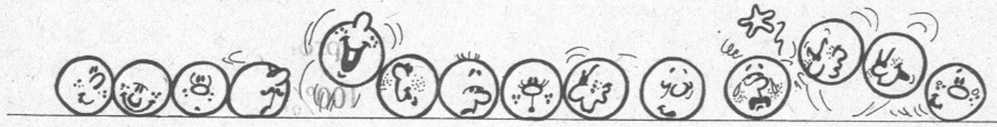
Ovi elektroni nastaju u trenutku raspada. Jezgro koje je zbog viška neutrona nestabilno, teži da postane stabilno, što postiže pretvaranjem suvišnog neutrona u proton i elektron, pri čemu stvoreni elektron odmah napušta jezgro. Zašto izlazi elektron a ne neutron? Elektron nastaje u slabim međudejstvima, dok bi za emisiju neutrona bile odgovorene tzv. jaka međudejstva. Pošto su jaka međudejstva 10^{24} (!) puta jača od slabih, jezgro »radije« emituje elektron. Masa jezgra posle β- raspada ostaje nepromenjena, a naelektrisanje se povećava za jedan, i tako nastaje novi element. Ilustrujmo to na primeru raspada $^{40}_{19}K$:

$$^{40}_{18}K^{*} \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + e^{-}$$

I ovde važi zakon održanja mase i naelektrisanja.

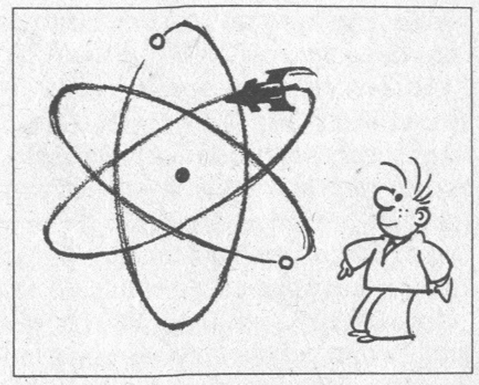
Da kažemo nešto i o γ-raspadu. Posle α- ili β-raspada novo jezgro može imati višak energije ili, da se izrazimo jezikom fizičara, da bude u pobuđenom stanju. Taj višak energije onda jezgro emituje u obliku kvanta elektromagnetnog zračenja (γ-čestice) i prelazi u osnovno stanje.

Izotopi nastali posle radioaktivnog raspada su popravilu nestabilni pa se i oni raspadaju. Tako nastaje čitav niz radioizotopa (radioaktivne familije).



Lord Kelvin **je setno zaključio potkraj prošlog veka ». . . da su lepotu i razumljivost dinamičke teorije, koja je smatrala toplotu i svetlo vrstama kretanja, zamračila u poslednje vreme dva oblaka«. Ta dva oblaka bila su slom mehaničkog etra (Majkelsonov ogled) i zakoni zračenja užarenog tela (tzv. »ultravioletna katastrofa«).**

D.K.



KVAZARI

VLADIMIR ČADEŽ (Beograd)

Godine 1961. otkriven je u Vasioni jedan neobičan izvor veoma jakog elektromagnetnog zračenja koji je nazvan kvazi stelarnim radio izvorom ili, kraće, kvazarom. Uskoro posle otkrića prvog kvazara, otkriveni su brojni novi objekti sličnoga tipa na raznim delovima neba.

Kvazari emituju jako elektromagnetno zračenje svih talasnih dužina. Ilustracije radi, navedimo podatak da kvazar 3C273 u jednoj sekundi izrači 10^{14} (sto hiljada milijardi) puta više energije od Sunca. Razlaganjem zračenja kvazara u spektar mogu se odrediti elementi od kojih je on sastavljen, jer svaki od njih zrači elektromagnetno zračenje određenih talasnih dužina. Međutim, analizom spektra uočena je jedna od najbitnijih karakteristika kvazara. Primećeno je da je raspored spektralnih linija, koje odgovaraju elektromagnetnim talasima određenih talasnih dužina, isti kao i kod zračenja tih elemenata posmatranog u laboratoriji, ali su vrednosti talasnih dužina i za 50% veće od vrednosti dobijenih u laboratoriji. Zato se kaže da su spektralne linije zračenja kvazara pomaknute ka crvenom delu spektra, odnosno da u zračenju kvazara postoji crveni pomak.

Razmotrimo prvo šta u stvari znače crveni pomaci spektralnih linija u spektru nekog izvora zračenja. Poznata su dva uzroka koji mogu dovesti do crvenog pomaka spektralnih linija. To su kretanje izvora zračenja u odnosu na posmatrača i prisustvo jakog gravitacionog polja.

Kretanje izvora zračenja u odnosu na posmatrača dovodi do pojave Doplerovog efekta. Naime, posmatrač registruje talase većih talasnih dužina od onih koje zrači izvor zračenja kada se izvor udaljava od posmatrača, i talase manjih talasnih dužina kada se izvor približava posmatraču. Tako, ako se izvor koji zrači žutu svetlost kreće ka posmatraču, onda posmatrač vidi svetlost druge boje koja, u zavisnosti od brzine izvora u odnosu na posmatrača, može biti zelene ili plave boje. Boja koju posmatrač vidi zavisi od promene talasne dužine. Ta promena procentualno iznosi $\frac{v}{c}100\%$, gde je v brzina izvora, a c brzina svetlosti. Ovaj izraz važi u slučaju kada je brzina izvora v mnogo manja od brzine svetlosti c. Obično se smatra da je taj uslov ispunjen ako je brzina v manja od $\frac{c}{10}$. Ako je $v=\frac{c}{10}$, onda je procen-

tualna promena talasne dužine talasa koje zrači izvor jednaka 10%. Kod kvazara ona iznosi, kako je već rečeno, 50%. To znači da se kvazar kreće brzinom koja je bliska brzini svetlosti. Osim toga, pošto u spektru zračenja kvazara postoje samo crveni pomaci, sledi da se kvazari udaljuju od Zemlje neshvatljivo velikom brzinom. Ovako velika brzina udaljavanja kvazara od Zemlje može biti jak razlog da se ne prihvati pretpostavka da se crveni pomaci mogu objasniti primenom teorije Doplerovog efekta.

Razmotrimo sada drugi uzrok koji može dovesti do crvenog pomaka u zračenju kvazara. Da vidimo kako to jako elektromagnetno polje može dovesti do promene talasnih dužina.

Pretpostavljamo da vam je poznato da elektromagnetno zračenje, uzmimo svetlost kao primer takvog zračenja, ima dvojnu prirodu. Naime, svetlosni zrak se može posmatrati i kao skup talasa različitih talasnih dužina, ili istih ako se radi o jednobojnoj svetlosti, a može da se posmatra i kao skup čestica koje se zovu fotoni. Fotoni se kreću brzinom svetlosti a energija jednog fotona jednaka je $\frac{hc}{\lambda}$.

c je brzina svetlosti, λ je talasna dužina, *a* h je takozvana Plankova konstanta. Ako se foton nalazi u jakom gravitacionom polju, to jest ako se nalazi u blizini neke velike zvezde koja na njega deluje jakom privlačnom silom, dolazi do promene njegove energije. Ako je reč o fotonu koji polazi sa površine zvezde, onda se njegova energija smanjuje zbog privlačnog dejstva gravitacione sile. Slično se dešava i sa kamenom bačenim u vis sa površine Zemlje. Zbog dejstva sile privlačenja Zemlje smanjuje se brzina kamena, a tako i njegova kinetička energija. Međutim, brzina fotona ne može da se smanji jer se svetlost, a to znači i foton, uvek kreće brzinom svetlosti c. Do smanjenja energije fotona dolazi zbog povećanja njegove talasne dužine, jer je energija fotona obrnuto proporcionalna njegovoj talasnoj dužini. Prema tome, fotoni koji polaze sa površine zvezde dolaze na Zemlju sa povećanom talasnom dužinom zbog dejstva gravitacione sile zvezde. Tako se javlja crveni pomak u spektru zračenja zvezde. Veličina pomaka zavisi od jačine gravitacione sile. Za većinu zvezda taj pomak je neznatan, pa se jedva može registrovati. Ali postoje zvezde čija je specifična gustina $\left(\rho = \frac{m}{v}\right)$ veoma velika, jer je kod njih ogromna masa skoncentrisana u relativno maloj zapremini. To su super guste (neutronske) zvezde čija gustina može biti i $10^{15} \frac{g}{cm^2}$ (u jednom kubnom santimetru skoncentrisana je masa od milijardu tona). Gravitaciona sila super gustih zvezda može izazvati velike crvene pomake, čak i tako velike kakvi su crveni pomaci u zračenju kvazara. Znači, kvazari mogu biti super guste zvezde.

Pretpostavićemo da je kvazar super gusta zvezda.

Uzmimo da je masa kvazara jednaka masi Sunca i da njegovo gravitaciono polje izaziva crveni pomak od 10%. Da bi to bilo tako poluprečnik kvazara treba da bude jednak svega 10 km, jer jedino tada njegovo gravitaciono polje može da izazove pomak od 10%.

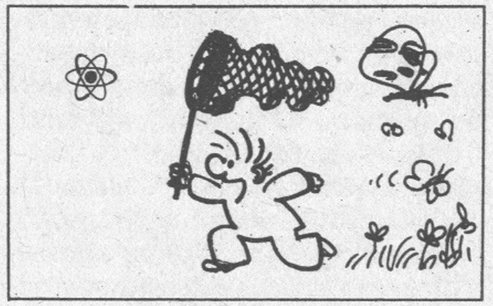
Znajući poluprečnik i temperaturu kvazara možemo, korišćenjem izmerenih vrednosti intenziteta zračenja kvazara na Zemlji, odrediti rastojanje između Zemlje i posmatranog kvazara sa masom jednakom masi Sunca. Dobija se da je to rastojanje jednako 0,3 svetlosne godine, a to je jedva 500 puta veće od rastojanja od Zemlje do poslednje planete našeg planetnog sistema. To bi značilo da kvazari, u vidu super gustih zvezda, mogu da se nalaze u neposrednoj blizini sunčevog sistema. Njihovo izuzetno jako gravitaciono polje moralo bi da utiče na kretanje planeta Sunčevog sistema. Pošto tako nešto nije primećeno i planete se kreću oko Sunca kao izvora gravitacionog polja, sledi da kvazari nisu superguste zvezde.

Možemo da zaključimo da su kvazari neki astronomski objekti koji se velikom brzinom i to svi bez izuzetka udaljavaju od Zemlje. Kasnije je pokazano da su kvazari u gasovitom stanju. Ostaje da se objasni šta je uzrok tako velikih brzina kretanja kvazara, zašto se udaljavaju od Zemlje i niz drugih osobina kvazara.

Priča se da je 1960. godine, na jednom od teorijskih seminara kod *Nilsa Bora* (N. Bohr) u Kopenhagenu, poznati teoretičar *Hans Bete* (H. Bethe) u šali demonstrirao potpuno crn snimak, bez i jednog magličastog traga, i rekao: „Jasno je da je ovuda letela neutralna čestica koja se zatim raspala na dve nove neutralne čestice . . . Eksperimentatori tu nemaju, naravno, šta da kažu, ali mi, teoretičari, moramo da se zamislimo nad ovim izvanrednim snimkom . . .«

D.K.

FIZIKA I . . .



NUKLEARNA MEDICINA

STEVAN SEKULIĆ (Novi Sad)

Današnje složeno društvo i ogromno znanje čine da je sve neophodnije »mešati« razne naučne discipline. Jedna nova »mešavina« naučnih disciplina, koja u naše doba postaje sve značajnija u brizi za zdravlje, zove se *nuklearna medicina.* Nuklearna medicina ima zadatak da, pomoću znanja iz nuklearne fizike i medicine, ispituje poreklo i posledice bolesnih stanja čoveka.

Poznato vam je da nuklearna fizika proučava promene koje se dešavaju u jezgru atoma. Gotovo svaku promenu u jezgru atoma prati i emitovanje vrlo prodornih *gama-zraka.* Za većinu gama-zraka čovečije telo je potpuno prozirno. Zraci (inače iste prirode kao i svetlost) prolaze kroz telo kao što obična vidljiva svetlost prolazi kroz stakleni prozor. Zasada je još važno imati na umu da postoje stabilna i nestabilna jezgra atoma istog elementa. U prirodi su takvi atomi uvek pomešani.

Iako je čovečiji organizam vrlo sličan velikoj hemijskoj farici, on nije u stanju da prepozna koji je atom stabilan a koji nije, već samo da li je to vodonik ili kiseonik, na primer. Tu »slabu tačku« organizma i koristi nuklearna medicina.

Nestabilna jezgra se stalno raspadaju emitujući gama-zrake koje je van tela moguće »uhvatiti«. Potrebno je, dakle, ubaciti u organizam »špijuna koji na leđima ima fenjer za koji ne zna« i pogodnim *detektorom* pratiti njegovo kretanje. Ma kojim putem se kretali, nestabilni atomi se raspadaju i daju znake o tome koliko ih gde ima, kojom brzinom se kreću i slično. Danas su detektori gama-zraka dovoljno osetljivi da je moguće pacijentu dati izuzetno male količine preparata, tako da ih njegov organizam ne može »prepoznati«, a da se ipak dobiju dovoljno tačni rezultati korisni za ispravno lečenje.

Nekoliko primera će najbolje ilustrovati od koliko je praktične vrednosti za medicinu korišćenje nuklearnomedicinskih metoda u otkrivanju i praćenju bolesti. Jod je, kao elemenat, izuzetno važan u izgradnji i radu nekih hormona koji se stvaraju u štitnoj žlezdi (ona se nalazi na vratu čoveka i njenim hormonima reguliše se promet materija u organizmu). Poremećaj rada štitne žlezde izaziva velike smetnje. Da bi se bolest lečila potrebno je ustanoviti njenu tačnu prirodu, a jedan od metoda je i određivanje u kojoj meri organizam koristi jod za stvaranje hormona. Kako se jod u organizmu koristi i sakuplja samo u štitnoj žlezdi, za ispitivanje se uzima nestabilan (radioaktivni) jod. Pacijentu se da da popije određenu količinu radioaktivnog joda. Zatim mu se posle 3 i posle 24 časa postavi detektor naspram štitne žlezde. (Navedena vremena su se pokazala kao najpogodnija iz medicinskih razloga.) Detektorom se odredi koliki se procenat od date doze nalazi još u žlezdi. Za razne bolesti su te vrednosti različite. Tako je jednostavnim nuklearnomedicinskim metodom moguće zaviriti u najskrivenije tajne stvaranja hormona u organizmu.

Drugi interesantan primer je način određivanja zapremine krvi u čovečijem telu. Često je od izuzetne važnosti hitno i tačno znati zapreminu krvi. Metod se sastoji u sledećem. Od pacijenta se uzme desetak mililitara krvi i iz nje se na uobičajen jednostavan način izdvoje eritrociti (crvena krvna zrnca). Eritrocitima se doda neki radioaktivni izotop u takvom hemijskom obliku da se čvrsto veže za njih. Zatim se sve to vrati u fiziološki rastvor do one zapremine koja je prethodno izvađena pacijentu. Time su eritrociti *radioaktivno obeleženi.* Tačno određena zapremina se vrati pacijentu u krvotok. Od ostatka, opet pažljivo mereći, načini se standard iz koga se određuje aktivnost koja je saopštena pacijentu. Posle desetak minuta ponovo se vadi pet mililitara krvi i zajedno sa standardom meri detektorom. Na osnovu razblaženja radioaktivnosti može se veoma pouzdano odrediti zapremina krvi. Metod je potpuno bezopasan za pacijenta.

Postoji još čitava klasa metoda koji se koriste u nuklearnoj medicini, a zajedničko im je da se sve operacije sa izotopima obavljaju u epruvetama, u laboratoriji, koristeći od pacijenta samo nekoliko mililitara krvi ili urina. To su, naime, tzv. *radioimunološki metodi* (RIA testovi). Služe za određivanje i najmanje količine hormona u krvi ili urinu. Ideja se sastoji u sledećem. Hormoni su složene belančevine i za svaki pojedini postoji tzv. antitelo. Ako se iz krvi, na primer, izdvoje eritrociti, u tečnosti koja preostaje nalaze se i hormoni. Dodavanje određene količine hormona,

obeleženih radioaktivnim izotopom, dovodi do obrazovanja aktivne grupe sa antitelom. Obeleženi hormoni i oni neobeleženi, iz prvobitne tečnosti, zapravo se „takmiče«« u formiranju aktivnih grupa: ako pacijent ima manje hormona, vezaće se više aktivnih, i obrnuto. Pogodnim metodama se izdvoji kompleks koji je aktivan i meri. Na taj način moguće je određivati i izuzetno male količine hormona koje nisu merljive ni jednim drugim metodom.

Pokušali smo sa samo nekoliko primera da dočaramo kako, koristeći znanja stečena u dve naizgled nezavisne naučne discipline, nuklearnoj fizici i medicini, možemo u svakodnevnom životu pomoći čoveku. Veze različitih disciplina, pored toga, rađaju i nove nauke. Nuklearna medicina se veoma brzo razvija i zbog složenosti opreme i metoda zahteva rad čitavog tima stručnjaka. Tako se već i kod nas u nuklearnomedicinskim laboratorijama nalaze, radeći na istom poslu, lekari, fizičari, elektroničari, matematičari, hemičari, biolozi . . .

Krajem prošlog veka, preciznije novembra 1895. godine, *V.K. Rentgen* (*Rontgen*) je otkrio X-zrake. To je svakako jedno od najsenzacionalnijih otkrića u istoriji fizike: Slike kostura ostavljale su snažan utisak. Ljudi se u stanovima nisu osećali sigurno. Verovalo se da će kompletna ljudska unutrašnjost, zajedno sa mislima i osećanjima, biti razotkrivena. Devojačka stidljivost je bila ugrožena. . . . Otkriće su dalje, razume se, iskoristili fizičari, a raspoloženje javnosti jedan londonski trgovac: počeo je da prodaje rublje koje »štiti« od X-zraka.

D.K

OPASNOST OD UGLJEN--DILKSIDA

SVETOZAR BOŽIN (Beograd)

Vazdušni omotač naše planete, atmosfera, sastoji se od azota, kiseonika, argona, ugljen-dioksida i nekih drugih gasova. Najviše je azota i kiseonika: oni sačinjavaju gotovo 99% atmosfere. Ugljen-dioksida ima relativno malo — oko hiljadu puta manje nego kiseonika. Ali, svakim danom ga je sve više i više u atmosferi i uslovi za život na Zemlji mogu, zbog toga, bitno da se promene. Usled čega se povećava količina ovog gasa u vazduhu i kakve promene to može da izazove?

Ugljen-dioksid nastaje u raznim procesima: sagorevanjem uglja, nafte, drveta i ostalih goriva, raspadanjem organskih materijala, disanjem i dr. Međutim, najznačajniji »izvor« ovoga gasa na našoj planeti je sagorevanje uglja, nafte, benzina . . . Potrošnja goriva raste iz decenije u deceniju sve brže i brže, jer se potrebe za energijom stalno povećavaju. U korak sa tom potrošnjom ide i povećanje količine ugljen-dioksida u vazduhu: u poslednjih 125 godina ta se količina povećala za 14%. Međutim, četvrtina toga porasta nastala je u protekloj deceniji. Proračuni pokazuju da, ukoliko se nastavi sa ovako velikom potrošnjom goriva, količina ugljen--dioksida u atmosferi može da se udvostruči kroz 60 godina. I sve to uprkos postojanju i takvih prirodnih procesa kojima se ovaj gas otstranjuje iz atmosfere (fotosinteza u biljkama, prelazak ugljen-dioksida iz vazduha u vode mora i okeana i dr.)! U ovom slučaju čovek je poremetio prirodnu ravnotežu, ali je, izgleda na vreme, uočio moguće nezgodne posledice.

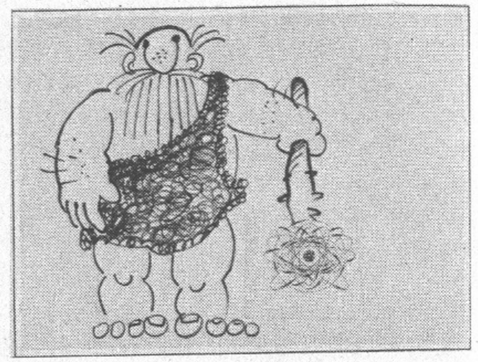
Koje su to posledice? Odavno je poznato da je ugljen-dioksid opasan za živa bića. Ako ga ima mnogo u vazduhu koji udišemo, dolazi do ozbiljnih oštećenja organizma, koja mogu da se završe kobno. Ali, ovde je reč o nečem drugom. Taj gas, bez mirisa i bez boje, ima jednu fizičku osobinu zbog koje njegovo nagomilavanje u atmosferi može da prouzrokuje povišenje temperature na Zemlji.

Evo o čemu se radi. Ugljen--dioksid je providan — propušta vidljivo elektromagnetno zračenje, svetlost. Međutim, »neproziran« je za infracrveno zračenje, jer ga u velikoj meri apsorbuje (»upija«). Ponaša se slično običnom prozorskom staklu, koje se, zbog te svoje osobine, koristi i za »zimske bašte« — staklene leje.

Kroz atmosferu i njen ugljen--dioksid svetlost sa Sunca prodire do Zemlje i zagreva njenu površinu. Ali Zemlja, kao i svako drugo zagrejano telo, takođe zrači. Ovo zračenje je iste prirode, elektromagnetne, kao i svetlost, ali nije vidljivo; radi se o infracrvenom zračenju. (vidljivo elektromagnetno zračenje, svetlost, čvrsta tela emituju samo ako im je temperatura iznad 500°C.) Emitovanjem infracrvenog zračenja Zemlja se hladi. Atmosferski ugljen-dioksid, međutim, apsorbuje ovo zračenje sa Zemlje usled čega se zagreva. Tako ovaj gas ometa hlađenje naše planete i to utoliko više što ga više ima u atmosferi. Temperatura na Zemlji, znači, zavisi i od toga koliko ugljen-dioksida ima u vazduhu. Procene pokazuju da se pri udvostručenju količine ovoga gasa u atmosferi, temperatura na Zemlji povisi za 3°C. Ali, ovo povišenje temperature nije isto na svim delovima naše planete: najmanje je u okolini ekvatora, a najveće je u polarnim oblastima, gde bi iznosilo oko 10°C.

Šta bi sve moglo da se desi usled povišenja temperature na Zemlji, možemo donekle i sami da predstavimo. Setimo se, na primer, ogromnih količina »večitog« leda i snega koji se nalaze u polarnim oblastima . . . Jasno je da se nešto mora preduzeti kako bi se sprečilo dalje nagomilavanje ugljen-dioksida u atmosferi. Kako to da se postigne? Jedno rešenje je da se nađu novi moćni izvori energije, kako bi se omogućila manja potrošnja goriva. Na tome problemu rade već godinama i mnogi fizičari. Ali, traže se i druga rešenja i sve više fizičara počinje da učestvuje i u ovakvim istraživanjima.

IZ ISTORIJE



KAKO JE OTKRIVEN NEUTRINO?

LJUBO RISTOVSKI (Beograd)

Jedna od najvećih zagonetki fizike 20. veka bila je sićušna neutralna čestica neutrino. Priča o neutrinu počinje 1914. godine. Te godine vršena su eksperimentalna ispitivanja β-zraka, a rezultati tih ispitivanja bili su više nego neočekivani.

Da β-zrake čine elektroni mogli ste da pročitate u članku »Prirodna radioaktivnost i transmutacije elemenata«. Teorijska analiza β-raspada pokazala je da svi elektroni koji se izrače iz jednog β-radioaktivnog jezgra moraju imati istu energiju. To je nešto u šta se uopšte nije sumnjalo. Razlog je više nego razumljiv. Takav zaključak sledio je iz zakona održanja energije u koga niko nije sumnjao. Ali, eksperimenti koje smo spomenuli doveli su do začuđujućih rezultata! Oni su nedvosmisleno pokazivali da elektroni koji čine β-zrake ne samo da nemaju istu energiju, nego mogu da imaju bilo koju energiju koja je manja od one koju bi trebalo da imaju. Elektroni imaju, kako to fizičari kažu, neprekidan spektar energija. To je bio rezultat koji je iz temelja uzdrmao fiziku. Kako i ne bi kad je negirao važenje zakona održanje energije. U sve je moglo da se sumnja ali u taj zakon ne. Međutim, šta je tu je. Svaki zakon je zakon dok se ne pokaže da to nije. Pošto nije bilo razloga da se sumnja u tačnost eksperimentalnih rezultata, mnogi fizičari su zaključili da zakon održanja energije ne važi u mikrosvetu, to jest u svetu jezgra i atoma! Tačnije, on ne važi ako se primeni na emisiju jednog elektrona iz jezgra, ali važi ako se primeni na veliki broj emitovanih elektrona.

Neprekidnost spektra energija β-zraka nije bio jedini problem koji je trebalo rešiti da bi β-raspad bio objašnjen. Postojao je još jedan ne manje važan problem. Naime, dvadesetih godina ovog veka fizičari su znali smo dve elementarne čestice: proton i elektron. Verovalo se da je jezgro sastavljeno od jednakog broja protona i elektrona. U procesu β-raspada, u skladu sa usvojenom slikom jezgra, elektroni napuštaju jezgro. Međutim, elektroni su veoma brzo izbačeni iz jezgra. I teorijski proračuni i eksperimentalni rezultati su pokazali da elektronu nema mesta u jezgru. Ovo je još više iskomplikovalo ionako komplikovanu situaciju. Nepobitno je utvrđeno da je β-raspad emisija elektrona iz jezgra, a sa druge strane njih u jezgru nema. Čudna i na prvi pogled neshvatljiva situacija!

Pauli, koji je svakako jedan od najvećih teorijskih fizičara 20. veka, verovao je da se oba problema mogu rešiti na jedinstven način. To je verovao ali u nešto je bio potpuno siguran. Nikad nije posumnjao u važenje zakona održanja energije. I ne samo to; bio je ubeđen da se pri rešavanju tih problema mora poći od ovog zakona. Tako je i učinio. Pošavši od činjenice da zakon o održanju energije mora da važi, teorijskim putem je zaključio da u procesu β--raspada sa svakim elektronom iz jezgra izleće i jedna neutralna čestica. Elektron deli se tom česticom energiju koju bi, prema ranijim proračunima, morao da ima. Brzina elektrona zavisi od toga koji je deo energije njemu »pripao« Pošto je zaključio da takva čestica mora da postoji, Pauli je „na neviđeno" počeo da ispituje njene osobine. Odredio je kolika treba da je masa te čestice da bi mogla da bude »ugrađena u jezgro. Dobio je da je ona približno jednaka masi protona. Taj rezultat ga nije obradovao!? Razlog je jednostavan. Ako se u procesu β-raspada sa svakim elektronom emituje tako »masivna« čestica, onda bi β-raspad dovodio do znatnog smanjenja mase jezgra. To nije bilo tačno; masa jezgra se neznatno menja.

Osnovni cilj Paulija je bio, da se tako izrazimo, da »spasi« zakon održanja energije. Iako nije uspeo da svoju neutralnu česticu ugradi u jezgro on se nje nije odrekao. Ne sumnjajući da sa svakim elektronom iz jezgra mora da izleti i takva čestica nastavio je svoj rad. Tako je 4 decembra 1930. godine i teorijski obrazložio neophodnost uvođenja neutralne čestice zanemarljivo male mase u teoriju β-raspada. Odredio je još neka njena svojstva, o kojima ovde nećemo govoriti. On je tu česticu nazvao neutron. Međutim veliki italijanski fizičar Enriko Fermi predložio mu je 1931. godine ime neutrino, što na italijanskom znači mala neutralna čestica-neutrinčić. Pauli je to prihvatio.

Ni sam Pauli nije bio ubeđen da će biti eksperimentalno potvrđeno postojanje neutrina, ali su mnogi teorijski rezultati potvrđivali njegovu tvrdnju da taj čudni neutrino postoji. Pokazano je da mora da postoji i njegova antičestica-antineutrino.

Interesantno je pomenuti da je Pauli bio veoma blizu rešenju problema emisije elektrona iz jezgra. Ona teška neutralna čestica koje se odrekao, bolje rečeno prestao da o njoj razmišlja, je neutron koji je sastavni deo jezgra. Otkriven je 1932. godine. Prilikom zračenja iz jezgra neutron se raspada na elektron, proton i neutrino. Elektron i neutrino napuštaju jezgro, a proton ostaje u njemu.

Bilo je potrebno punih 25 godina, računajući od godine kada je predviđeno postojanje neutrina, da bi se dobili prve eksperimentalne potvrde postojanja neutrina. Uzrok tome su svojstva neutrina. On je neutralan, ima masu mirovanja jednaku nuli i veoma slabo interaguje sa materijom, što su teorijski pokazali Fermi i Pauli. Neutrino učestvuje samo u procesima koji su praćeni tzv. slabim interakcijama, koje je prvi uveo Fermi vršeći teorijsku analizu β-raspada. Interesantno je pomenuti da neutrino prolazi kroz celu zemljinu kuglu isto tako lako kao i svetlost kroz optičko staklo. Znači, prozračnost zemljine kugle za neutrine jednaka je prozračnosti optičkog stakla za svetlost. Dalje, ako se na put svetlosnih fotona postavi olovna pločica debljine oko 3 mm, onda će sigurno doći do interakcije fotona sa bar jednim atomskim jezgrom. Ali da bi neutrino interagovao sa bar jednim atomskim jezgrom treba da se na njegov put postavi olovna »stena« debljine 50 svetlosnih godina.

Posle petogodišnjih priprema, 1956. godine u Los Alamosu u S.A.D. postavljen je eksperimentalni uređaj kojim je po prvi put registrovano postojanje neutrina. Duboko u zemlju bila je ukopana komora čiji su zidovi biii napravljeni od olova i parafina. Bili su tako debeli da u komoru nije mogla da prodre nijedna dotle poznata čestica, sem neutrina naravno. U komori se nalazilo 400 litara vode i oko 5000 litara jedne scintilirajuće tečnosti. To je tečnost koja svetli kada kroz nju prolaze γ-zraci. Cilj je bio da se pomoću te tečnosti registruje stvaranje neutrina i antičestice elektrona-pozitrona koji nastaju kao rezultat interakcije antineutrina sa protonom molekula vode. U suštini ovim eksperimentom je bilo dokazano postojanje antineutrina, ali ako on postoji onda mora da postoji i neutrino.

Mi praktično ništa nismo rekli o svojstvima neutrina. Koliko je ta čestica interesantna pokazuje i činjenica da postoji »neutrinska fizika« kao deo fizike visokih energija.

GALAKSIJA

Časopis za popularizaciju nauke

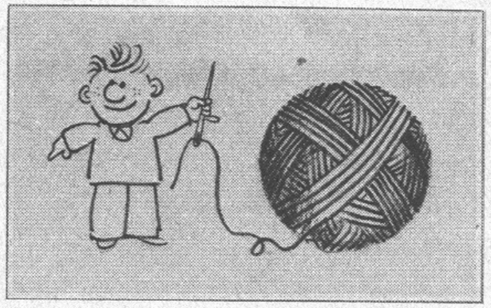
»*Galaksija*« je jedinstven jugoslovenski list za popularizaciju nauke i tehnike. Prvi broj izašao je 15. 3. 1972. godine, a tokom sedam godina postojanja okupio je vernu čitalačku publiku i stekao veliki ugled u društvu. To je postignuto odgovornim i iscrpnim obaveštavanjem čitalaca o najnovijim naučnim i tehničkim dostignućima kod nas i u svetu, popularnom obradom tema i izvanrednom tehničkom opremom.

U svakom broju »*Galaksija*« donosi na sedam strana i specijalni blok za učenike i nastavnike »*Nauka i mladi*«. U ovom bloku »Galaksija« prati aktivnosti mladih istraživača i pripadnika pokreta »Nauku mladima«, donosi portrete najuspešnijih mladih naučnih stvaralaca (učenika), objavljuje njihove istraživačke radove, daje konkretno upustva za istraživački rad, objavljuje zanimljive eksperimente iz fizike, hemije i biologije koji uvode mlade u najaktuelnija istraživanja u ovim disciplinama, objavljuje naučni strip itd. Pored toga, »*Galaksija*« najizrazitijim mladim naučnim stvaraocima dodeljuje nagradne stipendije.

Sa svojih 100 strana, od čega 36 u boji, »*Galaksija*« je svakom učeniku dragoceni vodič u svetu najnovijih naučnih i tehničkih saznanja, ali i korsna nadopuna onome što uče u školi. To se, pre svega, odnosi na feljtone o domaćim i stranim velikanima nauke (Mihailo Petrović Alas, Marin Getaldić, Milutin Milanković, Albert Ajnštajn, uskoro Mihailo Pupin itd), blok tema iz astronomije, postera zvezdanog neba, zatim teme iz fizike, hemije, biologije, matematike i svih oblasti nauke koje ovde nisu pomenute.

Pretplata na »*Galaksiju*« može se izvršiti na šest meseci (120 d) ili godinu dana (240 d), ako se zainteresovani obrate pismom ili dopisnicom redakciji: »GALAKSIJA—BIGZ«, 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17.

ZADACI



ODABRANI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

53. Da bi se sanke kretale stalnom brzinom po horizontalnom putu potrebno je da se vuku silom od 98,1 N. Ako je masa sanki sa teretom 100 kg, odrediti koeficijent trenja između sanki i snega.

54. Gustine dvaju tela odnose se kao 2 : 1 a zapremine kao 8 : 3. Naći odnos težina ovih tela.

B) Za učenike VII razreda

55. *U kom slučaju će se voda u posudi više zagrejati: ako se u njoj hladi zagrejani kamen ili komad metala iste zapremine? Kamen i metal zagrejani su do iste temperature. Specifične toplote kamena i metala odnose se kao* 2 : 1 *a gustine kao* 3 : 13.

56. *U sud koji sadrži* 2,35 *kg vode pri temperaturi* 20°C *stavi se komad kalaja, zagrejanog do* 230°C. *Temperatura vode povisi se za* 15°C. *Odrediti masu kalaja. Specifična toplota kalaja iznosi* 250 *J/kg* °C.

C) Za učenike VIII razreda

57. *Brzina prostiranja svetlosti u vodi iznosi približno* $226000\frac{\text{km}}{s}$. *Odrediti indeks prelamanja svetlosti za vodu.*

58. *Da li brzina prostiranja svetlosnih talasa zavisi od: a) frekvence b) talasne dužine. Obrazložiti odgovor.*

KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

80. *Ako je zapremina meteorološkog balona na normalnom atmosferskom pritisku* 100 m^3, *odrediti za koliko se promenila zapremina balona kada atmosferski pritisak opadne za* 30 *mm živinog stuba. Smatrati da je temperatura stalna.*

81. *Da bi se telo kretalo stalnom brzinom po horizontalnoj dasci potrebna je tri puta veća sila od težine tela. Odrediti, kolikom silom treba delovati na telo da bi se kretalo stalnom brzinom i u slučaju kada jedan kraj daske podignemo za* 1 *m. Dužina daske je* 10 *m a masa tela* 10 *kg.*

82. *U jednoj čaši nalazi se voda a u drugoj tečnost nepoznate gustine. U obe čaše vertikalno se postave staklene cevi koje su gornjim krajevima međusobno spojene, tako da se pomoću slavine, koja je postavljena na njihovom vrhu, jednovremeno može izvlačiti vazduh iz obe cevi. Kada se preko slavine iz obe cevi delimično izvuče vazduh, voda se u cevi podigne na visinu od* 100 *cm u odnosu na nivo vode u čaši a tečnost nepoznate gustine na visinu od* 85 *cm u odnosu na njen nivo u čaši. Odrediti gustinu date tečnosti.*

B) Za učenike VII razreda

83. *Mašina snage* 10 *kW hladi se vodom čija je temperatura na ulazu u hladnjak* 20°C *a na izlazu* 50°C. *Koliko litara vode u jednoj sekundi treba da protiče kroz hladnjak ako je stepen korisnog dejstva mašine* 80%?

84. *Da bi se odredila temperatura neke peći zagreje se u njoj čelična kugla mase* 0,30 *kg, a zatim ohladi u vodi mase* 1,27 *kg na temperaturi* 15°C, *koja se nalazi u bakarnoj posudi mase* 0,20 *kg. Temperatura vode povisi se do* 30°C. *Odrediti temperaturu peći. Specifična toplota čelika iznosi* $460\frac{J}{kg\,°C}$ *a bakra* $380\frac{J}{kg°\,C}$.

85. *Metak mase* 20 *g udari brzinom* 500 *m/s o učvršćenu gvozdenu ploču mase* 1 *kg. Odrediti temperaturu ploče zajedno sa metkom, ako je temperatura metka i ploče pre sudara bila* 20°C. *Specifična toplota materijala od koga je napravljen metak iznosi* $120\frac{J}{kg\,°C}$ *a gvožđa* $460\frac{J}{kg\,°C}$.

C) Za učenike VIII razreda

86. *Frekvenca radio talasa koje emituje radio stanica iznosi* 10 *MHz. Imamo detektorski prijemnik koji prima radio talase u intervalu talasnih dužina od* 200 do 1000 *m. Da li ovakvim prijemnikom možemo primiti program prethodne radio stanice?*

87. *Odrediti brzinu prostiranja talasa u jezeru ako je period oscilovanja čamca, na površini vode,* 4 *s a rastojanje među najbližim uzvišenjima talasa* 6 *m.*

88. *Od svetlosnog izvora jednovremeno se emituju dva svetlosna signala. Jedan od njih prolazi kroz vodu debljine* 3 *km i indeksa prelamanja* 1,33, *a drugi kroz vazduh iste debljine. Koji će signal pre stići do posmatrača. Odrediti vremenski razmak u prijemu signala.*

(Zadatke pripremio *Aleksandar Srećković*)

NAGRADNI ZADATAK BROJ 9.

Ako se elektron ozrači elektromagnetnim talasom, onda će doći do promene njegove energije (brzine) usled dejstva električnog polja talasa. Međutim, elektromagnetni talas talasne dužine λ *može da se posmatra i kao skup istih čestica-fotona energije* $\frac{h}{\lambda}$ *i impulsa* $\frac{hc}{\lambda}$, *gde je c brzina svetlosti a h Plankova konstanta. U tom slučaju promena energije elektrona se može objasniti apsorpcijom fotona. Postavlja se pitanje da li elektron može u potpunosti da apsorbuje foton, to jest da li se u rezultatu interakcije jednog fotona sa jednim elektronom može dobiti samo elektron promenjene energije. Pretpostavimo da je to moguće, i uzmimo da foton energije* $E_F = h\frac{h}{\lambda}$ *i impulsa* $P_0 = \frac{h}{\lambda}$ *naleće na elektron koji miruje. Odredite brzinu elektrona posle sudara, odnosno posle potpune apsorpcije fotona. Elektron koji miruje ima energiju* $E_0 = m_0 o^2$ (m_0 — *masa mirovanja elektrona*), *a elektron koji se kreće brzinom v impuls* $P_e = mv$ *i energiju* $E_e = mc^2$ *gde je* $m = \frac{m_0 c}{\sqrt{v^2 - c^2}}$.

Napomena: Rešenje i opis odgovarajućeg misaonog eksperimenta pošaljite na adresu Matematički list (nagradni zadatak iz fizike), p.p. 728, 11001 Beograd. Na samom radu ispišite svoje ime i prezime, razred, naziv škole, svoju adresu i ime i prezime svog nastavnika fizike. Rezultat, pošaljite najkasnije do 15. VI 1979. godine. Za tačno rešenje ovog zadatka biće nagrađeno 10 učenika. Po potrebi odlučiće žreb.
Rešenja svih zadataka iz ovog broja biće objavljena u sledećem broju Mladog fizičara.

UPUTSTVA ZA REŠAVANJE KONKURSNIH ZADATAKA

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

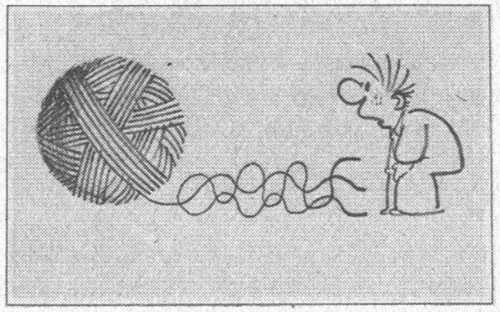
Svako rešenje (s rednim brojem zadataka i tekstom) treba obrazložiti na jednoj strani lista hartije. Rešenje treba čitko potpisati punim prezimenom i imenom navodeći razred, školu, mesto i svoju adresu. Navedite i ime prezime svog nastavnika fizike.

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

Rešenja zadataka iz ovog broja pošaljite običnom poštom najkasnije do 15. VI 1979. godine na sledeću adresu:

Matematički list
(Konkursni zadaci iz fizike)
p. p. 728
11001 Beograd

TEST



A) Za učenike VI razreda

1. Veća stišljivost gasova u odnosu na tečnosti je posledica
   a) slabih međumolekulskih interakcija u gasu.
   b) okolnosti da gasovi nemaju slobodnu površinu.
   c) haotičnog kretanja molekula gasa.

2. Ako je privlačna sila između molekula suda i molekula tečnosti slabija od privlačne sile između molekula tečnosti, tečnost
   a) kvasi zidove suda. b) ne kvasi zidove suda.

3. Hidrostatički pritisak ne zavisi od
   a) visine tečnog stuba. b) geografske širine.
   c) gustine tečnosti. d) količine tečnosti u sudu.

4. Na Paskalovom zakonu nije zasnovana konstrukcija
   a) hidraulične prese.
   b) kočionog sistema automobila.
   c) kugličnih ležajeva.
   d) lekarskog šprica (injekcije).

5. Sila potiska je usmerena
   a) uvek vertikalno naviše.
   b) uvek vertikalno naniže.
   c) vertikalno naviše ili vertikalno naniže, u zavisnosti da li telo tone ili isplivava.

6. Jedinica za potisak u Međunarodnom sistemu (SI) se izražava preko osnovnih jedinica tog sistema na sledeći način:
   a) $\frac{kgm}{s^2}$. b) $\frac{kgm^2}{s^2}$. c) $\frac{kg}{s^2\,m}$. d) $\frac{kg}{s^2\,m^2}$.

7. Promena atmosferskog pritiska sa nadmorskom visinom prikazuje se
   a) pravom linijom. b) krivom linijom.

8. Voda bi, za razliku od žive, bila nepovoljna za realizaciju Toričelijevog ogleda
   a) zbog njene relativno male gustine.
   b) zbog toga što kvasi zidove suda.
   c) zbog njenog relativno uskog temperaturskog intervala između tačaka mržnjenja i ključanja.

9. Čvrst predmet će najmanje izgubiti na težini ako je potopljen
   a) u živu. b) u benzin. c) u vodu.

10. Atmosferski pritisak sa porastom temperature i nepromenjenim drugim uslovima
    a) raste. b) ne menja se. c) opada.

B) *Za učenike VII razreda*

1. Gustina vode je najveća na temperaturi
   a) 273 K. b) 277 K. c) 373 K.

2. Odnos između Celzijusovog stepena i kelvina definisan je relacijom
   a) $1°C > 1\,K$. b) $1°C = 1\,K$. c) $1°C < 1\,K$.

3. Jedinica za toplotu u Međunarodnom sistemu (SI) je
   a) kalorija (cal). b) kelvin (K). c) džul (J).

4. Izotermni procesi su oni koji se odvijaju pri stalnoj temperaturi. Izotermni proces nije
   a) isparavanje. b) ključanje.
   c) topljenje. d) očvršćavanje.

5. Direktan prelaz čvrstog u gasovito agregatno stanje je
   a) topljenje. b) kondenzovanje.
   c) sublimacija. d) ključanje.

6. Ako se pritisak poveća od 1 do 2 atmosfere, temperatura ključanja vode će porasti za 20°C. Ako se pritisak poveća od 8 do 10 atmosfera, temperatura ključanja vode će porasti za
   a) manji iznos. b) veći iznos. c) isti iznos.

7. Temperatura tela je mera
   a) kinetičke energije njegovih molekula.
   b) njegove elastičnosti.
   c) mase njegovih molekula.

8. Energija koju je potrebno saopštiti gramu vode da bi mu se temperatura povisila za 1°C odgovara potencijalnoj energiji toga tela na visini od oko
   a) 420 m. b) 840 m. c) 210 m.

9. Tela se ne hlade
   a) isparavanjem. b) zračenjem. c) očvršćavanjem.

10. Letilica sa raketnim motorom, za razliku od letilice sa mlaznim motorom, može da leti
    a) samo u području Zemljine atmosfere.
    b) samo van područja Zemljine atmosfere.
    c) i u području Zemljine atmosfere i van njega.

C) *Za učenike VIII razreda*

1. U uobičajenoj oznaci za atom ${}_ZX^A$ simbol A predstavlja
    a) broj protona i broj neutrona u jezgru atoma X.
    b) broj protona i broj elektrona atoma X.
    c) zbir čestica u jezgru atoma X umanjen za broj njegovih protona.
2. Najstabilnije složeno atomsko jezgro je
    a) ${}_{92}U^{239}$. b) ${}_2He^4$. c) ${}_1H^3$.
3. Najprodorniji su
    a) alfa-zraci. b) beta-zraci. c) gama-zraci.
4. U električnom polju najviše skreću
    a) alfa-zraci. b) beta-zraci. c) gama-zraci.
5. Za razliku od svetlosti, gama-zraci se ne vide jer
    a) imaju veću frekvencu.
    b) su elektroneutralni.
    c) imaju veću talasnu dužinu.
6. Osnovna razlika između X- i gama-zraka je u
    a) njihovom poreklu.
    b) njihovoj prirodi.
    c) njihovoj talasnoj dužini.
7. Prvi nuklearni detektor je bio
    a) Gajger-Milerov brojač. b) jonizaciona komora.
    c) fotoploča. d) Vilsonova komora.
8. Jedinica za aktivnost radioaktivnog izotopa u Međunarodnom sistemu (SI) je
    a) kelvin. b) kiri. c) bekerel.
9. Atomska jezgra se najpogodnije razbijaju
    a) brzim elektronima. b) sporim protonima.
    c) brzim neutronima. d) sporim elektronima.
    e) sporim neutronima. f) brzim protonima.
10. Kontrolisano oslobađanje nuklearne energije izvodi se
    a) jonizacionom komorom.
    b) atomskom bombom.
    c) nuklearnim reaktorom.

(Testove pripremio *Dušan Koledin*)

REŠENJA

71. Poluga o koju je okačen sigurnosni ventil biće u ravnoteži ukoliko je moment sile kojom para u kotlu deluje na donju površinu ventila jednak momentu sile težine tega. Dakle: $F \cdot \overline{AB} = mg\,\overline{AC}$. Kako je $\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC}$ iz uslova ravnoteže poluge dobijamo maksimalnu vrednost sile F kojom para deluje na ventil

$$F = mg\,\frac{\overline{AB} + \overline{BC}}{\overline{AB}} =$$

$$= 4\,\text{kg} \cdot 9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{0{,}80\,\text{m} + 0{,}20\,\text{m}}{0{,}20\,\text{m}} = 196{,}2\,N$$

Sada lako nalazimo i najveću vrednost pritiska pare u kotlu:

$$p = \frac{F}{s} = \frac{196{,}2\,N}{2{,}18\,\text{cm}^2} = 900\,000\,\frac{N}{\text{m}^2} =$$

$$= 0{,}9\,MP_a$$

Ukoliko je pritisak veći od 0,9 MPa ventil će se otvoriti i pritisak pare u kotlu pasti ispod njene maksimalne vrednosti. Ventil se ponovo zatvara, pritisak u kotlu raste do maksimalnog i tako naizmenično proces se ponavlja.

72. Ukoliko se živa pažljivo sipa, u trenutku kada nivo žive u spojenom sudu bude na visini H_1 vazduh u širem sudu će biti potpuno odvojen od okoline. Pri tome je zapremina vazduha $V_1 = S(H - H_1)$, gde je sa S označena površina poprečnog preseka zatvorenog suda. Pritisak vazduha u sudu, u tom momentu, jednak je atmosferskom pritisku $p = p_0$. Kada nivo žive u sudu bude na visini H_2 zapremina vazduha će biti $V_2 = S(H - H_2)$ a pritisak p_2 vazduha veći od atmosferskog. Kako je u slučaju zatvorenog gasa, pri stalnoj temperaturi, odnos pritisaka obrnuto srazmeran njegovim zapreminama (Bojl-Mariotov zakon), odnosno

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

sledi da u slučaju kada je površina poprečnog preseka suda stalna, odnos pritisaka zatvorenog vazduha obrnuto srazmeran visinama stuba vazduha

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{(H_0 - H_1)}{(H_0 - H_2)} = \frac{11\,\text{cm} - 1\,\text{cm}}{11\,\text{cm} - 6\,\text{cm}} = 2$$

Obzriom da je pritisak p_1 jednak atmosferskom pritisku p_0, dobijamo da je u slučaju kada je nivo žive u sudu na visini H_2, pritisak gasa u sudu dva puta veći od atmosferskog $p_2 = 2\,p_{20}$. Na nivou H_2 ovaj pritisak uravnotežava se zbirom spoljašnjeg atmosferskog pritiska i pritiska stuba žive u manometarskoj cevi visine h-H_2. Odnosno, $p_2 = 2\,p_0 = p_0 + p$ žive. Odavde sledi da je pritisak stuba žive u manometarskoj cevi p, visine h—H_2 jednak atmosferskom pritisku $p = p_0$. Kako je atmosferski pritisak jednak hidrostatičkom pritisku živinog stuba, visine 76 cm, sledi da je h—H_2 = = 76 cm. Konačno, dobijamo da pri visini $h = H_2 + 76\,\text{cm} = 6\,\text{cm} + 76\,\text{cm} = 82\,\text{cm} =$ = 82 cm nivo žive u zatvorenom sudu će biti na visini H_2.

73. Razložimo silu težine tela Q na aktivnu komponentu F paralelnu strmoj ravni i pasivnu komponentu F_p normalnu na strmu ravan. Iz grafičke konstrukcije može se zapaziti da vektori aktivne komponente i težine tela definišu katetu i hipotenuzu pravouglog trougla. S druge strane, visina i dužina strme ravni predstavljaju jednu od kateta, odnosno hipotenuzu drugog pravouglog trougla. Iz sličnosti ova dva trougla sledi da se aktivna komponenta težine odnosi prema ukupnoj težini kao visina strme ravni prema njenoj dužini

$$\frac{F_a}{Q} = \frac{h}{l}$$

Na osnovu ove relacije sledi da je aktivna komponenta težine jednaka proizvodu težine tela i odnosa visine prema dužini strme ravni.

$$F_a = Q \cdot \frac{h}{l} = mg\,\frac{h}{l} =$$

$$= 100\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{10} = 98{,}1\,N$$

Ukoliko na valjak ne bi delovale druge sile on bi se kretao niz strmu ravan. Da bi valjak bio u stanju mirovanja na strmoj ravni nasuprot aktivnoj komponenti težine mora delovati sila iste jačine $F = F_a =$ $= 98{,}1\,N$.

74. U trenutku prestanka dejstva aktivne sile telo je imalo kinetičku energiju $E_1 = \frac{mv^2}{2}$. Duž puta s na telo deluje sila

trenja u smeru suprotnom od smera kretanja. Obzirom da je podloga horizontalna sila trenja je upravo srazmerna težini tela $F_{tr}=kmg$. Do konačnog zaustavljanja tela sila trenja izvrši rad srazmeran dužini pređenog puta $A=F_{tr}\cdot S=kmg\,S$. Pri tome je došlo do promene u kinetičkoj energiji tela. za vrednost $E_2-E_1=-E_1=-\frac{mv^2}{2}$. Negativna promena odnosno opadanje vrednosti kinetičke energije tela jednaka je radu koji su izvršile sile trenja. Znači, $-(E_2-E_1)=A$, odnosno $\frac{mv^2}{2}=kmgS$. Konačno dobijamo da će se telo zaustaviti na putu

$$S=\frac{v^2}{2\,kg}=\frac{\left(20\,\frac{m}{s}\right)^2}{2\cdot 0{,}10\cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}=$$

$$=203{,}9\ m\simeq 204\ m.$$

75. Isto kao u zadatku 73. razložimo težinu tela na aktivnu komponentu F_a i pasivnu komponentu F_p. Automobil će se kretati niz brdo pod dejstvom aktivne komponente

$$F_a=mg\,\frac{h}{l}=$$

$$=1\,000\ kg\cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}\cdot\frac{4\,m}{100\,m}=392{,}4\ N$$

U suprotnom smeru od aktivne komponente deluju sile trenja F_{tr}. Da bi se automobil niz brdo kretao konstantnom brzinom u slučaju kada ne deluje sila vuče motora, sile trenja moraju biti istog intenziteta kao aktivna sila $F_{tr}=F_a=392{,}4\ N$. Da bi se automobil i pri kretanju uz brdo kretao konstantnom brzinom vektorski zbir svih sila koje na njega deluju mora biti jednak nuli, odnosno sila vuče motora Fv mora biti jednaka zbiru aktivne sile F_a i sile trenja F_{tr}:

$$F_v=F_a+F_{tr}=2\,F_{tr}=784{,}8\ N$$

Pri tome motor automobila da razvije snagu

$$P_v=\frac{A_v}{t}=\frac{F_v\cdot s}{t}=F_v\cdot v=$$

$$=784{,}8\ N\cdot 15\,\frac{m}{s}=11772\ m\approx 11{,}8\ kW.$$

Uslov da brzina kretanja automobila bude jednaka u oba slučaja neophodan je, jer sila otpora vazduha zavisi od brzine kretanja automobila. Pod silom trenja F_{tr} u zadatku podrazumevamo zbir svih sila trenja koje se javljaju pri kretanju automobila, kao i sile otpora vazduha. Ukoliko je brzina kretanja automobila u oba slučaja jednaka možemo smatratii da su u oba slučaja jednake i sile trenja.

76. Slično kao u zadacima 73. i 75. možemo zaključiti da ukoliko na valjak ne bi delovala sila paralelno strmoj ravni a upravljena prema njenom vrhu valjak bi se kretao niz strmu ravan pod dejstvom aktivne komponente $F_a=m_1\,q\,\frac{h}{l}$. Preko nepomičnog kotura K na valjak, koji u ovom slučaju ima ulogu i tereta i pomičnog kotura, deluje sila jednaka težini tega $Q=mg$. Kako je kod pomičnog kotura ravnoteža uspostavljena kada postoji jednakost sile i polovine tereta sledi, u ovom slučaju, da je $Q=F_a/2$. Konačno, dobijamo da teg mora imati masu

$$m_2=\frac{1}{2}\,m_1\,\frac{h}{l}=\frac{1}{2}\,100\ kg\cdot\frac{1}{5}=10\ kg$$

da bi se valjak podigao uz strmu ravan.

77. Da bi sijalica svetlela istim sjajem u oba slučaja mora trošiti istu snagu $P_{1s}=P_{2s}$. S druge strane, pri istoj snazi i sjaju jednaka je i temperatura niti sijalice $T_1=T_2$. Kako otpor niti sijalice zavisi od temperature, pri istoj temperaturi biće $R_1=R_2$. Dalje, kako je $P_1=P_2$ i $R_1=R_2$ sledi da je i napon na krajevima sijalice u oba slučaja jednak $U_{1s}=U_{2s}$. Ako sa U_r označimo pad napona na dodatnom otporu R, obzirom da je $U_{2s}=U_{1s}=U_1=110$ V, dobijamo $U_r=U_2-U_1=127$ V—110 V=17 V. S obzirom na jednakost snage i napona sijalice u oba slučaja sledi i jednakost struja $I_2=I_1=P_1/U_1=\frac{100\ w}{110\ V}=0{,}909$ A. Očigledno ova struja teče i kroz otpor R. Na osnovu Omovog zakona dobijamo da traženi otpor iznosi

$$R=\frac{U_r}{I_2}=\frac{17\,V}{0{,}909\,A}=18{,}7\ \Omega$$

78. Ukoliko se u strujno kolo sa izvorom jednosmerne struje veže kondenzator konstatovaće se da pri zatvaranju datog strujnog kola kroz granu kola u kojoj se nalazi kondenzator protekne električna struja, ali u vrlo kratkom vremenskom intervalu. Pri tome se kondenzator »napuni« određenom količinom elektriciteta, zavisno od kapaciteta kondenzatora i napona na njegovim krajevima. Posle toga, napunjen kondenzator pruža beskonačan otpor jednosmernoj struji. Pri rešavanju ovog zadatka, polazimo od toga da je kondenzator već napunjen i da, na osnovu predhodno rečenog, električna struja protiče samo kroz redno vezane otpore R_1 i R_2. Jačina električne struje iznosi, u ovom slučaju,

$$I=\frac{E}{R_1+R_2}=\frac{100\ V}{10\ \Omega+30\ \Omega}=1\ A$$

Napon na krajevima kondenzatora, obzirom na paralelnu vezu kondenzatora i otpora R_2, jednak je padu napona na otporu

$$Uc=R_2I=90\ \Omega\cdot 1\ A=90\ V.$$

Konačno, količina elektriciteta kojom se »napunio« kondenzator iznosi

$$q=CU_c=0{,}0005\ F\ \ 90\ V=0{,}045\ C.$$

79. Iz teksta zadatka sledi da je gubitak napona, odnosno pad napona u provodnicima $U_r=0{,}01\ U=0{,}01\cdot 100\,000\ V=1\,000\ V$. Pad napona na »potrošaču« iznosi $U_p=U-U_r=100000\ V-1000\ V=99000\ V$. Jačina struje koja protiče kroz otpor potrošača a u isto vreme i kroz bakarne provodnike iznosi

$$I=\frac{P}{U_p}=\frac{5.000{\cdot}000\ W}{99.000\ V}=50{,}5\ A$$

Na osnovu Omovog zakona sledi da je ukupan otpor provodnika

$$R=\frac{U_R}{I}=\frac{1\,000\ V}{50{,}5\ A}=19{,}8\ \Omega.$$

Kako je ukupna dužina provodnika dvostruko veća od udaljenosti potrošača od izvora napona $l=2\cdot 5\ km=10000\ m$!, na osnovu izraza

$$R=\rho\cdot\frac{l}{s}$$

sledi

$$S=\frac{\rho\cdot l}{R}=0{,}17\ \Omega\,\frac{mm^2}{m}\cdot\frac{10\,000\,m}{19{,}8\ \Omega}=$$

$$=8{,}6\ mm^2$$

Odgovori na zadatke pitanja iz broja 11 biće objavljeni u sledećem broju.

REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BROJ 8

Snaga koja se izdvaja na potrošaču kada je on priključen na samo jedan izvor elektromotorne sile jednaka je

$$P=J^2\cdot R \qquad (1)$$

gde je R otpor potrošača, a J je struja koja kroz njega protiče. Ta struja je jednaka (vidi sliku 1)

$$J=\frac{E}{R+r} \qquad (1a)$$

gde je E elektromotorna sila izvora, a r je unutrašnji otpor izvora.

Prema uslovu zadatka na potrošaču se izdvaja ista snaga i kada su izvori vezani paralelno i kada su oni vezani redno. Ako su izvori vezani paralelno, onda strujno kolo može da se predstavi kao na slici 2. Snaga koja se u tom slučaju izdvaja na potrošaču R jednaka je 80 W, a određena je jednačinom (1).

$$P_1=J_1^2\cdot R=80\ W \qquad (2)$$

Struja J_1 u ovom slučaju jednaka je

$$J_1=\frac{E-J_0\,r}{R}$$

$$J_0=\frac{J}{2}\qquad J_1=\frac{E}{R+\frac{1}{2}\,r}$$

Ako se ovo zameni u jednačinu (2) dobija se da je

$$P_1 = \left(\frac{E}{R+\frac{1}{2}r}\right)^2 \cdot R = 80\,\mathrm{W} \qquad (3)$$

Redno strujno kolo koje odgovara slučaju kada su izvori vezani redni predstavljeno je na slici 3. Sa slike se vidi da je struja koja protiče kroz potrošač R jednaka

$$J_2 = \frac{2E}{R+2r}$$

Odavde sledi da je snaga izdvojena na potrošaču u ovom slučaju jednaka (Prema uslovu zadatka ona iznosi takođe 80 W)

$$P_2 = J_2^2 \cdot R = \left(\frac{2E}{R+2r}\right) \cdot R = 80\,\mathrm{W} \qquad (4)$$

Iz jednačina (3) i (4) sledi da je

$$\left(\frac{E}{R+\frac{1}{2}r}\right)^2 = \left(\frac{2E}{R+2r}\right)^2$$

Odavde dobijamo da je

$$\frac{1}{R+\frac{1}{2}r} = \frac{1}{r+\frac{1}{2}R}$$

Ova jednakost je ispunjena ako je

$$r = R$$

Uzevši ovo u obzir iz jednačine (4) dobijamo da je

$$\left(\frac{2E}{R+2r}\right)^2 R = \left(\frac{2E}{3R}\right)^2 \cdot R = \frac{4E^2}{9R} = 80\,\mathrm{W};$$

$$\frac{E^2}{R} = 180\,\mathrm{W} \qquad (6)$$

Ako u jednačinu (1) zamenimo (1a) i uzmemo u obzir jednačine (5) i (6) dobijamo

$$P = J^2 R = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R = \left(\frac{E}{R+R}\right) R =$$

$$= \frac{E^2}{4R^2} \cdot R = \frac{E^2}{4R} = \frac{180}{4} = 45\,\mathrm{W}$$

Ovo je snaga koja se izdvaja na potrošaču kada je on vezan za jedan izvor elektromotorne sile.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ BR· 10· DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Karađorđe«, Topola, (nastavnik fizike: Milomir Mladenović i Živadinka Jevđić): Urošević Radisav, 68,69, 70; Reljić Marko, 68, 69, 70; Manojlović Dragan, 68, 69, 70; Blagojević Gordana, 68, 69, 70; Ristović Nataša, 63, 64; Mihailović Tatjana, 66, 67; Tanasković Aleksandar, 66,67; Jevđić Nataša, 66, 67; Ristić Nenad, 63, 64; Urošević Snežana, 64, 63; Vasiljević Biljana, 63, 46; Tanasijević Ljubiša, 63, 64; Jeftić Olivera, 63, 64; Gigić Bilana, 63,64; Pantić Dragan, 63, 64; Jevtić Vesna, 66, 67; Živanović Dragan, 66, 67.
2. OŠ »Gavrilo Princip«, Zemun: Živanović Olivera, 68, 69, 70; Matić Tatjana, 68, 69, 70; Dubroja Neda, 68, 69, 70; Mikić Goran, 68, 69, 70; Trifunović Petar, 68, 69, 70; Milenković Predrag, 68, 69, 70; Pavlović Vladimir, 68, 69, 70; Kablar Miloš, 68, 69, 70; Radivojević Milica, 68, 69, 70; Đurić Bilana, 68, 69, 70; Grbić Zdravko, 68, 69, 70; Bokun Snežana, 68, 69, 70.
3. OŠ „Sava Kovačević«, Beograd, (nastavnik fizike: Dragan Smiljević): Stanojević Mladen, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70; Živojinović Nikola, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70; Petrović Vladimir, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70; Rašković Dejan, 63, 64, 65; Pavlović Zoran, 68, 69, 70; Mišić Zoran, 64.
4. OŠ „Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci, (nastavnik fizike: Stanojko Milisavljević): Milisavljević Zoran, 68,70; Savić Dušica, 68, 69, 70; Jovčnović Sonja, 68, 69, 70; Ristović Gordana, 68, 70; Radmilac Slavica, 68, 70; Glišić Anđa, 68, 70; Adžemović Ljiljana, 69, 70; Srnić Vera, 69, 70; Majstorović Marina, 70, 68; Stajković Slobodan, 68, 70; Spasojević Momir, 68, 70; Nedović Ljiljana, 68; Radojičić Slobodanka, 70; Vidojević Zoran, 68; Mijatović Milica, 70.

5. OŠ »17. oktobar«, Svetozarevo (nastavnik fizike: Milun Mikić): Stakić Katarina, 63, 66, 67, 69, 70; Jevtić Ljiljana, 65, 66, 68, 69, 70; Đorđević Radmila, 66, 67.
6. OŠ »Midorag Čajetinac-Čajka«, Trstenik, (nastavnik fizike: Vojislav Lazarević): Marković Saša, 68, 69, 70, 64, 65, 66, 67; Milovanović Goran, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70; Krstanović Zlatan, 68, 69, 70; Kolaković Svetlapa, 68, 69, 70.
7. OŠ OŠ »Stevan Sinđelić«, Beograd, (nastavnik fizike: Harizanov Spas): Petrović Goran, 68, 69, 70; Stojić Zorica, 68, 69, 70; Todorović Boško, 68, 69, 70; Đorđević Nebojša, 68, 70; Ilić Ines, 69, 70.
8. OŠ »SVETOZAR MILETIĆ«, Zemun, (nastavnik fizike: Branislava Jovanović): Prtenjača Predrag, 68, 69, 70; Subašić Pero, 68, 69, 70; Drandarević Siniša, 68, 69, 70; Radovanović Marina, 68, 69, 70; Romanić Branislav, 68, 69, 70.
9. OŠ »Zenički partizanski odred«, Zenica, (nastavnik fizike: Živko Kojović): Pejić Milisav, 68, 69, 70; Čuruković Azra, 68, 69, 70; Medić Biljana, 68, 69, 70.
10. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac, (nastavnik fizike: Boško Milenković): Jovanović Tatjana, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70.
11. OŠ »Vuk Karadžić«, Beograd, (nastavnik fizike: Ljiljana Božović): Đorđević Kosta, 68, 69, 70; Prodanović Nada, 68, 69.
12. OŠ »Milan Ilić-Čiča«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Mila Milivojević): Biga Dragana, 70, 69; Tejić Jagoda, 69, 70; Radojević Bojana, 69, 70.
13. OŠ »22. decembar«, Gornji Krupac, (nastavnik fizike: Slobodan Mitić): Perić Goran, 68, 69, 70; Tošić Lela, 68, 69, 70.
14. OŠ »Braća Ribar«, Beograd, (nastavnik fizike: Branko Nahtigal): Miljković Nikola, 63, 64, 66, 68, 69, 70.
15. OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac, (nastavnik fizike Milorad Stefanović): Stefanović Snežana, 68, 69, 70; Žarković Sonja, 63.
16. OŠ »Đura Jakšić«, Ćuprija, (nastavnik fizike: Stana Tirnanić): Ivetić Lidija, 68, 70; Jovanović Lola, 68, 70.
17. OŠ »Nemanja Vlatković«, Donji Vakuf, (nastavnik fizike Ajša Ramljak): Lukić Darinka, 69, 70; Šišić Brankica, 69, 70.
18. OŠ »Vera Blagojević«, Banja Koviljača, (nastavnik fizike: Radovan Marković): Živanović Tomislav, 68, 69, 70.
19. OŠ »Branko Radičević«, Bor, (nastavnik fizike: Jevrosima Panić): Floranović Nebojša, 68, 69, 70.
20. OŠ »Branislav Nušić«, Beograd, (nastavnik fizike: Milica Tadić): Našić Milica, 68, 69, 70.
21. OŠ »Radoje Domanović«, Novi Beograd, (nastavnik fizike: Branko Komnenović): Stanković Miodrag, 68, 69, 70.
22. OŠ »Šumadijski partizani«, Aranđelovac, (nastavnik fizike: Vera Janković): Tomašević Mirjana, 68, 69, 70.
23. OŠ »Heroj Radmila Šišković«, Smederevska Palanka, (nastavnik fizike: Branko Ilić): Zlatevska Božana, 68, 69, 70.
24. OŠ »Kosta Trifković«, Novi Sad, (nastavnik fizike: Katica Prišić): Pavković Sanja, 68, 69, 70.
25. OŠ »Dimitrije Tucović«, Kraljevo, (nastavnik fizike: Dragana Milovanović): Prelić Goran, 68, 69, 70.
26. OŠ „Ivan Goran Kovačić«, Niška Banja, (nastavnik fizike: Gordana Milić): Elenkov Boban, 68, 69, 70.
27. OŠ »August Šenoa«, Zagreb, (nastavnik fizike: Milan Žugić): Mohler Dalibor, 65, 66, 67.
28. OŠ »Milan Mijalković«, Svetozarevo: Aleksić Časlav, 68, 69, 70.
29. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška, (nastavnik fizike: Milijana Kostić): Pokimica Jovica, 68, 70.
30. OŠ »Jovan J. Zmaj«, Raždaginja, (nastavnik fizike: Rada Bogovac): Gilić Derviš, 63, 64.

31. OŠ »Bratstvo i jedinstvo«, Sarajevo: Šlezinger Lea, 66, 67b.
32. Oš »Svetolik Ranković«, Aranđelovac (nastavnik fizike: Savka Kostić): Agatunović Snežana, 69, 70.
33. Oš »Branko Radičević«, Priboj, (nastavnik fizike: Savo Šćepanović): Savić Olivera; 69 a, b, 70.
34. OŠ »Žikica Jovanović Španac«, Valjevo, (nastavnik fizike: Jovanka Perić): Golubović Nataša, 68, 70.
35. OŠ »25. maj«, Svetozarevo, (nastavnik fizike: Dragica Đurđević): Milanović Dragan, 68, 69, 70.
36. OŠ »Jusuf Jakubović«, Tuzla; Latifagić Emina, 69, 70.
37. OŠ »Liria«, Tetovo, (nastavnik fizike: Luljeta Zegiri): Shpresa Jakupi, 69, 70.
38. OŠ »D. Obradović«, Kruševac, (nastavnik fizike: Mija Jovanović): Nikolić Snežana, 68, 70.
39. OŠ »Josip Pančić«, Boljevac na Ibru, (nastavnik fizike: Milan Zdravković): Dragojlović Milan, 68, 70.
40. OŠ »Vuk Karadžić«, Priboj na Limu, (nastavnik fizike: Vitomir Tomašević): Pucarević Radomir, 69, 70.
41. OŠ »22. decembar«, G. Krupac, (nastavnik fizike: Slobodan Matić): Vasić Dragana, 65; Stanković Snežana, 65.
42. OŠ »Karađorđe«, Beograd, (nastavnik fizike: Svetlana Milivojević): Đurišić Zoran, 63.
43. OŠ »Vasa Stajić«, Novi Sad, (nastavnik fizike: Matilda Huber): Budinski Ljupka, 68.
44. OŠ »Milan Munjas«, Ub: Matić Verica, 66.
45. OŠ »Pali borci«, Prnjavor: Šćepanović Predrag, 70.
46. OŠ »Ljubiša Maksić«, Bioska, (nastavnik fizike: Milijanka Milić): Ćosić Vladimir, 70.
47. OŠ »Josip Broz-Tito«, Novi Beograd, (nastavnik fizike: Ružica Jakovljević): Iričanin Branislav, 63.
48. OŠ „Slavko Stančić«, Sesv. Kraljevec, (nastavnik fizike: Ivan Borovec): Puretić Dražen, 68.
49. OŠ »Đura Jakšić«, Kragujevac, (nastavnik fizike: Milanka Radivojević): Matović Vujka, 70.

PRAVILNO REŠENJE NAGRADNOG ZADATKA BR. 7 DOSTAVILI SU:

1. OŠ »Braća Ribar«, Beograd, (nastavnik fizike: Branka Nahtigal): MIJALKOVIĆ NIKOLA.
2. OŠ »August Šenoa«, Zagreb, (nastavnik fizike: Milan Žugić): MOHLER DALIBOR.
3. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac, (nastavnik fizike: Boško Milenković): JOVANOVIĆ TATJANA.

REZULTATI KONKURSA ZA NAGRADNI ZADATAK BR. 6

Zadovoljavajuća rešenja ovog nagradnog zadatka dostavili su:

1. Lukšić Narda, OŠ »Nenad Ravlić«, Split (predmetni nastavnik Belopavlić Anita).
2. Kusurović Biljana, OŠ »Milna Munjas«, Ub (predmetni nastavnik Nedić Živka).
3. Branković Veselin, OŠ »Janko Veselinović«, Beograd
4. Vukićević Violeta, OŠ »Braća Jerković, Železnik (predmetni nastavnik Tomić Jezdimir).
5. Đorđević Goran, OŠ »Karađorđe«, Topola
6. Pušelj Snježana, OŠ »August Šenoa«, Zagreb (predmetni nastavnik Žugić Milan).
7. Đerković Goran, OŠ »Sestre Radović«, Belosavci (predmetni nastavnik Ivanović Vujica).
8. Milovanović Vojkan, OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac.
9. Matić Verica, OŠ »Milan Munjas«, Ub (predmetni nastavnik Nedić Živka)
10. Babić Mirko, OŠ »Jovan Popović«, Kikinda (predmetni nastavnik Santovac Milorad).
11. Ristić Nenad, OŠ »Karađorđe«, Topola
12. Ćurapov Dušan, OŠ »Vladislav Ribnikar«, Beograd (predmetni nastavnik Kozarac Ivanka).
13. Matić Milorad, OŠ »Milan Munjas«, Ub (predmetni nastavnik Nedić Živka).
14. Živanović Dragan, OŠ »Vožd Karađorđe«, Niš (predmetni nastavnik Radoje Aca).
15. Urošević Radisav, OŠ »Karađorđe«, Topola
16. Majstorović Marina, OŠ »Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci
17. Moler Dalibor, OŠ »August Šenoa«, Zagreb (predmetni nastavnik Žugić Milan).
18. Lunić Nikola, OŠ »Nenad Ravlić«, Split (predmetni nastavnik Bilopavlić Anita).
19. Stefanović Snežana, OŠ »Moša Pijade«, Vitoševac (predmetni nastavnik Stefanović Milorad).
20. Miljković Vesna, OŠ »Stevan Sinđelić«, Veliki Popović (predmetni nastavnik Stajić Miroslav).
21. Jovanović Ljiljana, OŠ »B. Radičević«, Crvenka (predmetni nastavnik Slijepčević Jelena).
22. Radović Srđan, OŠ »Vladislav Ribnikar«, Beograd (predmetni nastavnik Kozarac Ivanka).
23. Đurković Miloš, OŠ »Vuk Karadžić«, Surčin (predmetni nastavnik Crnjanski Ljubica).
24. Stanojević Svetlana, OŠ »Stevan Sinđelić«, Veliki Popović
25. Savić Dušica, OŠ »Milan Milošević-Ćopo«, Mrčajevci