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 100 DINARA.** Možete da postanete pretplatnici kada to poželite. Potrebno je samo da nas običnim pismom obavestite o broju kompleta na koje se pretplaćujete, da napišete svoju adresu i da istovremeno izvršite uplatu potrebne sume novca na žiro račun Društva fizičara Srbije,

Mlađi (mladi) fizičar. **60806-678-77766**

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

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

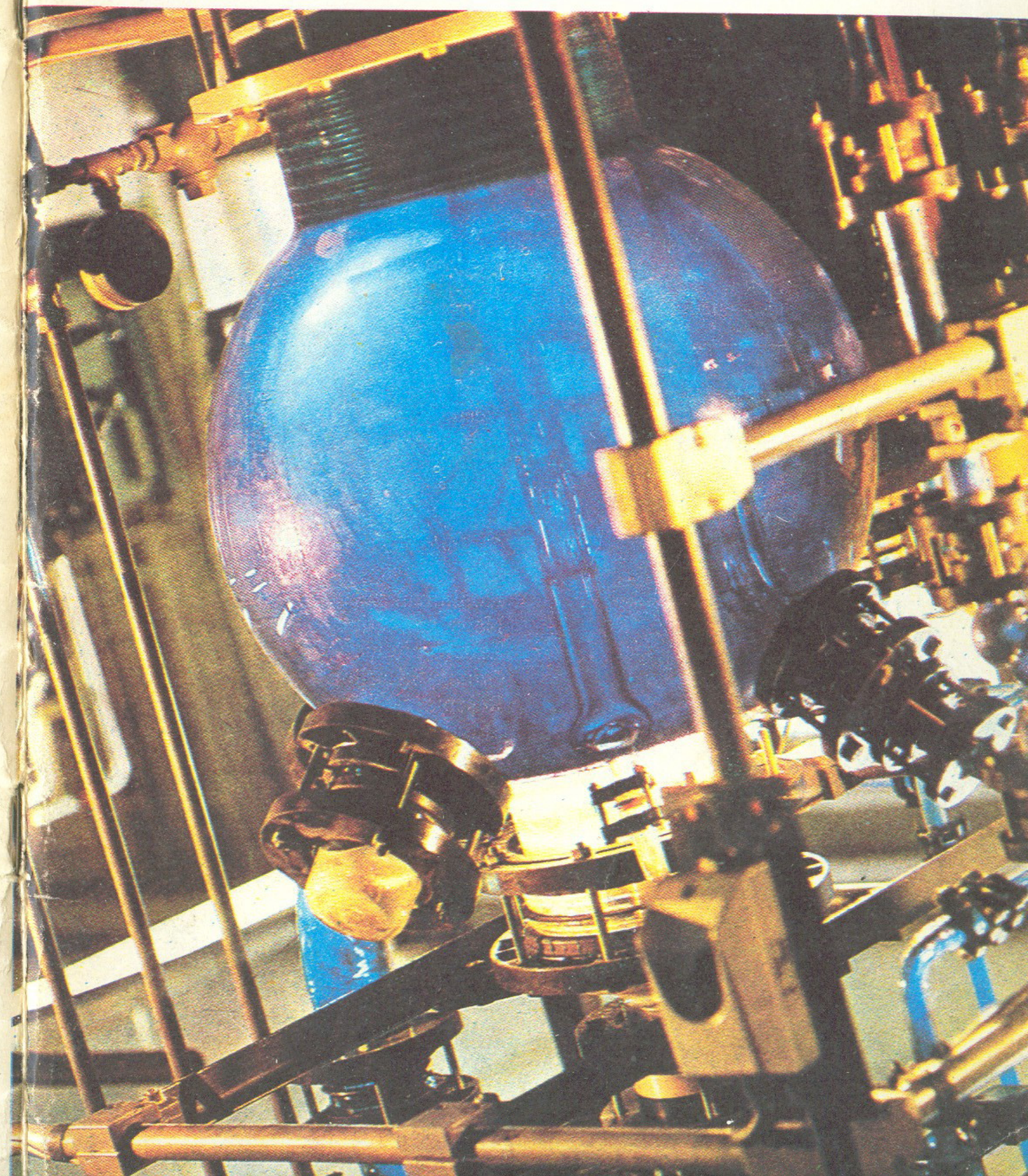
MOŽETE NARUČITI I KOMPLETE RANIJIH GODIŠTA.

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

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

Cena 25 DIN

mladi
fizičar
24
81/82
časopis iz fizike za učenike



DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR
časopis
za one koji uče
i vole fiziku
godina VI
broj 24
(1981/82)

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

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

Ljubo RISTOVSKI
glavni i odgovorni urednik
Dušan KOLEDIN
urednik

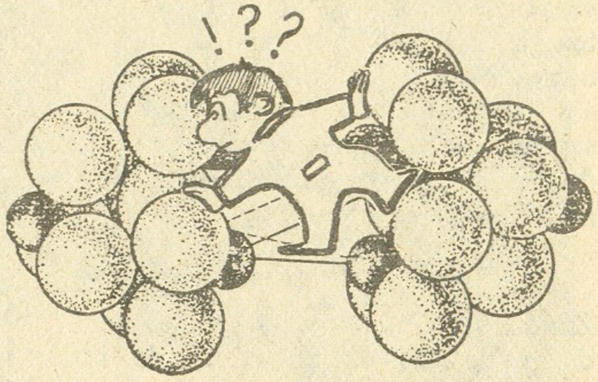
Uređivački odbor
Jadranka BOGOVAC
Svetozar BOŽIN
Milan DIMITRIJEVIĆ
Jablan DOJČILOVIĆ
Draško GRUJIĆ
Tomislav PETROVIĆ
Dragana POPOVIĆ
Budo RADOJEVIĆ
Zoran RADOVIĆ
Tomislav SENĆANSKI
Aleksandar SREĆKOVIĆ

SADRŽAJ

M. Krunić: Njutnov zakon gravitacije 1
Lj. Ristovski: LEP — sistem 5
M. Dimitrijević: Novo o starim planetama 7
D. Koledin: Hronologija .. 13
B. Marinković i *D. Filipović*: Korona 15
Učenička laboratorija 19
G. Bilajbegović: Poankareova teorema 22
M. Milošević: Grafoskop bez folija 25
G. Vuković i *J. Bogovac*: Rad gasova 28
Konkursni zadaci Z177
Nagradni zadatak Z180
Zadaci pitanja Z181
Olimpijski prilog Z182
Rešenja zadataka..... Z185
Spisak rešavača 30
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

ŠTA JE. . .



NJUTNOV ZAKON GRAVITACIJE

MARIJAN KRUNIĆ (Kikinda)

XVI vek je razdoblje apsoltne vladavine hrišćanske crkve. Naučna misao se tek rađa na retkim, ali vrlo značajnim rezultatima naučnika toga vremena. Grubo raskinuta veza sa slobodnom antičkom filozofijom primorala je čoveka toga vremena da traži izgubljene puteve saznanja.

Tražeći Boga i njegova znamenja, čovek se od davnina okreće svemiru. U XVI veku prvi put za posmatranje nebeskih tela čovek koristi teleskop. Svet svemira postaje mu bliži. Boga nije našao, ali je nauka obogaćena takvim rezultatima da je uspešno oborila crkvene dogme.

Danski astronom Tiho Brahe (1546—1601) je posmatranjem planeta iz svoje opservatorije kraj Kopenhagena sakupio ogroman broj podataka. Sve ovo ne bi bilo možda toliko značajno da Tihoov asistent, nemački astronom Johan Kepler (1571—1630), nije ove podatke sredio i na osnovu njih definisao zakone kretanja planeta. Tada je postalo jasno *kako* se planete kreću, ali se javilo novo pitanje: *zašto* je kretanje planeta baš takvo?

Tražeći uzrok kretanju planeta, Isak Njutn (1642—1727) je došao do *zakona gravitacije*. Ovaj engleski naučnik i filozof bio je već poznat zahvaljujući svojim radovima u mehanici, posebno zakonima kretanja tela: zakon inercije, zakon sile i zakon akcije i reakcije.

Njutnov zaključak je bio: bilo koja dva tela uzajamno dejstvuju. Mera sadejstva, gravitaciona sila, *po intenzitetu je upravo srazmerna proizvodu masa tela, a obrnuto srazmerna kvadratu njihovog rastojanja*, odnosno:

$$F = k\frac{m_1 m_2}{r^2}, \qquad (1)$$

gde je F intenzitet sile; m_1, m_2 — mase tela; r — međusobno rastojanje tela; k — koeficijent srezmernosti, kasnije nazvan univerzalna gravitaciona konstanta.

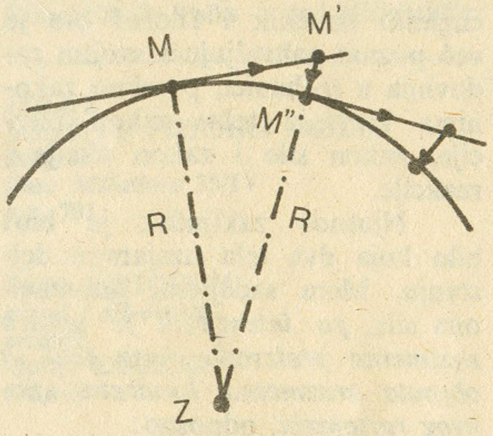
Kako je Njutn došao do ovog zakona?

Posmatrajno najpre slobodno padanje tela. Još je italijanski naučnik Galileo Galilej (1564—1642) utvrdio da sva tela padaju na tlo sa istim ubrzanjem ($g_0 = 9{,}81\ \mathrm{ms}^{-2}$). Po Njutnovom zakonu inercije, slobodni pad, kao ubrzano kretanje, rezultat je delo-

vanja nekog drugog tela. To drugo telo je Zemlja. Iz Njutnovog zakona sile zaključujemo da je (zbog istog ubrzanja pri slobodnom padu svih tela na tlo!), sila kojom Zemlja deluje na bilo koje telo proporcionalna njegovoj masi:

$$F = g_0 m \qquad (2)$$

Zakon akcije i reakcije ukazuje da je dejstvo uzajamno, tj. da i telo deluje na Zemlju. Prema tome: *slobodni pad tela rezultat je uzajamnog delovanja Zemlje i tela, a sila je proporcionalna masi tela.*



Slika 1.

Posmatrajmo sada kretanje Meseca (sl. 1.). Poznato je da se Mesec periodično kreće oko Zemlje po približno kružnoj putanji. Razmatrajući ovo kretanje, Njutn zaključuje da se Mesec kreće pod dejstvom neke sile. Naime, ako bi se Mesec kretao po inerciji, putanja bi bila pravolinijska, pa bi se Mesec, pošavši iz položaja M, našao u položaju M' u trenutku kada on zapravo dospeva u položaj M''. Odsečak $M'M''$ predstavlja u tom slučaju rastojanje koje Mesec pređe pri svom *slobodnom padu* prema Zemlji. Prema tome: *uzročnik kružnog kretanja Meseca oko Zemlje jeste njihovo uzajamno privlačenje, baš kao što je slučaj i kod slobodnog pada tela na tlo.*

Međutim, Njutn ne bi bio Njutn da se zadovoljio samo kvalitativnim opisom, pa je izveo i sledeće kvantitativne zaključke:

Posmatrajmo ponovo sl. 1. Pretpostavimo da rastojanje MM' Mesec pređe za jedinicu vremena. U tom slučaju je i odsečak $M'M''$ pređen u jedinici vremena. Po Pitagorinoj teoremi odsečak $M'M''$ je jednak:

$$M'M'' = \sqrt{R^2 + (MM')^2} - R, \qquad (3)$$

odnosno:

$$M'M'' = R\sqrt{1 + \left(\frac{MM'}{R}\right)^2} - R. \qquad (4)$$

Kako je $MM' \ll R$, izraz

$$\sqrt{1 + \left(\frac{MM'}{R}\right)^2}$$

može se pojednostavniti:

$$\sqrt{1 + \left(\frac{MM'}{R}\right)^2} \approx 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{MM'}{R}\right)^2, \qquad (5)$$

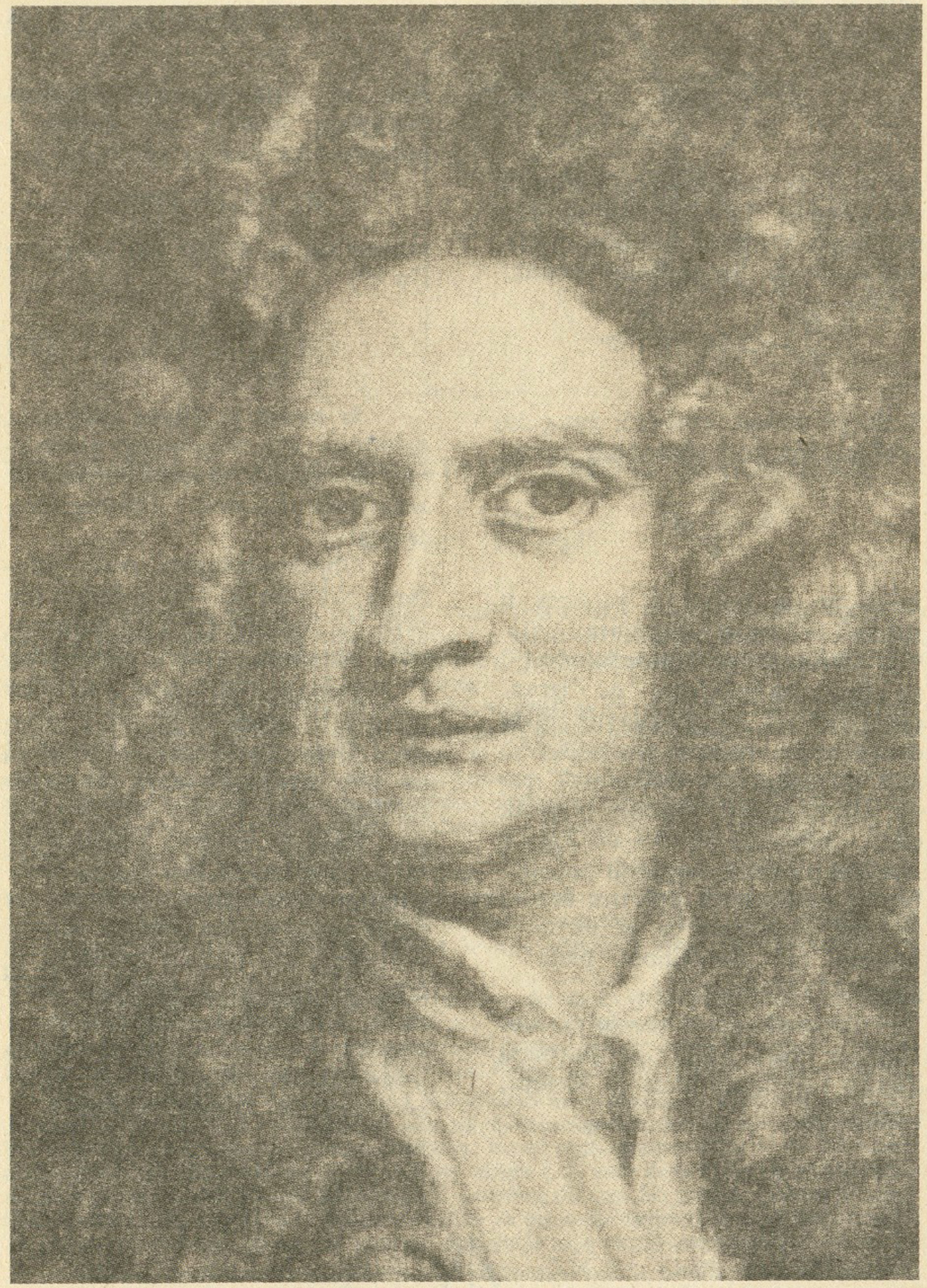
što se može proveriti kvadriranjem leve i desne strane. Zamenom (5) u (4) dobijamo:

$$M'M'' = \frac{1}{2}\frac{(MM')^2}{R},$$

ili

$$M'M'' = \frac{1}{2}\left(\frac{MM'}{R}\right)^2 \cdot R. \qquad (6)$$

Izraz MM'/R, podeljen jedinicom vremena, nije ništa drugo nego



ISAC NEWTON

uglovna brzina Meseca, odnosno brojno je:

$$\frac{MM'}{R}=\frac{2\pi}{T}, \qquad (7)$$

gde je T period obilaženja Meseca oko Zemlje ($T=2{,}36\cdot 10^6$ s). Zamenjujući vrednost perioda u (7), dobijamo da je uglovna brzina:

$$\frac{MM'}{R}=2{,}66\cdot 10^{-6}\,s^{-1}.$$

S druge strane, koristeći izraz za pređeni put kod slobodnog pada:

$$h=\frac{1}{2}gt^2, \qquad (8)$$

jasno je da visina h pređena u jedinici vremena odgovara polovini ubrzanja g. Upoređujući (8) sa (6), zaključujemo da izraz $(MM'/R)^2\cdot R$ ne predstavlja ništa drugo nego vrednost ubrzanja Meseca pri njegovom slobodnom padu. Uzimajući astronomski podatak da je rastojanje Meseca od Zemlje $R=3{,}84\cdot 10^8$m i koristeći već dobijenu vrednost za uglovnu brzinu Meseca, dobijamo da je ubrzanje Meseca pri slobodnom padu: $g_m=0{,}27\cdot 10^{-2}\mathrm{ms}^{-2}$.

Upoređujući ubrzanje pri slobodnom padu tela na površinu Zemlje i ubrzanje padanja Meseca, dobijamo:

$$\frac{g_0}{g_m}\cong 3633. \qquad (9)$$

Ako se sada uporede kvadrati rastojanja Meseca od Zemlje i poluprečnika Zemlje, pri čemu je

$$R_z = 6{,}37\cdot 10^6\mathrm{m},$$

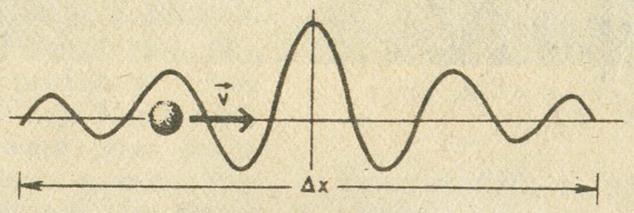
vidimo da se dobija isti broj kao i u (9)

$$\left(\frac{R}{R_z}\right)^2\cong 3633, \qquad (10)$$

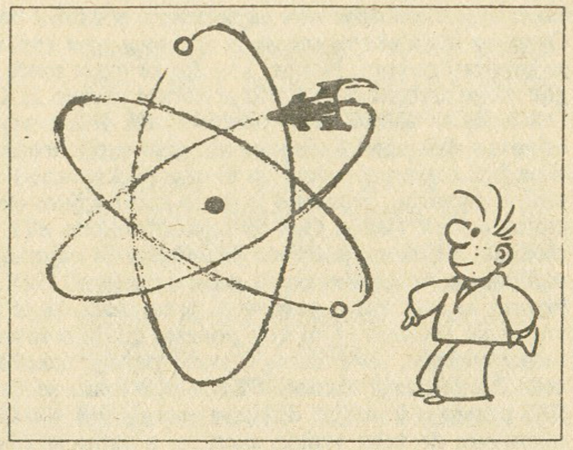
Iz ovoga je Njutn zaključio: *intenzitet sile uzajamnog privlačenja Zemlje i Meseca obrnuto je srazmeran kvadratu njihovog rastojanja.*

Objedinjavanjem ovde izloženih zaključaka, Njutn dolazi upravo do formule (1) koja matematički izražava zakon gravitacije.

Dodajmo na kraju o koeficijentu k u izrazu za zakon gravitacije. Ovaj koeficijent obezbeđuje da obe strane formule (1) predstavljaju istu fizičku veličinu, tj. silu. Zato se njegova vrednost izražava jedinicom $\mathrm{Nm}^2\mathrm{kg}^{-2}$. Mnogobrojni eksperimenti pokazali su da je vrednost koeficijenta ista za sva tela i sve njihove položaje, iz čega je kasnije proistekao naziv za k. Vrednost $k=6{,}68\cdot 10^{-11}$ $\mathrm{Nm}^2\mathrm{kg}^{-2}$ utvrdio je merenjem jedan takođe veliki naučnik, Njutnov zemljak, Henri Kevendiš.



FIZIKA DANAS



LEP SISTEM — EKSPERIMENTALNI UREĐAJ SUTRAŠNJICE

LJ. RISTOVSKI (Beograd)

U Evropskom centru za nuklearna istraživanja CERN u Ženevi počinje izgradnja tzv. LEP sistema, koji treba da omogući prodor u najskrivenije tajne materije. Pre nego što nešto kažemo o zaista grandioznom LEP sistemu, pokušaćemo da objasnimo o kakvim je tajnama reč i šta se očekuje od ovog sistema.

Do pre dvadesetak godina, ili nešto više, verovalo se da su svi elementi izgrađeni od protona, neutrona i elektrona i da su ove gradivne čestice elementarne, odnosno da nisu izgrađene od manjih čestica. Međutim, danas se smatra izvesnim da proton i neutron nisu elementarne čestice, nego da su izgrađeni od *kvarkova*. Zato se elementarnim česticama smatraju elektron i kvarkovi, kojih ima nekoliko, a ovima se dodaje i *neutrino*. Istini za volju, mnoga savremena, pre svega teorijska istraživanja, pokazuju da je ova slika znatno složenija, ali u ovom trenutku možemo to ispustiti iz vida.

Svojstva elementarnih čestica se ne mogu razmatrati nezavisno od uloga koje te čestice igraju u osnovnim (fundamentalnim) interakcijama u prirodi. Kako znamo, postoje četiri tipa osnovnih interakcija: gravitaciona, elektromagnetna, jaka i slaba. *Gravitaciona interakcija* je nebitna kod ispitivanja pojava koje se odvijaju u svetu elementarnih čestica, pa zato o njoj ovde nećemo govoriti.

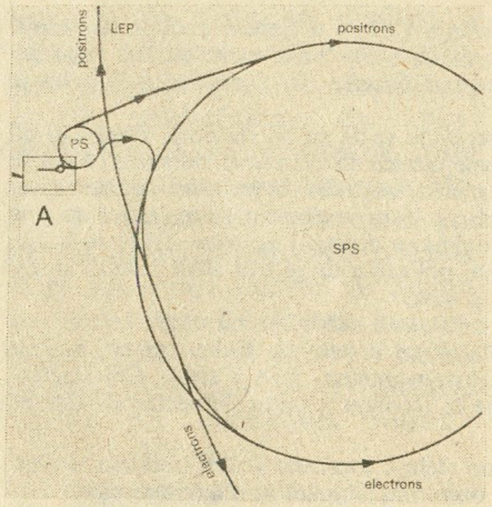
Elektromagnetnom interakcijom međusobno deluju atomsko jezgro (nukleus) i elektroni koji kruže oko njega. Smatra se da se ona ostvaruje tako što naelektrisani elektroni i protoni međusobno razmenjuju nenaelektrisane fotone, čija je masa mirovanja jednaka nuli, pa se zato nazivaju bezmasenim česticama. Fotoni su kvanti elektromagnetne energije.

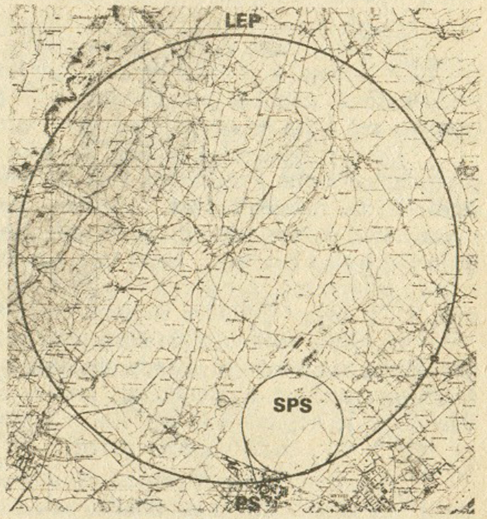
Nukleus (atomsko jezgro) postoji zahvaljujući *jakoj interakciji* koja drži na okupu protone i neutrone. Ova interakcija je jača od elektromagnetne, jer, da nije tako, protoni bi se razleteli zbog elektrostatičkog odbijanja. Pored toga, pretpostavlja se da jaka inter akcija deluje između kvarkova, da ih drži na okupu i da zato dosad nije eksperimentalno uočen slobodan kvark. Grupe kvarkova su, naravno, uočene. Na primer, proton je specifična kombinacija kvarkova. I jaka interakcija se ostvaruje razmenom određenih čestica. Te čestice su nazvane *gluoni*, ali njihovo postojanje nije eksperimentalno potvrđeno.

Slabom interakcjiom se objašnjava radioaktivnost, koja je rezultat raspada neutrona u nukleusu na proton i elektron. Drugim rečima, slaba interakcija je odgovorna za raspad čestica. Ona se ostvaruje razmenom tzv. *intermedijalnih bozonskih čestica*. Dve od njih su naelektrisane: jedna pozitivno, druga negativno, dok je treća neutralna. Ni postojanje intermedijalnih bozona nije eksperimentalno potvrđeno.

Osnovni cilj LEP projekta je ispitivanje slabe interakcije, uključujući i dokaz o postojanju intermedijalnih bozona, jer se veruje da se jedino na taj način mogu dobiti even-

tualni pouzdani odgovori na pitanja o prirodi i načinu međudelovanja elementarnih čestica. Osnovna ideja eksperimenta je zasnovana na vezi između mase i energije $E=Mc^2$ i ne može se smatrati novom. Naime, kao što se masa može transformisati u energiju, tako se iz energije mogu stvoriti čestice, što je obrnut proces. U LEP projektu koristiće se oba ova procesa. Ostvariće se uslovi da se međusobnim uništavanjem (*anihilacijom*) materije i antimaterije, odnosno elektrona i njegove antičestice pozitrona, dobije velika energija. Očekuje se da će time biti ostvareni uslovi za stvaranje (kreiranje) intermedijalnih bozona. Da bi se to eventualno ostvarilo, potrebno je da se anihilacijom elektrona i pozitrona dobije energija od oko stotinak GeV (jedan GeV je hiljadu miliona eV). Naime, za stvaranje naelektrisanih intermedijalnih bozona potrebna je energija od najmanje 80 GeV a za stvaranje neutralnog intermedijalnog bozona energija od najmanje 90 GeV. Pored toga, naelektrisani intermedijalni bozoni se stvaraju u parovima, a to znači da je za njihovo stvaranje potrebna energija od najmanje 160 GeV. Oni koji ponešto čitaju o savremenoj fizici znaju da ovo nisu preterano velike energije, jer i danas u svetu postoji nekoliko uređaja u kojima se dobijaju i znatno veće. Na primer, u samom CERN-u, u kome se kako rekosmo gradi LEP sistem, postoji tzv. SPS sistem u kome se dobijaju energije od 400 GeV. To je akcelerator u kome se protoni ubrzavaju do tako velikih energija, a zatim se njima bombarduju nepokretne mete. Međutim, SPS i njemu slični sistemi se ne mogu koristiti za kreiranje traženih novih čestica. Naime, kada proton pogodi nukleon u meti (neutron ili proton), najveći deo njegove energije odnose produkti ove reakcije. Od pomenutih 400 GeV na kinetičku energiju tih produkata otpada 370 GeV, pa za kreiranje novih čestica preostaje samo oko 30 GeV, što je suviše malo. Zbog toga je doneta odluka da se izgradi LEP sistem u kome bi se dobijale dovoljno velike energije za kreiranje intermedijalnih bozona. Evo kako je to zamišljeno:





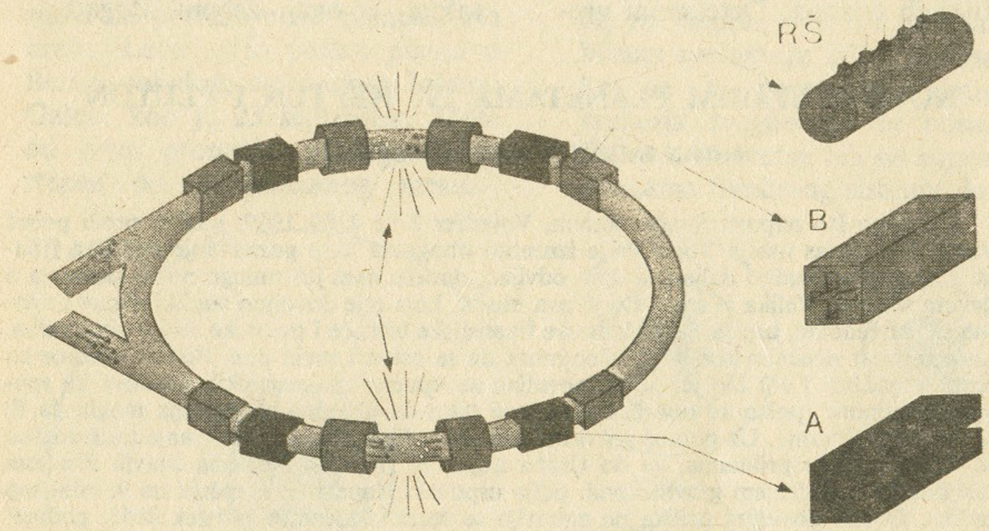
LEP sistem ima četiri osnovna dela. To su: uređaj za dobijanje elektrona i pozitrona A, protonski sinhotron PS, superprotonski sinhotron SPS, koji su već izgrađeni, i, na kraju, LEP prsten, koji treba izgraditi.

Uređaj za dobijanje elektrona i pozitrona radi na sledeći način:

U linearni akcelerator uvode se elektroni koji se ubrzavaju do energije od oko 200 MeV, a zatim se upućuju u deo uređaja u kome se nalazi meta i sistem za razdvajanje parova elektrona i pozitrona. Naime, kao rezultat interakcije ubrzanih elektrona i mete, iz ove izlaze fotoni koji imaju dovoljno veliku energiju da se iz njih mogu kreirati parovi elektrona i pozitrona. Ovi parovi se razdvajaju u snažnom magnetnom polju u kome pozitivni pozitroni skreću na jednu, a negativni elektroni na drugu stranu.

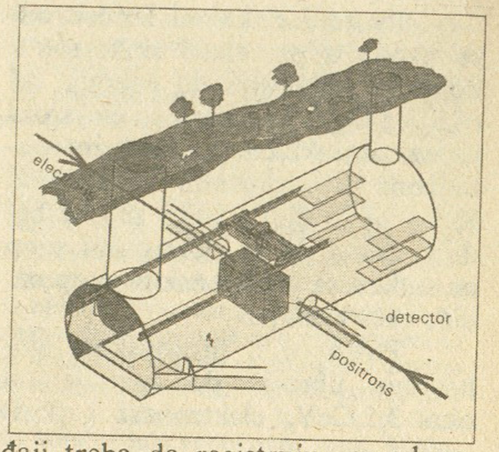
Stvoreni elektroni i pozitroni se uvode u protonski sinhotron u kome se ubrzavaju do energije od oko 3,5 GeV. U njemu se elektroni i pozitroni kreću po kružnim putanjama u suprotnim smerovima. Kako se to čini i kako se obezbeđuju uslovi da se elektronski snop ne sudara sa pozitronskim snopom, biće reči kasnije.

Pošto se u protonskom sinhotronu ubrzaju do energije od oko 3,5 GeV, elektronski i pozitronski snop se uvode u superprotonski sinhotron. Ovaj sinhotron zaista zaslužuje prefiks super, jer je vrlo moćna istraživačka mašina. Kružnog je oblika, obim mu je jednak 7 kilometara, a prečnik oko 2200 metara. Nalazi se u tunelu kružnog oblika, koji je 40 metara ispod površine zemlje. U njemu bi se elektroni i pozitroni ubrzavali do energije od oko 22 GeV i nakon toga uvodili u LEP prsten ili LEP akcelerator.



Na ovoj slici je dat shematski prikaz LEP prstena. Njegov obim će biti oko 30 km, što znači da će mu prečnik biti oko 10000 metara (10 km). Po obimu će biti raspoređeno oko 4000 magneta tipa A, koji služe zato da svojim delovanjem obezbede kretanje elektrona i pozitrona po strogo kružnim putanjama u suprotnim smerovima. Ovi magneti ne menjaju brzine, a samim tim i energije elektrona i pozitrona. Pored ovih, duž prstena će biti raspoređeno oko 2000 magneta tipa B koji služe za fokusiranje elektronskih i pozitronskih orbita. Drugim rečima, ovi magneti obezbeđuju da se elektroni i pozitroni kreću po prostorno razdvojenim orbitama čime se sprečava njihovo međusobno sudaranje i anihilacija. I na kraju, puna dva kilometra obima prstena rezervisano je za tzv. radiofrekventne šupljine RŠ, u kojima se vrši ubrzanje elektrona i pozitrona. Elektroni (crne tačkice) se ubrzavaju na jednu stranu, a pozitroni (kružići) na drugu, tj. u suprotnom smeru i to do energije od oko 130 GeV.

Elektronski i pozitronski snopovi se tako uvode u LEP prsten da je podešeno da se četiri elektronska i četiri pozitronska snopa, koliko se uvodi u prsten, mogu sudariti na ukupno osam mesta. Na tim mestima su postavljeni vrlo osetljivi uređaji za detektovanje. Njihova uloga je jasna. Naime, kada se elektroni i pozitroni, koji se kreću u suprotnim smerovima, sudare, onda nastaje njihova anihilacija. Dobijena energija treba da je dovoljna za kreiranje intermedijalnih bozona. Detekcioni uređaji treba da registruju, pored ostalog, i ovaj željeni događaj.



NOVO O STARIM PLANETAMA IV: NEPTUN I PLUTON

MILAN S. DIMITRIJEVIĆ (Beograd)

Pre nego što napusti Sunčev sistem, Vojadžer 2 će 4. 09. 1989. godine proći pored Neptuna. Već danas misija Vojadžer je izuzetno obogatila naše poznavanje Jupitera i Saturna, a ako se let bude i dalje povoljno odvijao, doneće nam još mnogo novih saznanja o Sunčevom sistemu. Velika je sreća što je ova misija, koja nije dovoljno »aplikativna« i »povezana sa privredom«, uspela da savlada sve finansijske teškoće i prepreke svojih protivnika. Let ovako krcat naučnim rezultatima ne može da se ostvari svaki dan. Period u kome su lansirani Vojadžeri 1 i 2 bio je veoma povoljan za upućivanje kosmičkih brodova ka spoljašnjim planetama, pošto su one bile poređane tako da je jedna ekspedicija mogla da ih obiđe sve osim Plutona. Uz pomoć gravitacionih sila velikih planeta, putovanje traje znatno kraće. U normalnim prilikama, let do Urana trajao bi 16, a do Neptuna čitavih dvadeset godina, dok se korišćenjem gravitacionih polja usputnih planeta let skraćuje na 9, odnosno 12 godina. Ovako povoljna prilika ne ponavlja se često, sledeća će biti tek 2155. godine.

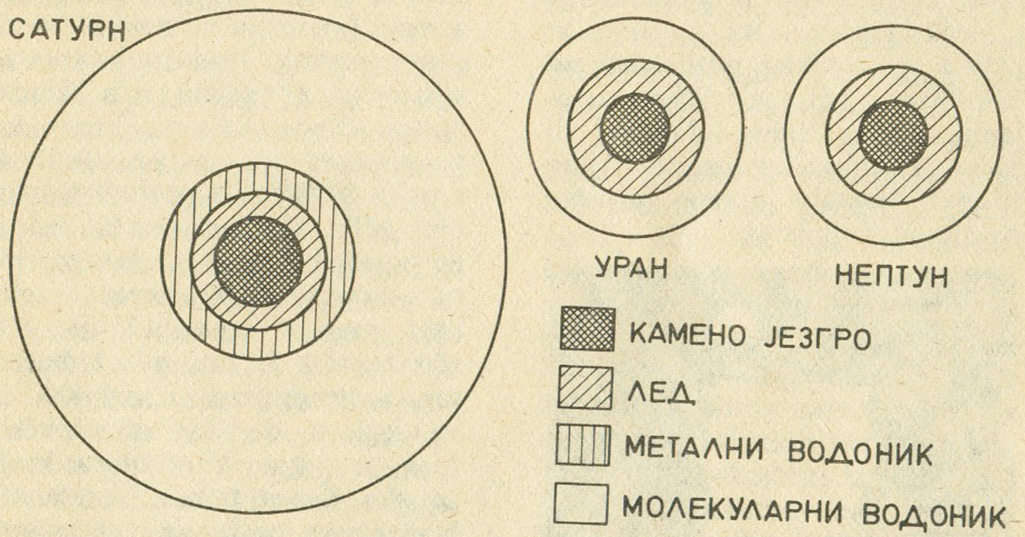
Do 1930. godine, kada je otkriven Pluton, Neptun je obeležavao granicu poznatog Sunčevog sistema. Od tada je najudaljenija planeta od Sunca Pluton. Međutim, od 22. 01. 1979. godine to je prestalo da važi. Zahvaljujući karakteristikama Plutonove orbite, Neptun je opet privremeno poslednja planeta. Zato ćemo ih u ovom broju »Mladog fizičara« posetiti obe — Neptun, zadnji Vojadžerov cilj u Sunčevom sistemu i Pluton, na koji ovaj kosmički brod nikada neće stići.

NEPTUN

Zeleno-plava planeta Neptun, nazvana po bogu mora, otkrivena je na »*ivici pera*« kako često kažu astronomi. Koristeći Keplerove zakone kretanja planeta i Njutnov zakon gravitacije, astronomi su u stanju da uvek odrede položaj planete na jednoj orbiti. Ali kada je otkriven Uran, on je ubrzavao i usporavao svoje kretanje na neobjašnjiv način, ne pokoravajući se zakonima kretanja. Jedino objašnjenje ove pojave bilo je da se iza Urana nalazi još jedna masivna planeta koja utiče na njegovo kretanje.

Student Univerziteta u Kembridžu, Džon Adams, izveo je 1841. godine proračune koji su dokazivali da je kretanje Urana poremećeno nepoznatom planetom i predskazao njen položaj na nebu.

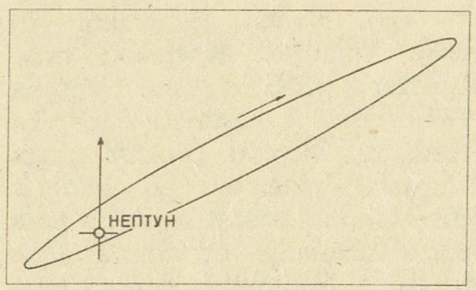
Ali kada je Adams posle četiri godine objavio svoje rezultate, niko od astronoma ih nije uzeo ozbiljno niti je tražio planetu na predskazanom mestu. U isto vreme, ovim problemom se u Francuskoj bavio Irben Leverjer. On je 1845. godine takođe objavio svoje proračune, koji su se slagali sa Adamsovim, i odredio položaj nepoznate planete. Ali pariski astronomi nisu želeli da prekinu tekući rad i da potraže novu planetu. Na kraju, Leverjer je poslao pismo u Berlin, mladom astronomu Johanu Galeu, koji je 23. septembra 1846. od prve pronašao planetu jedan stepen od predskazanog mesta.



Sl. 1. Modeli unutrašnje građe Saturna, Urana i Neptuna. Kameno jezgro Saturna čije su dimenzije 20 000 km okruženo je slojem leda čija je debljina 5000 km i slojem metalnog vodonika debljine 8000 km. Uran i Neptun takođe imaju jezgra prečnika 1 6000 km, okružena slojem leda debljine 8000 km.

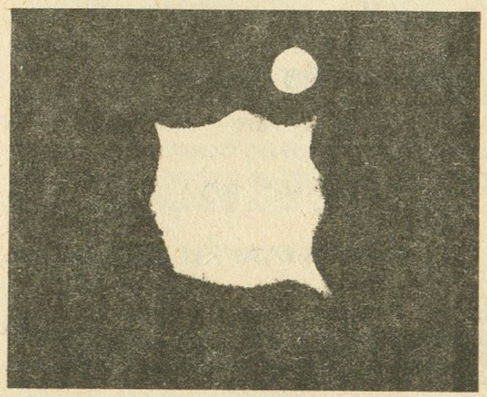
Ova planeta je krajnji cilj misije Vojadžer. Kosmički brod Vojadžer 2 proći će pored Neptuna 1989. godine i nastaviti dalje, ka zvezdama. Neptun pripada grupi džinovskih planeta i po građi je sličan Uranu. Nalazi se na 30 puta većem rastojanju od Sunca nego Zemlja, a Neptunova godina traje 164,8 naših. Od svog otkrića, 1846. godine, Neptun još nije napravio ni jedan krug oko Sunca. Sreća je da su Neptun i Uran bili na najbližem rastojanju 1822. godine, tako da je poremećaj Uranovog kretanja mogao da se posmatra. Da su u to vreme bili na suprotnim stranama Sunčevog sistema, ko zna kada bi Neptun bio otkriven. Ova planeta je približno iste veličine kao i Uran. Njen prečnik je pouzdano određen kada je 7. aprila 1967. planeta u svom kretanju na fonu zvezdanog neba zaklonila lik jedne od dalekih zvezda, poznate pod brojem BD-17°4388. Trenutno usvojena vrednost prečnika na ekvatoru je 49.500 km. Zapremina planete je 58 puta veća od Zemljine, dok je masa samo 17.3 puta veća, pošto je srednja gustina planete samo 1670 kg/m^3 (srednja gustina Zemlje je 5520 km/m^3).

Oko Neptuna kruže tri satelita. Najveći, Triton, otkrio je



Sl. 2.. Orbita Nereide. Strelice ukazuju na smer prema Neptunovom severnom polu i na smer rotacije satelita.

Englez Viljem Lasel, 10. oktobra 1846. godine, samo 18 dana posle otkrića Neptuna. Ovaj satelit, čiji je prečnik 4400 km, veći je od Meseca i Plutona i spada u red najvećih satelita. Oko Neptuna se okreće na srednjoj udaljenosti od 394 700 km, što je slično rastojanju između Zemlje i Meseca, ali za razliku od našeg Meseca, Triton se oko Neptuna okrene za nešto manje od 6 dana.



Sl. 3. Na ovoj fotografiji, snimljenoj pomoću 3-metarskog teleskopa Likske opservatorije u Kaliforniji vide se Neptun i njegov najveći mesec Triton

Drugi satelit, Nereidu, otkrio je Džerald Kjuper, sto godina kasnije, 1. maja 1949. godine. Ovaj Neptunov pratioc, čiji je prečnik 200 km, ima orbitu sa izuzetno velikim eksentricitetom, kakav nema ni jedan drugi satelit u Sunčevom sistemu. Usled toga, njegova udaljenost od Neptuna menja se od 140.000 do 9 500.000 km, a oko planete obiđe za 358,4 dana.

Do neočekivanog otkrića trećeg Neptunovog satelita došli su 24. maja 1981. godine Harold Raitcema i njegovi saradnici sa Univerziteta u Arizoni. Prečnik ovog satelita procenjen je na 180 km, a njegova udaljenost od centra plenete na 75 000 km.

PLUTON

Teško da ćemo ikada posetiti džinovske gasovite planete Jupiter, Saturn, Uran i Neptun, pošto one nemaju čvrsto tlo na koje bi čovek stupio nogom. Doduše, pretpostavlja se da u središtu ovih planeta postoji čvrsto kameno jezero, ali temperatura na površini Jupitera dostiže 20000°C, a pritisak 6 miliona MPa. U odnosu na to, uslovi na površini Sunca, gde je temperatura »svega« 5000 stepeni, izgledaju mnogo »gostoljubiviji«. Ni »čvrsto tlo« Urana, gde temperatura kamenog jezera iznosi 4000°C, ne izgleda dostižno za čoveka. Ipak, iza gasovitih džinova kreće se oko Sunca tamni i strahovito hladan svet, poslednja planeta Sunčevog sistema — Pluton.

Kada je 1846. godine otkriven Neptun, izgledalo je da je u našem Sunčevom sistemu uspostavljen red i da se plenete kreću prema Keplerovim i Njutnovim zakonima. Pogrešno ponašanje Urana je objašnjeno i svi su bili zadovoljni. Ali, radost astronoma ostala je nepomućena samo oko pola stoleća. Tada, veoma polako i veoma malo, ali stalno i nepogrešivo Uran je ponovo počeo da se

ponaša neobično. Bilo je jasno da u Sunčevom sistemu postoji još jedna, nepoznata planeta koja je uzrok smetnje.

Otkriće je saopšteno 13. marta 1930. godine. Osim Plutona, predlozi za ime nove planete bili su i Minerva, kao i Lovel, s obzirom na ogroman trud Perislava Lovela koji je pobudio posmatrače na traganje za planetom Iks. Ipak, na kraju je prihvaćeno ime Pluton, tako da se bog podzemnog carstva sada kreće najtamnijim delovima Sunčevog sistema. Osim toga, prva dva slova ovog imena su inicijali Perislava Lovela, a usvojeno je i da monogram PL bude skraćena oznaka za Pluton.

Danas se ipak čini da je masa Plutona mala da bi izazvala perturbacije kretanja Urana i Neptuna koje su dozvolile da se predskaže njeno postojanje. Ipak, mada su možda pogrešni, ovi proračuni su doveli do otkrića Plutona.

Pluton je čudna planeta. Orbita mu je nagnuta za 17° na ravan ekliptike i veoma istegnuta. U perihelu se približava Suncu bliže od Neptuna, a u afelu (perihel i afel su tačke na orbiti u kojima je planeta najbliža i najdalja Suncu) odlazi 3 milijarde kilometara dalje. Dakle, dok se nalazi na jednom delu svoje orbite, Pluton je tek osma planeta po redu. Takvi uslovi su upravo sada. Pluton je postao bliži Suncu od Neptuna 22. 01. 1979. godine i opet će postati poslednja planeta tek 15. 03. 1999.

Pluton je taman svet. Za posmatrače sa ove planete Sunce je samo tačka na nebu koja daje 1560 puta manje svetlosti nego na Zemlji. Pluton se oko Sunca obrne za 247,7 godina, a oko sopstvene ose za oko 6 i po časova. Zapremina mu je sto puta manja od Zemljine, a masa dve hiljade puta. Gustina mu je nešto veća od gustine vode i procenjuje se na 1000 do 1500 kg/m³. Na ovom izuzetno hladnome mestu efektivna tempera tura iznosi —241°C.

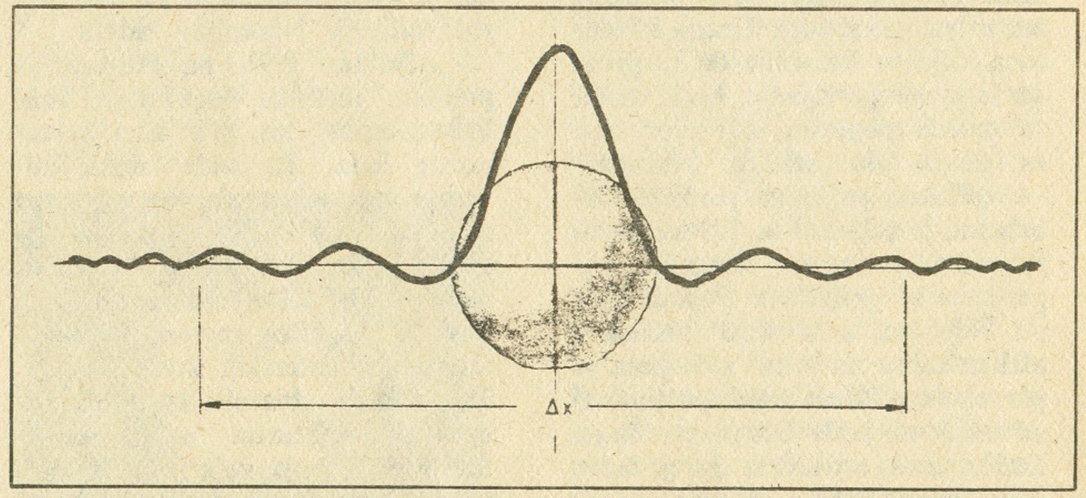
Godine 1965. očekivalo se da Pluton pređe preko lika jedne zvezde, što bi omogućilo da se tačno odredi njegov prečnik. Međutim, centar planete je prošao na ugaonom rastojanju od 0,1 sekunde od pravca ka zvezdi. Na osnovu toga, zaključeno je da je prečnik planete manji od 6000 km. Ali najnovije procene dale su neočekivanu vrednost od 2800 km, tako da je Pluton najmanja planeta Sunčevog sistema. To je osnažilo davnašnju hipotezu da je Pluton ustvari odbegli Neptunov satelit.

Godine 1976. na Plutonu je pomoću metoda spektralne analize ustanovljeno prisustvo metanovog leda. Za sada nema dovoljno podataka da se odgovori na pitanje da li Pluton ima atmosferu. Spektorskopska i spektrofoto metrijska ispitivanja nisu pokazala tragove gasovitog metana ili nekih drugih atmosferskih komponenata. To se može objasniti izuzetno niskom temperaturom na površini Plutona, koja je niža od temperature kondenzacije većine gasova. Neon bi mogao da postoji na Plutonu u gasovitom stanju, ali on ima malu atomsku težinu, pa bi atmosfera od neona ubrzo napustila telo male mase kakvu ima ova planeta.

Među najinteresantnija otkrića u planetnoj astronomiji poslednjih godina spada otkriće Plutonovog satelita. To je izvršila ekipa američkih astronoma na čelu sa Kristijem i Haringtonom 22.

jula 1978. godine. Analizirajući snimke Plutona, oni su primetili da je lik planete izdužen, i to jednom ka jugu, a drugi put prema severu. Eliminišući moguće uzroke ove pojave, zaključili su da bi to morao biti do sada nepoznati Plutonov satelit. Nova posmatranja, kao i ispitivanja starih snimaka i drugih podataka, potvrdila su ovaj nalaz. Plutonov satelit je dobio ime Haron i to je telo poluprečnika 560 km, koje se nalazi na rastojanju od oko 17 hiljada kilometara od planete oko koje se obrne za 6,3 dana.

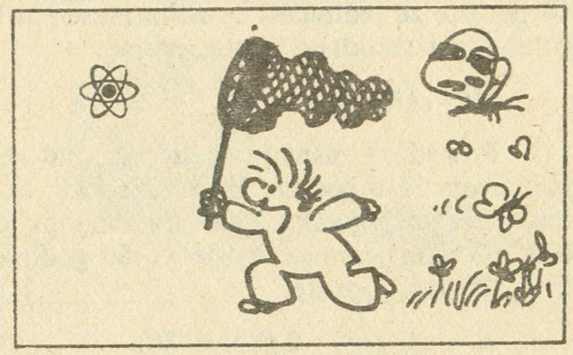
Ovo otkriće je omogućilo da se tačnije odredi veličina Plutona što je dovelo do potpuno neočekivanog rezultata. Prečnik planete, procenjen je na oko 2800 km, što je više nego dva puta manje od dosada prihvaćene procene. Do sada se smatralo da je najmanja planeta Sunčevog sistema Merkur, čiji je ekvatorijalni prečnik 4878 km. Na osnovu najnovijih rezultata, Pluton je najmanja planeta Sunčevog sistema, koja sa svojim satelitom Haronom čini dvojni sistem mnogo kompaktniji od sistema Zemlja—Mesec.



UČENICI!

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

FIZIKA I...



HRONOLOGIJA

DUŠAN KOLEDIN (Beograd)

Kasnih četrdesetih godina ovog veka započela je nova »arheološka revolucija«. Bilo je to vreme zamašnog razvoja nuklearne tehnike, kada je Libi sa saradnicima na Univerzitetu u Čikagu, u kome je, inače, nekoliko godina ranije proradio prvi nuklearni reaktor, proučavao uticaj kosmičkih zraka na Zemljinu atmosferu. Neočekivani rezultat proučavanja — metod za određivanje zbivanja davnih događaja — delovao je ne manje iznenađujuće od Šlimanovog otkopavanja drevne Troje.

Šliman je od »sredstava« za istraživanje imao samo dobru intuiciju i Homerove epove »Ilijadu« i »Odiseju«. Libi je arheološka sredstva istraživanja obogatio relativno preciznom metodom za određivanje datuma zbivanja koji su, uglavnom, bili predmet pukog nagađanja.

Na koji način?

U preseku četvrte kolone i druge vrste periodnog sistema elemenata nalazi se *ugljenik*. Njegovu prirodnu smešu čine tri izotopa, tj. elementa sa istim »hemijskim imenom«, ali različitim masenim brojevima: 12, 13 i 14. Hemijske osobine su im iste, ali osobine jezgara, s obzirom na različite brojeve neutrona — nisu. Tako su izotopi sa masenim brojevima 12 i 13 stabilni, a izotop sa masenim brojem 14 je radioaktivan.

Ceni se da u prirodi ima 40000 milijardi tona ugljenika. Od toga je 93 odsto u dubinama okeana, dva odsto pri njihovoj površini, 1,6 odsto u atmosferi, 0,8 odsto u biosferi i 2,6 odsto u humusu. Biljke i životinje »bratski« razmenjuju ugljenik preko ugljendioksida, pa se njegova količina uglavnom održava, kružeći kroz tzv. *ugljenikov ciklus*.

U ukupnoj masi ugljenika na Zemlji njegovog radioaktivnog izotopa je malo, svega 62 tone. To je, međutim, za arheologiju dovljno, pogotovo što mu je koncentracija u atmosferi, biosferi i morima približno stalna: raspadnuti radioaktivni ugljenik nadoknađuje se proizvodnjom koju u višim slojevima atmosfere izvode spori neutroni reagujući s azotom, odnosno

$$^{14}N + n \rightarrow ^{14}C + ^{1}H.$$

Razgradnja, uravnotežena tom reakcijom, predstavlja tipičan školski primer tzv. beta-raspada: emisijom jednog elektrona iz jezgra redni broj ugljenika

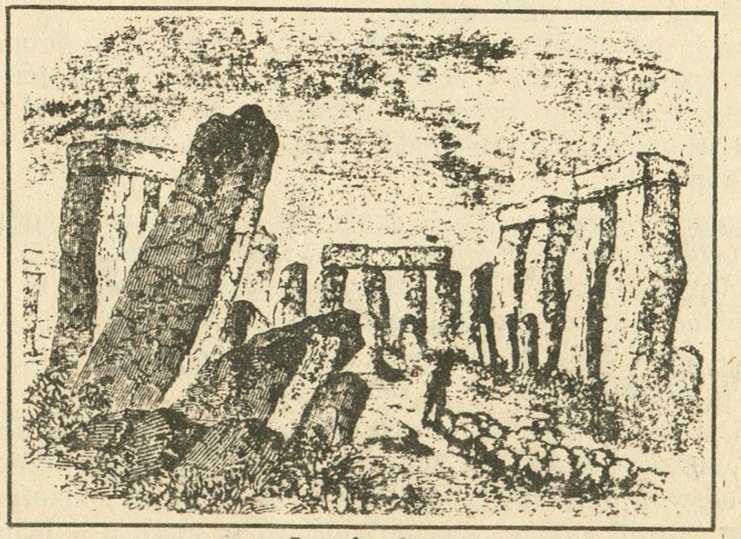
14 poraste za jedinicu i sa istim masenim brojem jezgro stiže u stanje dobro poznatog i stabilnog azota, naime,

$$^{14}C \rightarrow {}^{14}N + e^{-}.$$

Procedura raspada sledi prirodnu statističku zakonitost sa vremenom poluživota 5730 godina. Ilustracije radi, ako je u određenom trenutku aktivnost uzorka ugljenika 1000 proizvoljnih jedinica, posle 5730 godina ona će biti 500 istih jedinica; posle 11460 godina biće 250, a nakon 17190 godina biće 125 itd. Uopšte,

$$A = A_0 \, exp(-0{,}693t/5730).$$

Smrt životinje, čoveka ili biljke menja štošta, pa i aktivnost ugljenika. Uzmimo, na primer, da je izvesni faraon prestao da živi jednog dana, mnogo godina pre početka naše ere. Sa stanovišta Libijeve metode, on od tada više nije mogao da sa biljkama i atmosferom razmenjuje ugljenik i održava životnu ravnotežu. Uz savremenu nuklearnu tehniku mogućno je, mereći na današnjem čoveku, utvrditi ugljeničnu aktivnost faraona na dan njegove smrti, dakle onu 1000 iz gornjeg primera. Ako se, potom, izmeri aktivnost faraonove mumije danas, pa se dobije, na primer, 736 istih jedinica, lako će se izračunati da je faraon sklopio svoje presvete oči 2530. godine pre našeg računanja vremena.

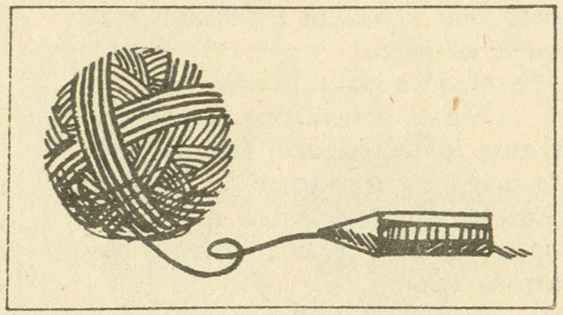


Stounhendž

Metoda je moćna i primera je mnogo: utvrđeno je da su praistorijski kameni spomenici Stounhendž stariji od Mikene; prvi hramovi na Malti, saznaje se na osnovu aktivnosti ugljenika, stariji su od piramida nekoliko vekova; ovom savremenom fizičkom metodom početak naseobina u Evropi pomeren je u vreme 1500 godina ranije u odnosu na dotadašnje, nedovoljno argumentovane arheološke pretpostavke...

U svakom slučaju, primena metoda fizike u arheologiji ne samo da pospešuje njen razvoj, već osujećuje mnoga visokotiražna »denikenovksa« naklapanja.

EKSPERIMENTI



KORONALNO PRAŽNJENJE
II DEO

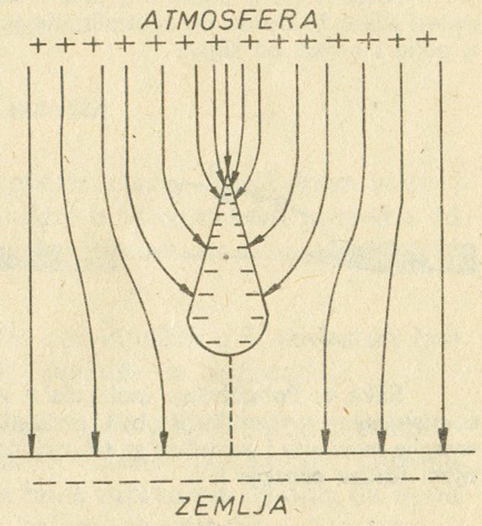
B. MARINKOVIĆ i D. FILIPOVIĆ
(Beograd)

Koronalno pražnjenje je vid električnog provođenja u gasu koje se javlja u ograničenoj oblasti oko elektrode, gde je električno polje dovoljno jako. U toj oblasti dolazi do povećanja koncentracije slobodnih nosilaca naelektrisanja — elektrona i jona, pa se time povećava i provodnost gasa, a javlja se i čitav niz efekata među kojima je karakteristično koronalno svetlo — korona.

Na koji način dolazi do povećanja koncentracije elektrona i jona, te svetlosnih efekata, možemo objasniti ako nastavimo priču iz pretprošlog broja »Mladog fizičara« o provodniku unetom u električno polje.

Pogledajmo šta se dešava sa metalnim šiljkom u električnom polju sa slike 1, ako se spoji provodnikom za zemlju koja je negativno naelektrisana, a zatim ta veza ukloni. Pozitivna naelektrisanja će se neutralisati elektronima iz zemlje, te će šiljak postati negativno naelektrisan (sl. 2). količinom elektriciteta srazmernom jačini električnog polja.

Takav eksperiment može da se izvede u laboratoriji umesto da se čeka na specijalne uslove u atmosferi. U tom cilju metalni šiljak se veže za izvor visokog napona, što je tehnički lako ostvarljivo.



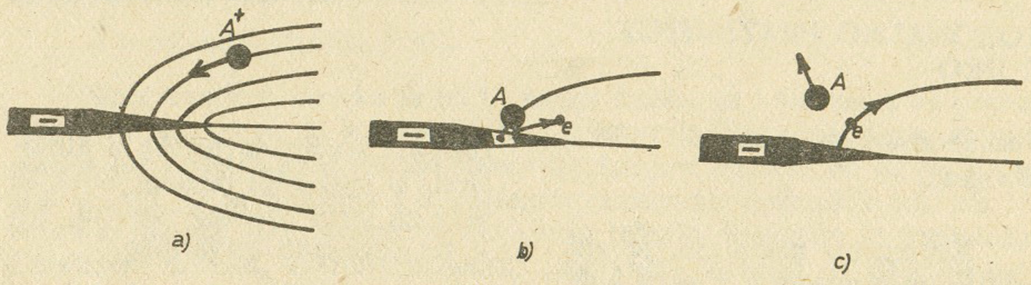
Slika 2.

Jačina električnog polja oko šiljka zavisi od dovedenog napona i poluprečnika krivine njegovog vrha. Pri datoj vrednosti poluprečnika, sa povećanjem napona povećava se jačina polja. To znači da na naelektrisane čestice ispred šiljka, kojih uvek ima pri normalnim uslovima, deluje sve jača sila električnog polja. Pod dejstvom te sile negativni joni i elektroni iz vazduha bivaju odbijeni, a pozi-

tivni joni privučeni s velikom brzinom ka šiljku.

Mikrofizička slika korone

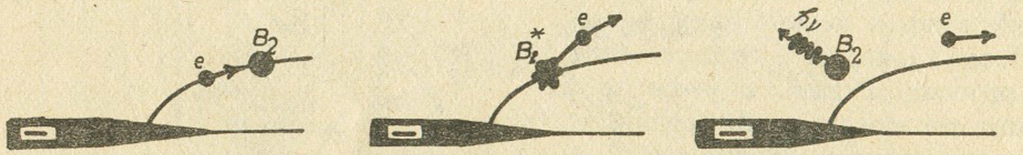
Šta se dešava pri udaru pozitivnog jona o šiljak? Taj jon (A^+) se neutrališe i pri tome iz površine može biti izbijen jedan ili više (u opštem slučaju n) sekundarnih elektrona (sl. 3):



Slika 3: Udar pozitivnog jona o šiljak. a) Neki pozitivni jon ubrzan u jaklm polju prilazi šiljku; b) Dolazi do neutralizacije jona i izbacivanja elektrona; c) Elektron se ubrzava u polju i odlazi od šiljka.

$$A^+ + \text{površina šiljka} \rightarrow A + ne \ (n = 1,2,\ldots).$$

Joni iz vazduha služe kao »klica« procesa električnog pražnjenja. Tek u sudarima nastali elektroni obezbeđuju dovoljno slobodnih nosilaca naelektrisanja da proces može da se razvije i održava.



Slika 4: Pobuđivanje molekula u vazduhu uz emisiju fotona. a) Elektron se sudara sa molekulom u vazduhu B_2; b) U neelastičnom sudaru, elektron predaje deo svoje kinetičke energije molekulu i pobuđuje ga (B_2); c) Pobuđeni atom prelazi u niže energijsko stanje emisijom fotona energije h ν.

Sekundarni elektroni, zavisno od energije koju imaju, sa određenom verovatnoćom dovode do: pobuđivanja molekula u vazduhu, jonizacije, elektronskog zahvata, disocijativnog zahvata ili disocijacije na jonski par (slike 4, 5 i 6).

U sudarnim procesima atomske čestice najčešće prelaze u neko svoje pobuđeno energetsko stanje da bi zatim spontano prešle u osnovno stanje, uz emisiju kvanta svetlosti — fotona, ili sudarnom relaksacijom.

Treba naglasiti da je jačina električnog polja najveća u okolini šiljka tako da je oblast u kojoj se mogu desiti svi ovi procesi prostorno ograničena.

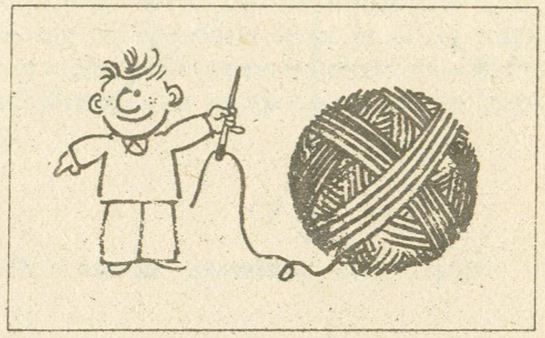
Kako se ispituje korona?

Metode ispitivanja korone su:

1. analizom električne struje na kolektorskoj elektrodi;
2. analizom koronalne svetlosti i
3. druge (analize neutralnih i naelektrisanih čestica, analiza udarnih talasa).

(Nastavak na str. 17)

KONKURSNI ZADACI
NAGRADNI ZADATAK
ZADACI PITANJA
E — ZADATAK



KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

264. Sa svetionika je istovremeno upućen zvučni signal kroz vodu i kroz vazduh. Na brodu su ovi signali primljeni u vremenskom razmaku od 30 s. Izračunati udaljenost broda od svetionika. Brzina zvuka u vazduhu je $v = 340$ m/s, a u vodi $v_1 = 1450$ m/s.

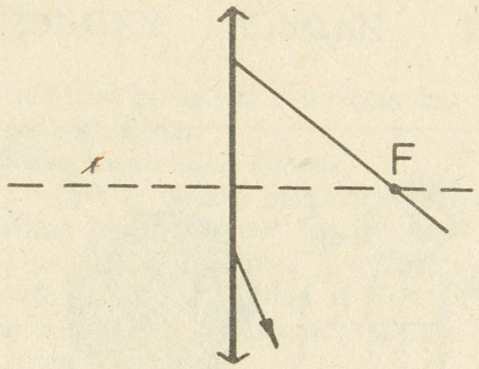
265. Koliko visok stub glicerina može uravnotežiti u U-cevi stub žive visok 20 cm? Za gustine ovih tečnosti uzeti podatke iz udžbenika.

266. Izračunati kolika je težina tega koji može podići balon zapremine 2 m³, napunjen vodonikom čija je gustina u balonu 0,09 kg/m³. Gustina vazduha je 1,29 kg/m³. Kolika bi trebalo da bude zaprenima balona, da bi on mogao podići čoveka mase 75 kg? Težinu balona zanemariti.

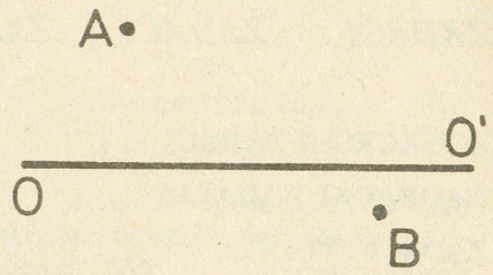
B) Za učenike VII razreda

267. Naći konstrukcijom položaj svetlosnog izvora, ako je poznat put dva zraka posle njihovog prelamanja (sl. 1). Jedan od ovih zrakova seče optičku osu sabirnog sočiva u njegovoj žiži. Rešenje obrazložiti.

268. Pomoću sočiva, čija je optička osa OO', dobijen je lik B tačke A (sl. 2). Gde je postavljeno sočivo, kakvo je to sočivo i gde se nalaze njegove žiže? Konstrukciju objasniti.



Slika 1.



Slika 2.

269. Osvetljen predmet nalazi se na rastojanju 15 cm od temena izdubljenog ogledala na glavnoj optičkoj osi. Lik predmeta dobija se na rastojanju 30 cm od ogledala. Na koju stranu i za koliko će se pomeriti lik predmeta, ukoliko se predmet približi ogledalu za 1 cm.

270. Na rastojanju 40 cm ispred sabirnog sočiva žižine daljine 25 cm nalazi se svetao predmet. Iza ovog sočiva, na istoj optičkoj osi, nalazi se drugo sabirno sočivo žižne daljine 50 cm. Koliko je rastojanje između ovih sočiva, ako je konačan lik realan i jednak predmetu?

C) Za učenike VIII razreda

271. Broj navojaka sekundarnog kalema jednog transformatora je pet puta manji od broja navojaka primarnog kalema. Merenjem je ustanovljeno da napon na krajevima sekundarnog kalema iznosi 11 V a izlazna snaga 0,55 W. Odrediti jačinu struje u primarnom kalemu ako je koeficijent korisnog dejstva transformatora 100%.

272. Za koliko se promeni talasna dužina crvene svetlosti frekvence $4 \cdot 10^{14}\,s^{-1}$ pri prelazu iz vazduha u staklo, ako znamo da je brzina prostiranja ove svetlosti u staklu $2 \cdot 10^{8}$ km/s?

273. Kakav je odnos maksimalnih brzina elektrona u rendgenskim cevima kod kojih je napon između anode i katode 40 kV, 70 kV i 150 kV?

D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

274. Koliki je induktivitet zavonjnice, ako se pri ravnomernoj promeni jačine struje u njoj od 5 do 10 A za 0,1 s pojavi *ems* samoindukcije jednaka 20 V? Kolika je bila vrednost energije magnetnog polja pri jačini struje od 5 A?

275. Telo pada sa visine $H = 240$ m i uranja u pesak na dubinu $h = 0{,}4$ m. Odrediti srednju silu otpora peska, ako je telo mase 2 kg počelo da pada brzinom $v_0 = 14$ m/s. Otpor vazduha zanemariti.

276. Kuglica pluprečnika $r_1 = 2$ cm je naelektrisana količinom elektriciteta $q_1 = 200$ C. Na većem rastojanju od nje postavljena je druga kuglica poluprečnika $r_2 = 3$ cm, na kojoj se nalazi količina elektriciteta $q_2 = 50$ C. Kolika će količina elektriciteta proteći žicom, ako se njome spoje ove kuglice? Naelektrisanje žice zanemariti.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

277. Koliko jezgara se raspada u 1 s u preparatu radioaktivnog izotopa iridijuma Ir^{192} i koliko atoma ovog preparata ostaje neraspadnuto kroz 30 dana, ako je njegova prvobitna masa iznosila 5 g? Period poluraspadada tog izotopa iridijuma iznosi 75 dana.

278. Maksimalan poluprečnik krivine putanje protona u ciklotronu iznosi 0,5 m a indukcija magnetnog polja 1 T. Koliku konstantnu razliku potencijala bi morali da pređu protoni da bi stekli istu veličinu brzine kao u datom ciklotronu?

279. Za merenje temperature peći u nju je stavljen jedan spoj termopara nikl-hrom s konstantom $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ V/K. Termopar je povezan sa galvanometrom unutrašnjeg otpora 2 kΩ. Vrednost jednog podeoka na sklai galvanometra oznosi 10^{-8} A/pod. Kolika je temparatura u peći ako pri temperaturi drugog spoja termopara od 15°C kazaljka galvanometra skrene 25 podeljaka?

Zadatke pripremili

Jablan Dojčilović i
Aleksandar Srećković

UPOTSTVO 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 sledćem nroju *Mladog fizičara*. Najuspešnijim rešavačima za svaki razred dodelićemo prigodne nagrade na kraju školske godine.

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

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

NAGRADNI ZADATAK

Na stolu se nalazi kuglica mase $m=0{,}01$ g i poluprečnika $r=1$ mm. Iznad ove kuglice nalazi se ista takva kuglica koja je učvršćena, tj. ne može da se kreće. Rastojanje između centara kuglica je 20 mm. Obe kuglice su naelektrisane istom količinom naelektrisanja, ali se na jednoj nalazi pozitivno naelektrisanje, a na drugoj isto toliko negativno naelektrisanje. Kolika treba da je potencijalna razlika između kuglica, da bi učvršćena kuglica privukla kuglicu koja se nalazi na stolu, odnosno da bi je odigla sa površine stola?

*

Do predaje rukopisa za ovaj broj »Mladog fizičara« u štampu nije stiglo nijedno tačno rešenje nagradnog zadatka iz broja 22. Ukoliko do izlaska iz štampe broja 24 stigne neko tačno rešenje, uzećemo ga u obzir.

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

KUPON

UČENIK .....

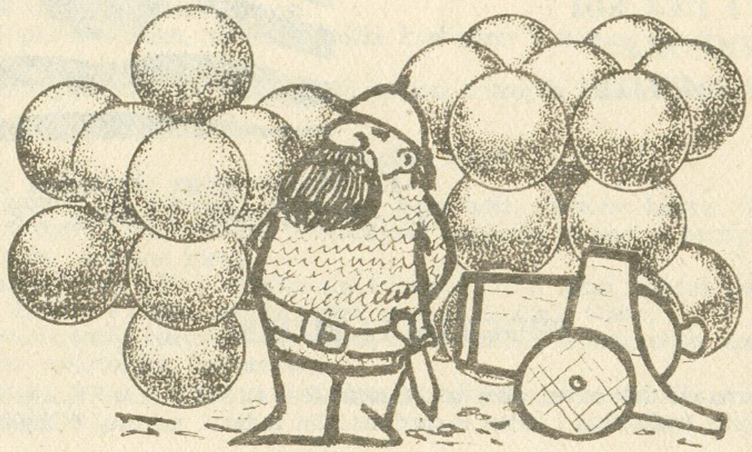
ŠKOLA I RAZRED .....

NASTAVNIK .....

ADRESA UČENIKA .....

ZADACI PITANJA

A. Odgovarcjućim instrumentom je konstantovano da u određenom delu prostora ne postoji električno polje. Međutim, kada je u taj deo prostora uneta naelektrisana kuglica, uočeno je da na nju deluje neko električno polje koje izaziva njeno kretanje. Naravno, ne radi se o električnom polju kuglice, jer ono ne može biti uzrok kretanja kuglice. O kakvom je električnom polju reč i kako se može objasniti nastanak tog polja?



B. I ovo je naizgled paradoksalan problem. Naime, imate informaciju o tome da su tela A i B provodnici, ali vam nećemo ništa reći o tome kakvog su oblika ti provodnici i kako su oni postavljeni jedan u odnosu na drugi. Na ta pitanja treba vi da nam odgovorite, a u tome treba da vam pomogne sledeći podatak: Ako se provodnik A naelektriše, onda će se na provodniku B pojaviti indukovana naelektrisanja. Međutim, ako se provodnik B naelektriše, na provodniku A se neće pojaviti indukovana naelektrisanja. Uzevši ovo u obzir, odgovorite: kako izgledaju provodnici A i B i kako su postavljeni?

C. Još jedan naizgled paradoksalan problem: Data je jedna nenaelektrisana metalna kugla i jedna naelektrisana metalna kugla. Kada se ove kugle spoje, naelektrisanja počinju da prelaze sa nenaelektrisane na naelektrisanu kuglu, a ne obrnuto, kako bi se moglo očekivati. Da li je i kada je moguće da naelektrisanja prelaze sa nenaelektrisanog na naelektrisano telo?

Odabrao: **Lj. Ristovski**

DEDICATED TO THE XIII INTERNATIONAL PHYSICS OLYMPIAD

CONSACRÉ A LA XIII OLYMPIADE INTERNATIONALE DE PHYSIQUE

GEWIDMET DER XIII INTERNATIONALEN PHYSIK OLIMPIADE

13. IPHO '82

13. Međunarodna olimpijada iz fizike
19.—29. jun 1982., Malente, SR Nemačka

PROGRAM IZ FIZIKE

Napomena: U dole navedenom spisku naznačene su sve oblasti fizike iz kojih će biti data tri teorijska (računska) i jedan eksperimentalni zadatak na ovoj olimpijadi

1. Mehanika materijalne tačke

— Osnovni pojmovi kinematike, brzina, ubrzanje, inercijalni sistem, princip inercije

— Masa i sila, sila teže, elastična sila, sile trenja.

— Osnovni zakoni mehanike, jednačina kretanja tela koje pada, kos hitac, strma ravan, zakon akcije i reakcije, zakon održanja energije, izolovani i neizolovani sistemi, kinetička i potencijalna energija, rad, snaga.

— Zakon impulsa, elastičan i neelastičan-sudar.

— Zakon gravitacije, potencijalna energija i rad u gravitacionom polju.

— Kretanje planeta i satelita, Keplerovi zakoni, tangencijalno ubrzanje, centripetalno ubrzanje, zakon površina.

2. Mehanika čvrstih tela

— Statika, ravnoteža, centar masa, moment sile, proste mašine.

— Kretanje čvrstog tela, translacija, rotacija, uglovna brzina, uglovno ubrzanje, spoljašnje i unutrašnje sile, jednačina kretanja čvrstog tela, moment inercije, Štajnerova teorema, slobodne ose, kinetička energija rotacionog kretanja.

— Zakon momenta impulsa, moment impulsa u izolovanom i neizolovanom sistemu, precesija.

— neinercijalni referentni sistemi, inercijalne sile.

3. Hidrodinamika i aerodinamika

— Hidrostatika, i aerostatika, pritisak, gustine, idealni gasovi, idealne tečnosti, raspodela pritiska u idealnim gasovima i tečnostima, barometarska formula (za visinu), Arhimedov zakon.

— Zakon strujanja, stacionarno strujanje, otpor sredine, jednačina kontinuiteta Bernulijeva jednačina.

4. Termodinamika

— Temperatura, termometar, termičko širenje.

— Unutrašnja energija, rad i toplota, Prvi i Drugi princip termodinamike, kalorimetrija.

— Gasni zakoni, model idealnog gasa, pritisak i kinetička energija molekula, Bojl-Mariotov zakon, Avogardov zakon, jednačina stanja idealnih gasova, izotermne i adijabatske promene stanje, Poasonova jednačina, specifična toplota pri konstantnom pritisku i konstantnoj zapremini.

— Promena agregatnog stanja.

— Toplotne mašine, termodinamički koeficijent korisnog dejstva, kružni ciklus, Karnoov ciklus.

— Entropija, povratni i nepovratni procesi, entropija i informacija.

5. Oscilacije i talasi

— Harmonijske oscilacije, jednačina oscilovanja, torziono klatno, fizičko klatno, matematičko klatno, amortizovane harmonijske oscilacije, prinudne harmonijske oscilacije, rezonancija, povratna sprega.

— Harmonijski talasi, transverzalni i longitudinalni talasi, talasna dužina i brzina prostiranja, Doplerov efekat, zvučni talasi, energija zvučnog talasa.

— Interferencija harmonijskih talasa, fazna razlika, interferencija linearna i cirkularna (kružna polarizacija, frekvencija).

— Stojeći talasi i sopstvena oscilovanja, odbijanje, transverzalne i longitudinalne sopstvene oscilacije.

6. Naelektrisanje i električna polja

— Naelektrisanje, zakon održanja naelektrisanja, Kulonov zakon.

— Električno polje, intenzitet polja, potencijal, polje naelektrisane sfere, polje naelektrisane ploče, polje kondenzatora, sila koja deluje na naelektrisanje u polju, rad pri pomeranju naelektrisanja, električni napon, kapacitet kondenzatora, gustina energije električnog polja. supstancija u električnom polju, svojstva provodnika i izolatora, dielektrična konstanta.

7. Struje i magnetna polja

— Jednosmerna struja, jačina struje, brzina kretanja elektrona u provodniku, specifični otpor, unutrašnji otpor izvora struje, Omov zakon, grananje struje, Kirhofovi zakoni, rad i snaga jednosmerne struje, Džulov zakon.

— Interakcija električnih struja i magnetnih polja, intenzitet (jačina) magnetnog polja, struje u magnetnom polju, Lorencova sila, naelektrisane čestice u magnetnom polju, magnetno polje struje, intenzitet polja: pravolinijskog provodnika, petlje i solenoida.

— Magnetno polje u materijalima, magnetne osobine materije, permeabilnost, feromagnetizam, histerezis, stalni magnet, magnetni moment, namagnetisanje.

— Indukcija, magnetni fluks, zakon indukcije, Lencovo pravilo, samoindukcija, koeficijent samoindukcije, gustina energije magnetnog polja.

— Naizmenična struja, omski otpor, kalem (solenoid) i kondenzator u kolu naizmenične struje, impedancija, reaktivni otpor, snaga naizmenične struje, naponska rezonancija, strujna rezonancija, fazni dijagrami, transformator, trofazna struja.

— Električna mašine, elektromagnet, generatori i motori jednosmerne i naizmenične struje.

— Električna provodljivost tečnosti, Faradejevi zakoni elektrolize.

— Poluprovodnici, sopstvena i primesna električna provodljivost, zonski model, tranzistori, diode, karakteristike, pojačanje (amplifikacija) i ispravljanje pomoću poluprovodnika.

— Električna provodljivost u gasovima i vakuumu, Edisonov efekt, udarna jonizacija, tinjavo pražnjenje, katodni zraci, elektronska lampa.

8. Elektromagnetni talasi

— Oscilatorno kolo, pobuđivanje povratnom spregom ili rezonancijom, Tomsonova formula, elektromagnetni talasi, Lecher-ov sistem, Hercovi talasi u prostoru, Maksvelove jednačine polja (kvalitativno).

— Elektromagnetni spektar, γ -zraci, X-zraci, svetlost, toplotno zračenje.

9. Optika

— Geometrijska optika, odbijanje, prelamanje, totalna refleksija, put zraka kroz optičke elemente, tanka sočiva.

— Talasna optika, brzina svetlosti, talasna dužina, svetlosti, Hajgensov princip, difrakcija na otvorima, difrakcija na dva bliska otvora, difrakcija na rešetki, interferencija, boje tankih slojeva

— Spektralno razlaganje svetlosti, disperzni spektri, difrakcioni spektri, linijski spektri gasova, boje, mešanje boja: aditivna i substraktivna boja tela.

— Polarizacija svetlosti, svetlost kao transverzalni talas, polarizacija odbijanjem, dvojno prelamanje, optička aktivnost.

— Optički instrumenti, uvećanje, moć razlaganja, toplotno zračenje, Kirhofov zakon zračenja, Štefan—Bolcmanov zakon zračenja.

— Dualizam talas-čestica, fotoelektrični efekt, foton, kvant, Plankova konstanta, energija i impuls fotona, Komptonov efekat, difrakcija elektrona, talasna dužina elektrona Hajzenbergova relacija neodređenosti.

UČEŠĆE NAŠIH UČENIKA NA XIII MEĐUNARODNOJ OLIMPIJADI IZ FIZIKE

Ove 1982. godine održaće se XIII međunarodna olimpijada iz fizike za učenike srednjih škola od 19. do 29. juna u Malenteu, SR Nemačka.

I naša zemlja je članica Međunarodne olimpijade iz fizike. Shodno tome Savez društva matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije, posredstvom Saveznog zavoda za međunarodnu naučnu, prosvetno-kulturnu i tehničku saradnju i Ambasade SR Nemačke u Beogradu, izvršio je prijavu naše delegacije za učešće u takmičenjima iz fizike na 13. međunarodnoj olimpijadi.

Komisija za mlade fizičare Saveza odrediće našu olimpijsku ekipu od pet učenika na osnovu postignutih rezultata na ovogodišnjem Saveznom takmičenju iz fizike. Na osnovu odluke komisije, Društvo matematičara i fizičara SAP Vojvodine kao domaćin Saveznog takmičenja iz fizike odrediće pedagoškog rukovodioca ekipe učenika, koji će tokom prve polovine meseca juna vršiti višednevnu pripremu učesnika olimpijade.

Na Saveznom takmičenju iz fizike učenici srednih škola Jugoslavije takmiče se iz fizike u tri takmičarske grupe:

A grupa: mehanika i toplota;

B grupa: oscilacije i talasi; elektricitet i magnetizam i

C grupa: optika i fizika atoma sa teorijom relativnosti.

Koncepcija takmičenja iz fizike na međunarodnim olimpijadama znatno se razlikuje od našeg Saveznog takmičenja. Naime, dok se na Saveznom takmičenju učenici takmiče po grupama odnosno po oblastima fizike, na

međunarodnim olimpijadama takva podela ne postoji, i svaki takmičar radi četiri računska zadatka i jednu eksperimentalnu vežbu iz sledećih oblasti fizike: mehanika, termodinamika (struktura i osobine supstancije), elektrostatika, električna struja, elektromagnetizam, optika, elementi atomske i nuklearne fizike.

Ovako naglašena razlika u sistemima takmičenja dovodi naše učenike na međunarodnim takmičenjima iz fizike u podređen položaj, jer se na Saveznom takmičenju svako takmiči u »svojoj« oblasti, a na međunarodnoj sceni traba da »pokriva« ceo program iz fizike. Da li će se te razlike moći ublažiti sedmodnevnom ili desetodnevnom pripremom naših učenika za olimpijadu?

Svakako bi trebalo odmah po završenom Saveznom takmičenju organizovati »selektivnu olimpijadu« od učenika koji su osvojili I, II i III mesto, i koji bi rešavali isključivo zadatke sa dosadašnjih 12 održanih međunarodnih olimpijadi iz fizike ili pak njima slične, i na bazi postignutih rezultata na ovoj olimpijadi odrediti ekipu učenika koji bi predstavljali Jugoslaviju u SR Nemačkoj.

Putne i druge troškove boravka učenika na Saveznom i olimpijskom takmičenju iz fizike, kao i višednevne pripreme za olimpijska takmičenja snosi matična škola učenika, odnosno matična SIZ obrazovanja (Pravilnik o takmičenju učenika osnovnih i srednjih škola u oblasti fizike, Član 15., »Republički seminar o nastavi fizike 1981«.)

Olimpijski prilozi: **D. Grujić**

REŠENJE KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF 23

248, Fizička veličina, od koje zavisi da li će neko homogeno telo plivati ili potonuti u datoj tečnosti, je gustina tela. To znači, da bi moglo da se odgovori na postavljeno pitanje, treba odrediti gustinu tela i uporediti je sa gustinom tečnosti. Gustina tela se izračunava deljenjem mase tela, date u kilogramima, njegovom zapreminom, izraženu u kubnim metrima: $\rho = m/V$. Zapremina tela je jednaka $V = abc$. Pošto je u zadatku data težina Q, a ne njegova masa, to se ista izračunava tako što se težina tela izražena u njutnima, podeli sa konstantom $g = 9{,}81\ \mathrm{N/kg}$: $m = Q/g$. Tako gornji izraz za gustinu dobija oblik:

$$\rho = m/V = \frac{Q}{g \cdot a \cdot b \cdot c}.$$

Zamenom brojnih vrednosti dobija se da je gustina tela $\rho = 2508{,}5\ \mathrm{kg/m^3}$. Vidi se da je gustina tela neznatno veća od gustine tečnosti, što znači da će telo, ako se stavi u ovu tečnost, lagano potonuti.

249. Kako je nit neistegljiva, to će se i telo A kretati konstantnom brzinom po površini stola. Jednoliko pravolinijsko kretanje tela A je posledica delovanja dveju kolinearnih sila, suprotnog smera, a iste jačine. Te dve sile koje deluju horizontalno na telo A su sila trenja

i težina tela B, koja ne telo A deluje preko konca. Znači, pošto se telo A kreće ravnomerno pravolinijski, to intenziteti sile trenja i težinje tela B treba da budu jednaki: $F_{tr} = Q = 6\,N$. Odnos jačine dile trenja koja deluje na telo A i intenziteta njegove težine je $F_{tr}/Q_A = 6\,N/14\,N = 0{,}428$. Ovaj odnos se u fizici naziva koeficijent trenja i on predstavlja važnu karakteristiku kretanja tela po realnim površinama.

250. Čovek, nalazeći se na kraju odskočne daske, deluje na nju momentom sile koji ima maksimalan intenzitet. Brojna vrednost momenta sile jednaka je proizvodu intenziteta težine čoveka i dužine daske: $M = Q \cdot L$. Kako je težina čoveka jednaka proizvodu njegove mase i konstante $g (g = 9{,}81\,N/kg$ — ubrzanje Zemljine teže): $Q = mg$, to je traženi moment sile jednak:

$$M = m \cdot g \cdot L = 75\,kg \cdot 9{,}81\,M/kg$$

$$2\,m = 1471{,}5\,Nm.$$

251. Iz izraza za snagu transformacijom se dobija

$$P = A/t = F \cdot s/t,$$

gde je A — rad koji kit izvrši na savlađivanje sile otpora F na putu s; t — vreme. Iz ovog izraza sledi da je

$$F = \frac{P \cdot t}{s} = \frac{132\,kW \cdot 60\,s}{450\,m} = 17{,}6\,kN.$$

252. Količina toplote, potrebna za zagrevanje leda od temperature $t = -15°C$ do temperature topljenja leda $t_1 = 0°C$, jednaka je

$$Q_1 = c_1 m (t_1 - t),$$

gde je c_1 — specifična toplota leda. Pošto je led doveden do temperature topljenja, potrebna mu je još energija za topljenje. Ta količina toplote jednaka je proizvodu latentne toplote topljenja i mase leda: $Q_2 = \lambda \cdot m$.
Ukupna količina toplote potrebna za prevođenje 5 kg leda na temperaturi $-15°C$ u vodi jednaka je zbiru gornjih količina toplote:

$$Q = Q_1 + Q_2 = c_1 m (t_1 - t) + \lambda \cdot m =$$

$$= 1{,}8 \frac{kJ}{kg\,C} (0 + 15)°C \cdot 5\,kg +$$

$$+ 340 \frac{kJ}{kg} \cdot 5\,kg = 135\,kJ +$$

$$+ 1700\,kJ = 1835\,kJ.$$

253. Poznato nam je da je snaga P, u slučaju ravnomernog kretanja, jednaka proizvodu aktivne sile (sile vuče motora) F_a i brzine kretanja v:

$$P = F_a v. \qquad (1)$$

Na delu puta gde se automobil kretao konstantnom brzinom aktivna sila bila je uravnotežena rezultantnom silom trenja i otpora vazduha F_{tr}:

$$F_a = F_{tr}. \qquad (2)$$

Po prestanku delovanja aktivne sile na automobil deluje samo rezultantna sila trenja i otpora vazduha u smeru nasuprot kretanju. Pod dejstvom ove sile automobil mase m kretaće se usporeno konstantnim ubrzanjem a. Rezultantnu silu F_{tr}, na osnovu prethodnog, možemo izraziti u obliku

$$F_{tr} = ma. \qquad (3)$$

Kako je ubrzanje konstantno, a brzina se menja od vrednosti v do nule za izvesno vreme t, sledi da je apsolutna vrednost ubrzanja

$$a = \frac{v}{t}. \qquad (4)$$

Koristeći poznat izraz za pređeni put s u funkciji vremena t kod jednako ubrzanog (usporenog) kretanja: $s = v_{sr} t$, gde je $v_s = v/2$ srednja vrednost brzine kada je krajnja brzina jednaka nuli, dobijamo da se automobil zaustavlja posle vremena

$$t = \frac{2s}{v} \qquad (5)$$

od trenutka isključenja motora iz pogona.
Sukcesivnom zamenom dobijenih izraza (5) u (4), (4) u (3), (3) u (2), (2) u (1), konačno dobijamo izraz za snagu motora u funkciji zadanih veličina (m, v, s):

$$P = \frac{mv^3}{2s} = \frac{10^3\,kg}{2} \frac{20^3\,m^3/s^3}{10^3\,m} =$$

$$= 4 \cdot 10^3 \frac{J}{s} = 4\,kW.$$

254. Ukoliko potencijalnu energiju računamo u odnosu na nivo zemlje, ukupna energija E_0 tela u trenutku izbačaja jednaka je njegovoj kinetičkoj energiji E_{k0}:
$E_0 = E_{k0} + E_{p0} = E_{k0} = mv^2_0/2$
gde je m — masa tela a v_0 — početna brzina kojom je telo bačeno vertikalno uvis. Slično prethodnom, u trenutku udara tela o zemlju ukupna energija E_1 jednaka je kinetičkoj energiji E_{k1}:
$E_1 = E_{k1} + E_{p1} = E_{k1} = mv^2_1/2$,
gde je v_1 — brzina kojom telo udara o zemlju. Deo energije tela, koji je utrošen na vršenje rada A protiv sila otpora vazduha, jednak razlici početne energije E_0 i krajnje energije E_1, iznosi:

$$E_0 - E_1 = A = E_{k0} - E_{k1} =$$

$$= \frac{m}{2}(v_0^2 - v_1^2) =$$

$$= \frac{0{,}4\,kg}{2}(20^2 - 10^2)\frac{m^2}{s^2} = 60\,J.$$

Ukoliko su sile otpora konstantne duž celog puta, rad utrošen pri kretanju tela uvis jednak je polovini ukupnog rada: $A_0 = A/2$. Energija tela na nivou maksimalne visine h_1 jednaka je razlici energije tela na nivou tla i rada A_0 nasuprot silama otpora vazduha u jednom smeru kretanja tela. Kako je kinetička energija na nivou h_1 jednaka nuli sledi:

$$mgh_1 = \frac{mv_0^2}{2} - A_0 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{A}{2} =$$

$$= \frac{mv_0^2}{2} - \frac{1}{2}\left(\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}\right) =$$

$$= \frac{m}{4}(v_0^2 - v_1^2).$$

Odavde lako nalazimo vrednost maksimalne visine:

$$h_1 = \frac{v_0^2 - v_1^2}{4g} = \frac{(20^2 - 10^2)\,m^2/s^2}{4 \cdot 9{,}81\,m/s^2} =$$

$$= 12{,}7\,m.$$

U slučaju kada nema sila otpora vazduha potencijalna energija tela na nivou maksimalne visine h_2 jednaka je kinetičkoj energiji u trenutku izbačaja tela

$$mgh_2 = mv^2_0/2.$$

Iz prethodnog sledi da bi u datom slučaju telo dostiglo zr[illegible] visinu:

$$h_2=\frac{v_0^2}{2g}=\frac{20^2\,m^2/s^2}{2\cdot 9{,}81\,m/s^2}=20{,}4\text{ m}.$$

255. Elektroni koji su oslobođeni iz katode termoelektronskom emisijom kreću se pod dejstvom električnog polja prema anodi. Po većanje kinetičke energije elektrona vrši se na račun rada električnog polja: $E_{k2}-E_{k1}=A$; E_{k1} i E_{k2} su kinetičke energije elektrona na katodi odnosno na anodi a A je rad električnog polja. Kako iz katode elektroni izleću s različitim brzinama, od nulte do neke maksimalne vrednosti — zavisno od temperature na katodi, sledi da će minimalnu brzinu (v_{2min}) na anodi imati oni elektroni čija je brzina na katodi bila jednaka nuli ($v_1=0$, $E_{k1}=0$). Promena kinetičke energije ovih elektrona jednaka je minimalnoj kinetičkoj energiji elektrona pri udaru u anodu:

$$E_{k2}=\frac{m}{2}\,v_{2\min}^2=A,$$

gde je m — masa elektrona. Kako je rad u električnom polju jednak proizvodu napona U i količine elektriciteta (naelektrisanje elektrona) e: $A=eU$, sledi $mv^2{}_{2min}/2=eU$. Konačno dobijamo izraz za minimalnu brzinu elektrona pri udaru u anodu:

$$v_{2\min}=\sqrt{\frac{2\,eU}{m}}.$$

Za vrednost napona: a) $U=500$V, minimalna brzina elektrona iznosi

$$v_{2\min}=\sqrt{\frac{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\,C\cdot 500\,V}{9{,}1\cdot 10^{-31}\text{ kg}}}=$$

$$=1{,}33\cdot 10^7\text{ m/s};$$

b) $U=5$ kV, minimalna brzina elektrona iznosi

$$v_{2\min}=$$

$$=\sqrt{\frac{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\,C\,5\cdot 10^3\,V}{9{,}1\cdot 10^{-31}\text{ kg}}}=$$

$$=4{,}19\cdot 10^7\text{ m/s}.$$

256. Ukoliko matematičko klatno osciluje u sistemu koji miruje, ili se pak kreće ravnomernom brzinom, period klatna dat je relacijom

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},\qquad(1)$$

gde je l — dužina klatna a g — ubrzanje Zemljine teže. Kada se sistem kreće ubrzano konstantnim ubrzanjem a, tada na klatno deluje tzv. inercijalna sila saopštavajući mu ubrzanje — a u suprotnom od smera vektora ubrzanja celog sistema. U našem slučaju, kada se lift spušta ubrzanjem a na klatno deluje dodatna inerciona sila, saopštavajući mu ubrzanje u smeru suprotnom od smera kretanja lifta. Ukupno ubrzanje klatna je g-a pa je analogno izrazu (1) period oscilovanja klatna u ovom slučaju

$$T_1=2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}.\qquad(2)$$

Kada se lift podiže ubrzanjem a, slično prethodnom možemo zaključiti da će period oscilovanja biti

$$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}.\qquad(3)$$

Iz izraza (2) i (3) zaključujemo da je period klatna pri spuštanju lifta veći od perioda klatna pri podizanju lifta istom apsolutnom vrednošću ubrzanja ($T_1>T_2$). U tekstu zadatka izvršena je zamena brojnih vrednosti podataka (treba da stoji: $T_1=2{,}1$ s, $T_2=2{,}1$ s). Međutim, iz podataka koji su dati

dobijaju se tačne brojne vrednosti s tim što se za ubrzanje dobija negativna vrednost koja i ukazuje da je izvršena inverzija podataka. Kvadriranjem i sređivanjem izraza (2) i (3) dobijamo

$$g-a=4\pi^2\,l/T_1^2\qquad(4)$$

$$g+a=4\pi^2\,l/T_2^2\qquad(5)$$

Iz izraza (4) sledi

$$l=\frac{T_1^2}{4\pi^2}(g-a).\qquad(6)$$

Smenom (6) u (5) dobijamo:

$$g+a=\frac{T_1^2}{T_2^2}(g-a).\qquad(7)$$

Sređivanjem izraza (7) nalazimo traženu vrednost ubrzanja

$$a=g\,\frac{T_1^2-T_2^2}{T_1^2+T_2^2}=9{,}81\,\frac{m_2}{s}\cdot$$

$$\cdot\frac{2{,}1^2-2{,}0^2}{2{,}1^2+2{,}0^2}=0{,}478\text{ m/s}^2.$$

Sabiranjem izraza (4) i (5) sledi

$$2g=4\pi^2\left(\frac{1}{T_1^2}+\frac{1}{T_2^2}\right)l=$$

$$=4\pi^2\,\frac{T_1^2+T_2^2}{T_1^2\,T_2^2}\cdot l,$$

odakle dobijamo da je dužina klatna

$$l=\frac{g}{2\pi^2}\,\frac{T_1^2\,T_2^2}{T_1^2+T_2^2}=\frac{9{,}81\,m/s^2}{2\pi^2}\cdot$$

$$\cdot\frac{2{,}1\,2{,}0^2}{2{,}1^2+2{,}0^2}=1{,}042\text{ m}.$$

257. Kako je brzina prostiranja talasa (v) jednaka odnosu talasne dužine (λ) i perioda oscilovanja (T) izvora talasa, sledi da brzina prostiranja zvučnih talasa kroz sredinu »1« iznosi

$$v_1=\frac{\lambda}{T}=\frac{1{,}45\text{ m}}{0{,}001\,s}=1450\text{ m/s}.$$

(U tekstu zadataka omaškom je ispuštena cela rečenica: »Talasna dužina zvučnog talasa koji se prostire kroz sredinu »1« iznosi $\lambda_1=1{,}45$ m«. Bez ovog podatka zadatak se ne može rešiti.) Iz dobijene vrednosti za brzinu v_1 zaključujemo da je sredina »1« voda. Dužinu $s=1$ km zvučni talas koji se kreće kroz vodu (sredinu »1«) brzinom v_1 pređe za vreme

$$t_1=\frac{s}{v_1}=\frac{1000\text{ m}}{1450\text{ m/s}}=0{,}69\text{ s}.$$

Zvučni talas koji se prostire kroz sredinu »2« prelazi rastojanje s za vreme koje je 2,25 s duže od prethodnog

$$t_2=t_1+2{,}25\text{ s}=0{,}69\text{ s}+2{,}25\text{ s}=\quad\text{i}$$

$$=2{,}94\text{ s},$$

krećući se brzinom

$$v_2=\frac{s}{t_2}=\frac{100\text{ m}}{2{,}94\,s}=340\text{ m/s}.$$

Ovu brzinu imaju zvučni talas koji se prostiru kroz vazduh.

258. Ukupna energija lopte data je izrazom

$$E=mv^2/2+I\omega^2/2,$$

gde je ω — ugaona brzina a I — moment inercije lopte u odnosu na osu koja prolazi kroz, njen centar ($I=2mr^2/5$). Kako je ugaona brzina lopte data odnosom brzine v i poluprečnika r, to izraz za energiju dobija oblik

$$E=\frac{mv^2}{2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{5}\,mr^2\cdot\frac{v^2}{r^2}=\frac{7}{10}\,mv^2.$$

Zamenom brojnih vrednosti za

masu m i brzinu v, dobija se da je ukupna energija lopte $E=630$ J.

259. a) Prema relaciji koja povezuje vremenske intervale u pokretnom i nepokretnom koordinatnom sistemu dobija se

$$t=\frac{t_0}{\sqrt{1-\beta^2}}=\frac{0{,}6\text{ god}}{\sqrt{1-0{,}81}}=$$

$$=176\text{ godina;}$$

b) Gustina šipke je $\rho=m/V=m/LS$ (ovde se poprečni presek šipke ne menja pošto je normalan na pravac kretanja rakete). Masa šipke za nepokretnog posmatrača se povećava $m=m_0/\sqrt{1-\beta^2}$, a njena dužina se skraćuje prema zakonu $L=L_0\sqrt{1-\beta^2}$ što znači da je gustina šipke

$$\rho=\frac{m_0}{L_0 S(1-\beta^2)}=\frac{\rho_0}{1-\beta^2}=$$

$$=\frac{2700\text{ kg/m}^3}{1-0{,}9^2}=14210\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}.$$

260. Po apsolutnoj vrednosti količina kretanja prvih kolica treba da je jednaka količini kretanja drugih kolica, pošto je u početnom trenutku ukupan zbir količina kretanja jednak nuli; tj. $m_1 v_1=m_2 v_2$ Sledi dalje $v_1/v_2=m_2/m_1=3/2$.
Kretanje kolica je usporeno zbog delovanja sile trenja. Sile tenja se određuju iz koeficijenta trenja i težine kolica

$$F_1=km_1 g \text{ i } F_2=km_2 g.$$

Odnos sila trenja je jednak $F_2/F_1=m_2/m_1$.
Pod dejstvom sile trenja brzina kolica se smanjuje sve dok se ona ne zaustave. Impuls sile trenja je jednak promeni količine kretanja: $F_1 t_1=m_1 v_1$ i $F_2 t_2=m_2 v_2$.
Odavde sledi da je

$$t_1/t_2=\frac{F_2}{F_1}\cdot\frac{m_1 v_1}{m_2 v_2}=F_2/F_1=m_2/m_1.$$

Putevi koji pređu kolica, posle odvajanja od opruge pa do zaustavljanja, su respektivno:

$$s_1=v_{1\,sr}\cdot t_1=\frac{v_1}{2}t_1 \text{ i}$$

$$s_2=v_{2\,sr}\cdot t_2=\frac{v_2}{2}t_2,$$

a njihov odnos:

$$\frac{s_1}{s_2}=\frac{v_1 t_2}{v_2 t_2}=\frac{m_2}{m_1}\cdot\frac{m_2}{m_1}=\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2=\frac{9}{4}.$$

261. Iz činjenice da se kinetička energija fotoelektrona troši na rad u elektrostatičkom polju između elektroda: $mv^2/2=eUz$, gde je m — masa, v — brzina, e — naelektrisanje elektrona, a Uz— zakočni napon. Ajnštajnovu jednačinu za fotoelektrični efekt

$$h\nu=A+mv^2/2,$$

gde je h — Plankova konstanta, ν — frekvenca upadnog zračenja, A — izlazni rad elektrona sa površine metala, možemo napisati u obliku

$$h\nu=A+eUz.$$

Odavde sledi da talasna dužina upadnog zračenja iznosi:

$$\lambda=\frac{c}{\nu}=\frac{ch}{A+eU_z}=$$

$$\frac{3\cdot10^8\text{ m/s}\cdot6{,}625\cdot10^{-34}\text{ Js}}{5{,}3\cdot1{,}60\cdot20^{-19}\text{ J}+1{,}6\cdot10^{-19}\cdot0{,}8\text{J}}$$

$$=204\text{ nm},$$

gde smo sa c označili brzinu svetlosti a znamo da je le $V=1{,}6\cdot10^{-19}$J
Na osnovu Ajnštajnove jednččine sledi da je fotoefekat moguć jedino ukoliko je $h\nu=hc/\lambda\geqslant A$, odnosno $\lambda\leqslant hc/A$.
Maksimalna vrednost talasne dužine upadnog zračenja, iznad koje nije moguć fotoefekat na datom metalu, iznosi

$$\lambda_{\max}=\frac{hc}{A}=$$

$$=\frac{6{,}625\cdot10^{-34}\text{ Js }3\cdot10^8\text{ m/s}}{5{,}3\cdot1{,}60\cdot10^{-19}\text{ J}}=$$

$$=234\text{ nm}.$$

262. Neutroni, kao mikročestice, pri određenim uslovima ispoljavaju talasna svojstva. Takav slučaj je difrakcija neutrona na kristalografskim ravnima čvrstih tela (kristala). Na osnovu Bragove jednačine, koja nam je poznata pri izučavanju difrakcije rendgenskog zračenja ($n\lambda=2d\sin\theta$). sledi da će se refleksija prvog reda ($n=1$) sa date porodice kristalografskih ravni ($d=0{,}210$ nm), pojaviti pod uglom od $\theta=45°$ samo ukoliko upadni neutroni budu imali talasnu dužinu $\lambda=2d\sin\theta=2.0{,}210\sin45°=$ $=0{,}297$ nm. Na osnovu de Brolјeve formule $\lambda=h/mv$, sledi da predhodan uslov ispunjavaju neutroni koji imaju brzinu

$$v=\frac{h}{m\lambda}=$$

$$=\frac{6{,}625\cdot10^{-34}\text{ Js}}{1{,}675\cdot10^{-27}\text{kg}\cdot0{,}297\text{ nm}}=$$

$$1{,}33\cdot10^3\text{ m/s}.$$

263. Linije u spektrima atoma vodonika karakterišu se talasnim dužinama λnm za koje važi formula

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

gde je $n=1,2,3,\ldots$, a $m>n$ takođe je ceo broj, odakle je

$$\lambda_{nm}=\frac{n^2 m^2}{R(m^2-n^2)}=$$

$$=\frac{(nm)^2}{R(m+n)(m-n)}.$$

Za datu seriju (n=const, $m=n+1$, $n+2$, $n+3,\ldots$) maksimalnu talasnu dužinu imaće linija za koju je $m=n+1$:

$$\lambda_n=\frac{[n(n+1)]^2}{R(2n+1)}.$$

Za Lajmanovu seriju ($n=1$) maksimalna talasna dužina iznosi

$$\lambda_1=\frac{(1\cdot2)^2}{R(2\cdot1+1)}=\frac{4}{3R},$$

a za Balmerovu seriju ($n=2$) maksimalna talasna dužina iznosi

$$\lambda_2=\frac{(2\cdot3)^2}{R(2\cdot2+1)}=\frac{36}{5R}.$$

Elimincijom Ridbergove konstante R (čija brojna vrednost nam u ovom zadatku nije potrebna) iz zadnja dva izraza dobijamo da će se u spektru Balmerove serije pojaviti linija maksimalne talasne dužine

$$\lambda_2=\frac{27}{5}\lambda_1=5{,}4\cdot122\text{ nm}=659\text{ nm}.$$

Rešenje nagradnog zadatka iz broja 22

Nađimo najpre vezu između atmosferskog pritiska i veličina koje su date ili se mogu meriti lenjirom.

Ako je epruveta u vertikalnom položaju i okrenuta otvorom naviše, pritisak vazdušnog stuba ispod živinog stuba jednak je zbiru atmosferskog pritiska P_a i pritiska ρgh koji potiče od živinog stuba, gde je $h=0{,}04$ m, dužina živinog stuba:

$$P_1=P_a+\rho gh. \quad (1)$$

Da bismo odredili P_a, treba prethodno da odredimo pritisak P_1. U tu svrhu možemo postupiti na sledeći način:

Izvrnimo epruvetu tako da opet bude u vertikalnom položaju, ali sa otvorom dole. Tada će se stub žive spustiti naniže, ali neće iscureti iz epruvete. Ako sa P_2 označimo pritisak vazdušnog stuba iznad žive, onda iz Bojl-Mariotovog zakona sledi da je

$$P_1V_1=P_2V_2, \quad (2)$$

gde je V_1 zapremina vazdušnog stuba u prvobitnom položaju (otvor epruvete gore), a V_2 zapremina u drugom položaju (otvor epruvete dole). Ako sa L_1 označimo dužinu vazdušnog stuba u prvobitnom položaju (rastojanje od dna epruvete do živinog stuba), sa L_2 dužinu vazdušnog stuba u drugom položaju, a sa S poprečni presek epruvete, onda je $V_1=SL_1$ i $V_2=SL_2$, pa jednačina (2) postaje

$$P_1L_1=P_2L_2. \quad (3)$$

U drugom položaju, kada je otvor epruvete dole, važi sledeća veza između pritiska vazdušnog stuba P_2 i atmosferskog pritiska P_a

$$P_a=P_2+\rho gh. \quad (4)$$

Ako iz jednačine (3) izrazimo P_2 i to zamenimo u jednačinu (4), dobićemo da je atmosferski pritisak jednak:

$$P_a=\frac{L_1}{L_2}P_1+\rho gh.$$

Ako zatim iz jednačine (1) izrazimo pritisak P_1 i dobijeni izraz zamenimo u ovu jednačinu, dobićemo sledeći rezultat

$$P_a\left(1-\frac{L_1}{L_2}\right)=\rho gh\left(1+\frac{L_1}{L_2}\right),$$

odnosno

$$P_a=\rho gh\frac{L_2+L_1}{L_2-L_1}. \quad (5)$$

Prema tome, postupak merenja atmosferskog pritiska je sledeći:

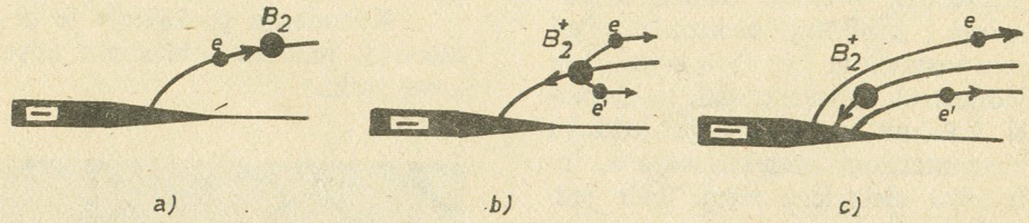
1. Epruveta se postavi u vertikalni položaj, tako da joj otvor bude gore i izmeri se dužina vazdušnog stuba L_1 ispod žive,

2. Epruveta se okrene tako da joj otvor bude dole i ponovo se izmeri dužina vazdušnog sruba L_2, koji se sada nalazi iznad žive, odnosno između dna epruvete i žive.

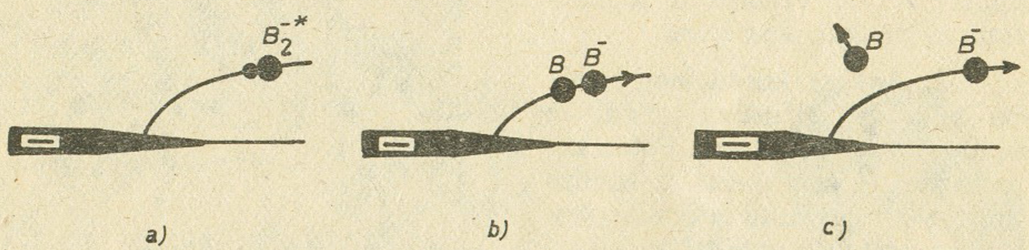
3. Dobijene vrednosti za L_1 i L_2 se zamene u formulu (5) u kojoj se gustina žive ρ i dužina živinog stuba poznate veličine.

(Nastavak sa str. 16)

1. U oblasti u kojoj se javlja koronalno pražnjenje javlja se povećan broj jona. Da bi se izmerila koncentracija jona u vazduhu (broj jona u jedinici zapremine), treba ostvariti protok vazduha, kolekciju jona i merenje slabih struja.

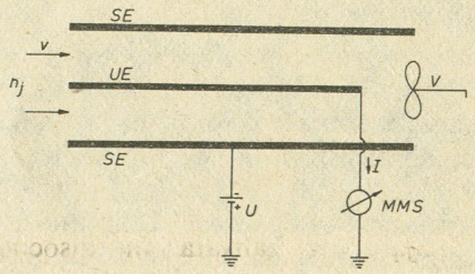


Slika 5: Jonizacija molekula u vazduhu. a) Elektron se sudara sa molekulom u vazduhu B_2; b) Ako elektron e poseduje dovoljno energije može izazvati jonizaciju molekula — otkidanje jednog elektrona; c) Tako stvoren pozitivan jon se ubrzava u elektrostatičkom polju šiljka i može ponovo da izazove emisiju sekundarnih elektrona.



Slika 6: Disocijativni zahvat. a) Elektron se zahvata u molekul i formira jon u pobuđenom stanju; b) Pobuđeni negativni jon se disosuje u neutral i negativni jon; c) Negativan jon je ubrzan u polju i odlazi od šiljka.

Kao kolektor jona mogu poslužiti dve cilindrične cevi, jedna malog prečnika (UE), druga većeg (SE), između kojih je ostvaren protok vazduha pomoću malog ventilatora (V). Kada hoćemo da merimo koncentraciju negativnih jona, spoljašnja cev se dovodi na negativan potencijal, a obrnuto za pozitivne jone. Zbog odbijanja istorodnih naelektrisanja, javlja se usmereno kretanje jona ka unutrašnjoj elektrodi. Joni se na njoj neutrališu i time izazivaju tok električne struje. Intenzitet električne struje, koji je srazmeran broju jona koji padne na elektrodu,



Slika 7: Šematski prikaz merača koncentracije jona u vazduhu

meri se meračem malih struja (MMS). Šema uređaja za određivanje koncentracije jona je data na slici 7.

Ako se u vazduhu nalazi koncentracija jona jednaka n i ako ventilator ostvaruje strujanje vazduha brzinom v, tada će broj jona koji padne na unutrašnju elektrodu u jedinici vremena biti jednak: $n_j vS$, gde je S površina poprečnog preseka između unutrašnje i spoljašnje elektrode. Pod pretpostavkom da je svaki jon jednostruko naelektrisan, tj. da nosi količinu naelektrisanja jednaku elementarnom naelektrisanju e, intenzitet električne struje biće jednak:

$$I = en_j vS.$$

Iz ove relacije možemo da odredimo nepoznatu koncentraciju jona n_j mereći I i v. Veličina S je konstantna za datu aparaturu.

2. Analiza koronalnog svetla po talasnim dužinama izvodi se optičkim spektrometrom. Foton koji dospeva u instrument za analizu nastaje pri prelasku atomske čestice iz jednog energetskog stanja u drugo. Stoga spektralna analiza daje podatke o vrsti čestica koje učestvuju u procesu, energijama koje se razmenjuju, kao i o mehanizmu te razmene.

Spektroskopska ispitivanja koronalnog svetla bakarnog šiljka na potencijalu oko 3000 V (vidi fotografiju na sl. 8) vršena su u Institutu za fiziku u Beogradu krajem 1981. godine. Rezultati analize ukazuju da su oko šiljka prisutni uglavnom pobuđeni molekuli azota (N_2) koji pri spontanom povratku u osnovno stanje emituju fotone u vidljivom i ultraljubičastom delu spektra. Fotografija je snimljena propuštanjem svetlosti korone kroz sočiva od običnog stakla koje apsorbuje UV zračenje. Stoga se pored centratnog dela korone na fotografiji vidi i dosta pravilan plavi krug. On potiče od fluorescencije stakla objektiva pod dejstvom UV svetlosti korone.

Zašto se proučava korona?

Koronalno pražnjenje je prisutno u mnogim oblastima čovekove prakse.

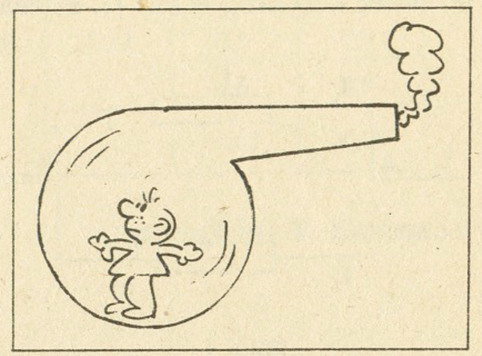
Slika 8: Fotografija korone

U tehnici, korona je značajna zbog štetnog dejstva u radio vezama. Sem toga, »plamen svete Elme« je uzrok značajnih gubitaka električne energije u dalekovodima visokog napona.

Kada se za ubrzanje naelektrisanih čestica koriste uređaji sa vrlo visokim naponima (Van der Grafov generator), koronalno pražnjenje predstavlja bitan ograničavajući faktor.

Korona je jednostavan i efikasan izvor jona u vazduhu (aerojona), te se u novije vreme koristi za nadoknađivanje negativnih jona koji se na razne načine gube iz čovekove životne i radne sredine, a njihov nedostatak nepovoljno deluje na zdravlje i radnu sposobnost ljudi.

UČENIČKA LABORATORIJA



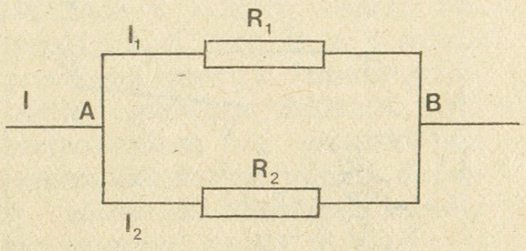
ODREĐIVANJE EKVIVALENTNE OTPORNOSTI PARALELNE VEZE OTPORNIKA

Ovih takmičarskih dana mladi fizičari intenzivno vežbaju u laboratorijama. U osnovnoj školi »*Vuk Karadžić*« u Surčinu tako je preko cele školske godine. To saznajemo iz razgovora sa mladim fizičarima ove škole: *Snežanom Milovanović*, *Slavišom Nikolić*, *Snežanom Kalaver*, *Mišom Đurić* i drugima. Kažu da se fizika mnogo lakše izučava kroz eksperimentalni rad. Veština i preciznost u radu ovih mladih fizičara poznate su svima koji su imali prilike da se takmiče sa njima. Razume se, nisu izostale nagrade, pohvale i priznanja na nivou opštine, grada, republike...

U kabinetu za fiziku primetili smo cveće! I ono nam pomaže, jer se bolje radi ako je atmosfera prijatnija, kaže njihova nastavnica *Ljubica Crnjanski*.

Iz mnoštva uredno sređenih vežbi izabrali smo jednu.

Paralelnom vezom dva otpornika naziva se veza u kojoj su krajevi jednog otpornika vezani za po jedan kraj drugog (sl. 1). Prema



Slika 1.

prvom Kirhofovom pravilu, primenjenom na čvor *A*, struja je:

$$I = I_1 + I_2.$$

Napon na krajevima paralelno vezanih otpornika je jednak, tj.

$$U = U_1 = U_2. \qquad (1)$$

Prema Omovom zakonu otpornost pojedinih grana iznosi

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \text{ i } R_2 = \frac{U}{I_2}, \qquad (2)$$

odakle je

$$R_1 I_1 = R_2 I_2,$$

odnosno

$$I_1 : I_2 = R_2 : R_1.$$

Prema tome, odnos jačina struja u dvema paralelnim granama obrnuto je proporcionalan otpornostima tih grana. Iz jednačina (1) i (2) sledi:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2},$$

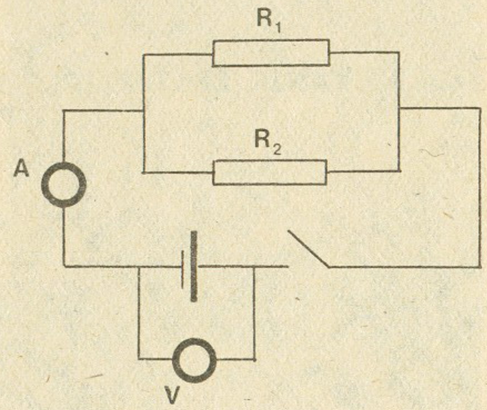
odnosno

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

U prethodnim izrazima R označava ekvivalentnu otpornost paralelne veze. Ona se može odrediti merenjem napona na krajevima veze i ukupne jačine struje.

PRIBOR: voltmetar, ampermetar, dva različita otpornika, izvor (Laklanšeov element), prekidač i provodnici.

POSTUPAK: 1. Sastaviti kolo prema prikazanoj šemi (sl. 2); 2. izmeriti napon i jačinu struje,

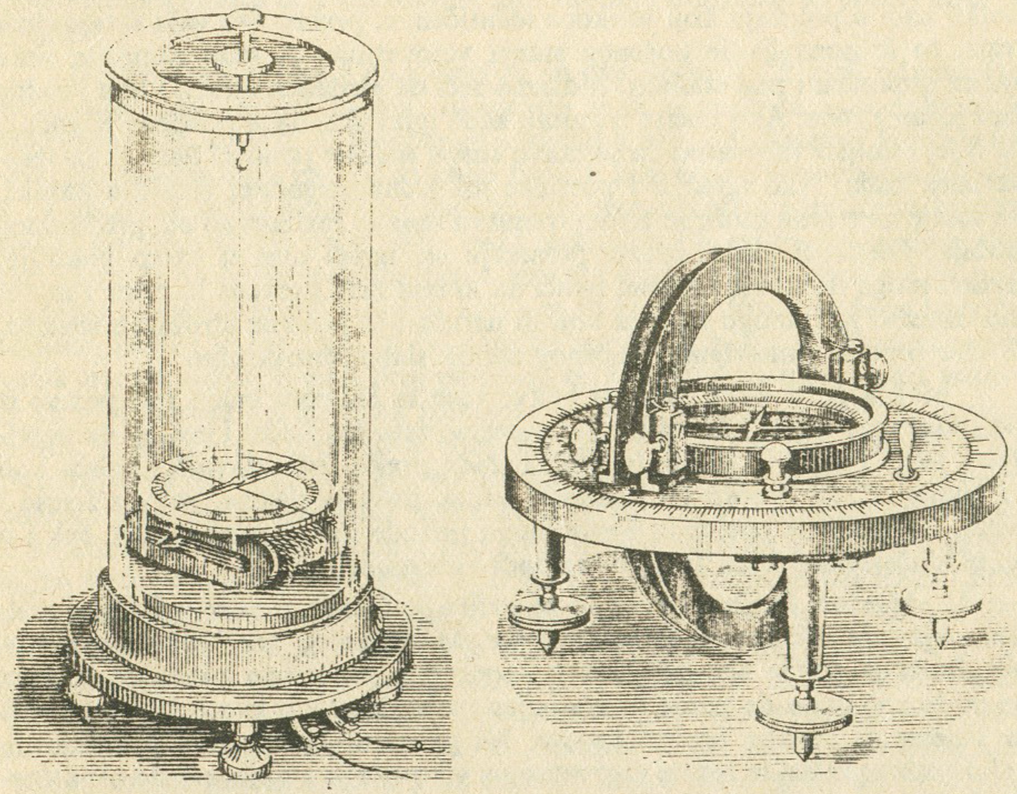


Slika 2.

pri čemu merenja ponoviti po tri puta; 3. izmeriti jačine struja u pojedinim granama; na osnovu vrednosti U i I izračunati ukupnu otpornost R; »tačnu vrednost« ukupne otpornosti izračunati pomoću vrednosti pojedinih otpora (8Ω i 4Ω); 4. na osnovu pojedinih vrednosti jačina struja dobija se vrednost 1,49 A, dok je izmerena ukupna jačina struje 1,46 A; s obzirom na približnost ovih vrednosti, provereno je prvo Kirhofovo pravilo; 5. odnos jačina struja u pojedinim granama je 0,7, a otpornosti (u obrnutom redolsedu) je 0,5, čime je s malim stepenom približnosti provereno drugo Kirhofovo pravilo.

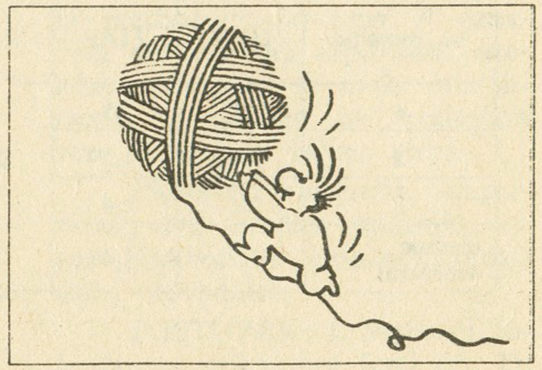
br. merenja	U (V)	I (A)	R (Ω)	ΔR (Ω)	I_1 (A)	I_2 (A)
1	3,8	1,5	2,55	0,11	0,7	0,9
2	3,8	1,5			0,6	0,9
3	3,6	1,4			0,6	0,8
srednje vrednosti	3,73	1,46			0,63	0,86

pripremio: **T. Senćanski**



Instrumenti koje vidite na slici, iako na prvi pogled ne izgleda tako, služili su istoj svrsi-merenju jačine električne struje. Prvi od njih je galvanometar koji je 1825. godine konstruisao italijanski naučnik Nobili. Drugi instrument, koji je nazvan tangens busola, konstruisao je 1837. godine francuski naučnik Pule.

POKUŠAJTE



POANKAREOVA TEOREMA

GORANKA BILAJBEGOVIĆ (Beograd)

Šetate po sobi. Ako se u jednom trenutku nađete pored prozora, onda je vrlo verovatno ali ne i sasvim sigurno, da ćete se u nekom sledećem trenutku naći u položaju koji je skoro identičan sa prvim. Što vaša šetnja duže traje, to je ponavljanje uočenog stanja verovatnije. A sada zamislite neku važnu utakmicu i pun stadion. Možemo reći da gledaoci, igrači, lopta i sudija čine jedan *sistem*. Ako uočite trenutak kada igrač *B* tima *A* postigne pogodak, da li je, i koliko varovatno da se takvo *stanje sistema* ponovi? Sada je ta verovatnoća mala. Ako igrač *B* i postigne još jedan pogodak, stanje u publici, a i stanje na terenu može se u tom trenutku mnogo razlikovati od prethodnog slučaja. Gledaoci ulaze, izlaze, pomeraju se, igrači nisu u istom položaju, treneri mogu da izvrše izmene, igrači da dobiju žute i crvene kartone i možemo izmisliti još mnogo razloga koji ili narušavaju početnu strukturu sistema, ili čine procese ponavljanja uočenog stanja slabo verovatnim.

Možda će se neko zapitati kakve veze sa fizikom imaju ove pojave iz svakodnevnog života? Moraju biti povezane, zato što fizika i postoji da objašnjava svet. Fizika i fizičari to obično rade preko jednostavnih modela koji su manje ili više daleko od realnosti, ali su uvek posledica realnog života i sveta. To znači da potiču iz posmatranja prirode i analize podataka, čak i u onim slučajevima kada teorija prethodi eksperimentu.

U »Mladom fizičaru« broj 14 objavljen je članak o važnoj fizičkoj veličini—*entropiji* i *II zakonu termodinamike*. Mogli ste da pročitate da je entropija funkcija stanja sistema koja u spontanim procesima raste, da toplota ne može spontano da pređe sa hladnijeg na toplije telo, kao i da sve to važi za sisteme sa velikim brojem čestica. Na primeru gasa u sudu pokazano je kako sistem prelazi iz manje verovatnog u verovatnija stanja, sve do uspostavljanja ravnoteže. Entropija je srazmerna verovatnoći stanja i u spontanim procesima raste. Značajno je da nisu zabranjeni i procesi u kojima sistem prelazi iz više u manje verovatna stanja, ali je verovatnoća takvih događaja mala.

Ako imamo sistem karata koje su slučajno raspoređene i još jednom ih promešamo, postoji verovatnoća da se karte grupišu po redu (od 1 do 52), ali ta verovatnoća iznosi samo : $1/52 = 1/8 \cdot 10^{67}$. Ovakav proces dobijanja potpuno uređenog sistema karata je primer procesa u kome se entropija sistema smanjuje.

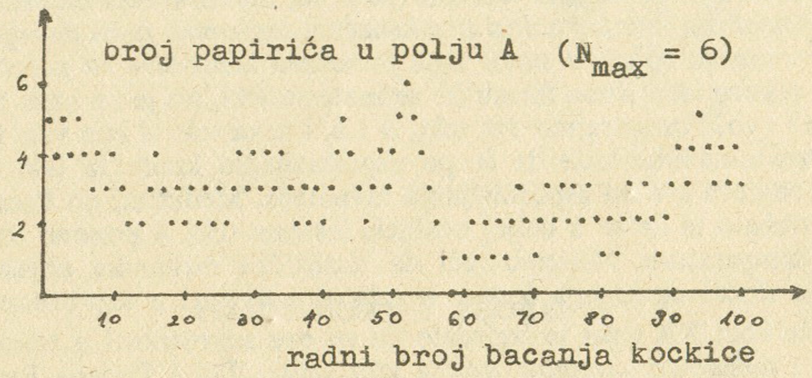
Poankare je formulisao teoremu po kojoj možemo reći da *svaki sistem koji ima konačnu energiju i nalazi se u konačnoj zapremini, posle dovoljno dugog intervala vremena dolazi u stanje koje je »skoro identično« sa početnim*. Šta to znači »skoro identično« formuliše se matematički, ali je za našu upotrebu dovoljno i ovo. Posmatrajmo dva tela, *A* i *B*, i neka telo *A* ima višu temperaturu. Termodinamika kaže da se po uspostavljanju kontakta telo *A* hladi, a telo *B* zagreva sve do uspostavljanja ravnoteže. Međutim, po Poankarevoj teoremi trebalo bi da se u daljoj evoluciji sistema telo *A* ponovo zagreje do početne temperature. Možemo reći da statistička mehanika objašnjava to procesima slučajnog kretaja čestica iz tela *A* u *B*, ali i u suprotnom smeru.

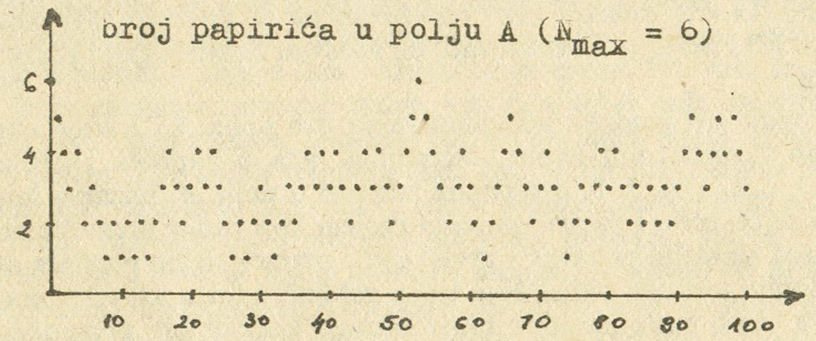
Početkom XX veka je izgledalo da su ove suprotnosti u tumačenjima statističke mehanike i termodinamike vrlo velike. Pol i Tatjana Erenfest su izmislili *logički model* koji vrlo približno objašnjava mogućnost povratka sistema u stanje koje je »skoro identično« polaznom. Danas se ovaj model može tehnički vrlo dobro i brzo realizovati na računarima. Mi možemo taj model tehnički nešto teže realizovati, ali i sasvim dobro logički pratiti analizu Erenfesta.

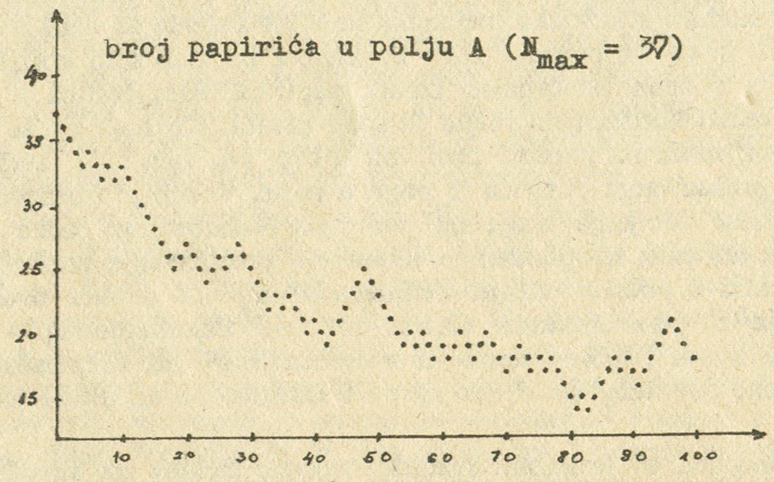
Uzmimo list papira i podelimo ga na dva polja *A* i *B* koja odgovaraju prethodno razmatranim telima. Iscepajmo sada 6 papirića i obeležimo ih brojevima 1, 2, 3, 4, 5, 6. Sve papire stavimo u polje *A*. Bacamo kockicu (iz »Ne ljuti se čoveče«) i papirić sa onim brojem koji padne premeštamo u polje *B*. Postupak se zatim ponavlja i uvek se vrši premeštanjem papirića sa brojem koji se dobije u drugo polje. Nije teško zaključiti (ili »eksperimentalno« dokazati) da ćemo posle izvesnog broja bacanja kockice biti prinuđeni da premeštamo i papiriće iz polja *B* u *A*, kao i da će se, ako dovoljno dugo bacamo kockicu, javiti i stanje kada su svi papirići ponovo u polju *A*. Osnovni nedostatak ovog modela je mali broj papirića, tj. čestica u sistemu, pošto znamo da termodinamika i statistička mehanika važe za sisteme sa velikim brojem čestica. Koristili smo 6 papirića zbog kockice, a kockicu smo koristili zbog obezbeđivanja potpune slučajnosti izbora papirića. Broj čestica u modelu možemo povećati korišćenjem ruleta ili špila karata. Ko hoće da se takmiči sa računarom, može da napravi proizvoljan broj papirića i da izvrši proizvoljan broj prebacivanja papirića iz polja u polje. Važno je obezbediti potpunu slučajnost dobijanja broja na papiriću. Nažalost, sa tačke gledišta Poankareove teoreme, neophodan je veliki broj prebacivanja papirića da bi se sistem vratio u početno stanje. Tehnička ubedljivost modela ovde zavisi od strpljenja eksperimentatora. Gruba procena Poankareovog *»vremena povratka«* za realne fizičke sisteme sa n čestica je e^n. Za Erenfestov model srednje »vreme povratka« je 2^n, što za $n=6$ iznosi 64, a za $n=37$ to je vrlo veliki broj.

Na graficima su prikazani rezultati »eksperimenta« na Erenfestovom modelu za dve različite kockice i mini rulet koji ima 37 mesta, i to za 100

uzastopnih bacanja kockice, odnosno okretanja ruleta. Vidi se da se za obe kockice sistem po jednom vratio u početno stanje, tj. u polju *A* smo ponovo dobili 6 papirića. U eksperimentu sa mini ruletom to se nije dogodilo. Rezul-







tati su posledica činjenice da je broj bacanja kockice (100) veći od srednjeg »vremena povratka« za taj sistem (64), pa smo zato sa velikom verovatnoćom mogli očekivati da se sistem vrati u početno stanje. Kod eksperimenta sa ruletom je »vreme povratka« mnogo veće od 100, pa se zato sistem i nije vratio u početno stanje. Potrebno vreme povratka za većinu realnih fizičkih sistema iznosi više od 10^{10} godina, što je reda veličine starosti vasione. Zato je Bolcman (i njega, kao i entropiju, možete upoznati u broju 14) i mogo da savetuje vatrenim pristalicama paradoksa koji sledi iz Poankareove teoreme da »sačekaju« da se sistemi vrate u stanje koje je »skoro identično« sa polaznim.

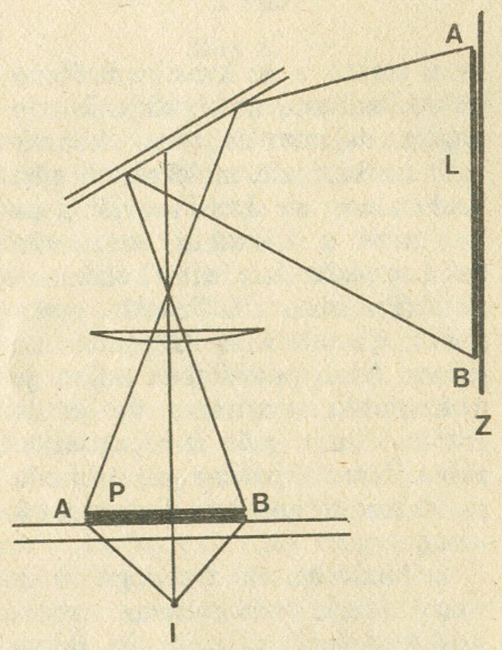
GRAFOSKOP BEZ FOLIJA

M. MILOŠEVIĆ (Prokuplje)

Sudeći po naslovu, moglo bi se pomisliti da se radi o nekoj novoj vrsti grafoskopa. Međutim, reč je o onom istom, nama poznatom grafoskopu koji se nešto više od jedne decenije koristi u našim školama za projektovanje tekstova, crteža i šema urađenih na celuloidnoj foliji. Stvar je u tome što se on može uspešno upotrebiti za projektovanje raznih providnih i neprovidnih modela, kojima se mogu demonstrirati mnoge fizičke pojave, a da se pri tome ne koriste folije. To je uticalo da mu damo ime »grafoskop bez folija«. Namera nam je, dakle, da prikažemo širu i višestruku primenu grafoskopa kao tehničkog sredstva i da se upoznamo sa nastavno-didaktičkim sredstvima, koja se koriste pri tome. To su sredstva do kojih se možda može doći sa relativno malo materijalnih ulaganja. Potrebno je samo malo više snalažljivisti i inicijative onoga ko zaželi da se služi grafoskopom na ovaj način.

Prikazivanje pojava projekcijom omogućuje da veća grupa gledalaca istovremeno prati pojavu, što predstavlja veliku prednost u odnosu na izvođenje eksperimenta na stolu, pri čemu svi gledaoci nemaju iste uslove za posmatranje.

Na početku podvlačimo da grafoskop, posle dva prelamanja svetlosti kroz sočiva i jednog odbijanja od ravnog ogledala, daje na zaklonu obrnute likove predmeta (Sl. 1).

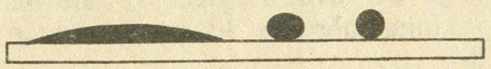


Slika 1.

Razmotrimo prvo izvođenje ogleda i projekcije pojava vezanih za osobine tečnosti: kvašenje i površinski napon.

E_1. Ako se planparalelna staklena ploča postavi na grafoskop, pa se jedan manji deo površine ploče prevuče tankim slojem masti, a potom pipetom kapne po jedna kapljica vode na čist i zamašćeni deo stakla, uočiće se razlike u razlivanju vode na čistoj i zamašćenoj staklenoj površini. Ta razlika će biti još uočljivija kada se posmatra kao projekcija na zaklonu.

Na čistom delu staklene površine kap vode se razlila, dok kapljica, na zamašćenom delu stoji kompaktna, malo je deformisana, ali se nije razlila po staklu. Duvanjem se može čak i valjati. Kapljica vode na zamašćenom staklu imaće oblik kuglice, Sl 2. Razlikujući ove pojave, kažemo da voda



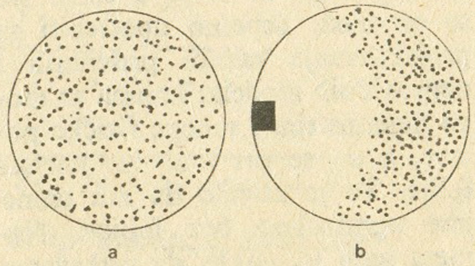
Slika 2.

kvasi staklo, a ne kvasi zamašćeno staklo. Jednostavno objašnjenje ovih pojava dajemo dejstvom kohezionih i athezionih molekulskih sila. Kad tečnost ne kvasi površinu sa kojom je u kontaktu, smatramo da ima jače izraženu kohezionu silu. (Privlačna sila između molekula iste supstancije). Obrnuto, ako tečnost kvasi površinu sa kojom je u kontaktu, smatramo da je na granici dodira jače izražena atheziona sila. (Privlačna sila između molekula tečnosti i druge supstancije).

Međutim, ne treba gubiti iz vida to da je ovde prisutan i površinski napon koji utiče na takvo ponašanje tečnosti.

E_2. Pojava površinskog napona tečnosti može se posmatrati i projektovati na ovaj način. U plitku posudu, sa ravnim i providnim dnom, treba usuti malu količinu vode, dubine oko 1 cm, a potom ravnomerno rasejati mlevenu plutu ili biber. Uočiće se da čestice ovih materija ne tonu i nastoje da se rasporede sa približno jednakom gustinom po površini tečnosti, Sl. 3a.

Ako potom komadićem okvašenog sapuna dodirnemo površinu vode pri jednom zidu, doći će do vrlo brze promene stanja površinskog napona. To upravo potvrđuju čestice plute koje se pomeraju prema suprotnom zidu i zauzimaju manji deo slobodne površine. Rastvor sapuna je smanjio površinski napon. Tako se ponaša i kamfor, pa se takav ogled može i sa njim izvesti i projektovati, Sl. 3b.



a b

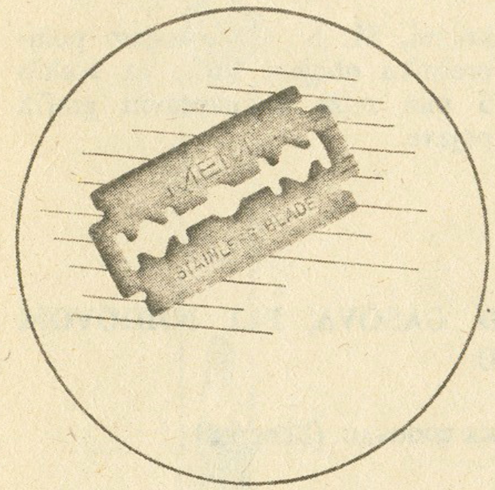
Slika 3.

Ako se u vodu sa česticama plute ubaci kapljica sirupa od šećera, oko nje će se zgusnuti čestice plute, što znači da će se površinski napon povećati. Materije koje menjaju stanje površinskog napona tečnosti poznate su pod imenom površinski aktivne materije. Neke od njih se primenjuju pri obogaćivanju rude flotacijom, jer omogućuju da se sadržaj rude u vidu pene istiskuje na površinu

rastvora odakle se lako odvaja.

E_3. Kao najubedljivija potvrda postojanja površinskog napona može nam poslužiti ogled koji pokazuje da obična igla za šivenje, iako ima veću gustinu od vode, ipak na njoj može da pliva, Sl. 4.

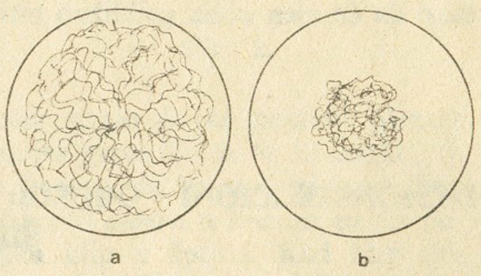
Da bi taj eksperiment uspeo, potrebno je da iglu uz pomoć pincete pažljivo položimo na površinu vode koja je u posudi na grafoskopu. Plivati može i nožić za brijanje, kao i stari aluminijski



Slika 4.

novčić. Oko ivica ovih predmeta se vidi blago savijanje slobodne površine tečnosti. Ako se ovi predmeti oštricom spuste na površinu, ne mogu plivati, jer će se poremetiti uzajamno dejstvo površinskih molekula. Ako se na površinu vode ubaci kapljica sapunice, predmeti će potonuti zbog smanjenja površinskog napona. Površinski napon se može meriti i upoređivati. Pri tome se da zaključiti da mu je vrednost različita za različite tečnosti, zavisno od njihove prirode i temperature.

E_4. Molekulsko kretanje je osnov kinetičkomolekularne teorije koja tumači pre svega toplotne pojave. Molekulsko kretanje se može posmatrati ako se u dve laboratorijske čaše uspe jednaka količina hladne i vrele vode, a zatim, nakon jednog minuta, ubaci po jedna kap crnog tuša. U početku projekcije videće se crne mrlje, koje se postepeno šire zbog difuzije, odnosno molekulskog kretanja koje je haotično i spontano. U toploj vodi širenje će biti brže, a u hladnoj sporije. Posle izvesnog vremena posmatranja, u toploj vodi će biti izvršena homogenizacija tuša i vode, a u hladnoj još ne, Sl. 5 a i b.



a b

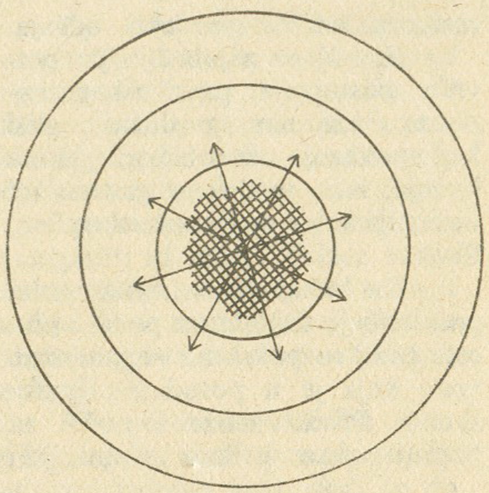
Slika 5.

Haotično kretanje molekula vode izazvalo je kretanje mnogo krupnijih čestica tuša. Slična pojava je i ona koju je posmatrao Braun, samo je razlika u tome što su to bile čestice polenovog praha u kapi vode i što se jasnije videlo kretanje pojedinih čestica polenovog praha zbog veće optičke moći mikroskopa pod kojim je vršeno posmatranje.

U toploj vodi proces difuzije tekao je brže nego u hladnoj, što znači da se pri višoj temperaturi molekuli kreću brže, odnosno imaju veće vrednosti srednje brzine.

E_5. Na kraju, da navedemo još jedan eksperiment koji je po-

godan za projektovanje na grafoskopu, a koji omogućuje da se brzina rastvaranja i proces difuzije može meriti i grafički predstavljati, pa se tako dobija likovna predstava o pojavi molekulskog kretanja. Ogled može da se izvede pomoću plitke posude na čijem dnu sa spoljne strane treba ucrtati koncentrične kružnice čiji poluprečnici treba da budu redom: 1 cm, 2 cm, 3 cm itd. (Ucrtavanje može da se izvede flomasterom). U zajednički centar kružnica postavi se mali komadić čvrstog hipermangana koji će odmah početi da se rastvara i da boji vodu. Obojena mrlja, koja predstavlja rastvor hipermangana, nastaviće da difunduje ravnomerno u svim pravcima, tako da će njen oblik približno biti



Slika 6.

kružni, Sl. 6. Očitavanjem poluprečnika obojene mrlje na svakih 5 min miže se napraviti grafik pojave.

DEMONSTRACIONI OGLEDI: RAD GASOVA PRI NJIHOVOM ŠIRENJU

GAVRILO VUKOVIĆ i JADRANKA BOGOVAC (Beograd)

S obzirom da se u svakodnevnom životu srećemo sa raznim mašinama i uređajima kao što su automobili, traktori, brodovi i dr. koji rade na principu pretvaranja unutrašnje energije u mehaničku energiju, odlučili smo se da izdvo jimo dva ogleda iz ove oblasti koje možete, uz malu pomoć svog nastavnika, uraditi na dodatnoj nastavi. Ovi ogledi se mogu lako realizovati sa priborom koji se nalazi u vašem školskom kabinetu za fiziku.

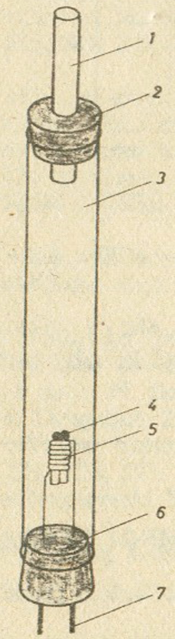
Kinematički model motora sa unutrašnjim sagorevanjem

Za izvođenje ovog ogleda potreban je sledeći pribor:

1. Medicinski špric 2—5 ml (stakleni ili plastični);
2. Staklena cev prečnika 20 mm i dužine 100—120 mm;
3. Dva gumena zapušača;
4. Grejač snage 15—20 W;
5. Staklena cevčica dužine 60 mm prečnika 6—8 mm;
6. Ispravljač (izvor električne struje);

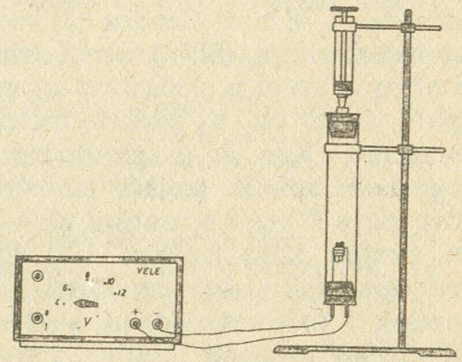
7. Laboratorijski stativ i
8. Dva provodnika dužine 50—70 cm.

Da bi mogao da se izvede ovaj ogled potrebno je da se prethodno napravi komora za sagorevanje (Sl. 1). Ona se sastoji od staklene cevi (3), prečnika 20 mm i dužine 100—120 mm. Na jednom kraju cev je zatvorena gumenim



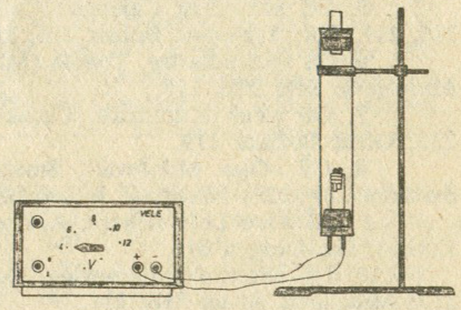
Slika 1.

čepom (6) u kome se nalaze dva bakarna držača (7). Na držačima je pričvršćen grejač snage 18—20 W (5). Bakarni držači su produženi tankim provodnicima dužine 20—70 cm koji povezuju komoru sa izvorom struje. U spiralu grejača stave se dva zrnca glave šibice (4), tako da one dodiruju spiralu. Drugi kraj cevi je zatvoren gumenim čepom (2) sa staklenom cevčicom (1) prečnika 6—8 mm i dužine 60 mm. Pomoću gumene ili plastične cevčice ovu komoru za zagrevanje spojimo sa medicinskim špricem od 2—5 ml i sve pričvrstimo na laboratorijski stativ kao na sl. 2. Preko provodnika koji su vezani za bakarne držače ceo uređaj se vezuje za strujno kolo napona 6 V. Zatvaranjem strujnog



Slika 2.

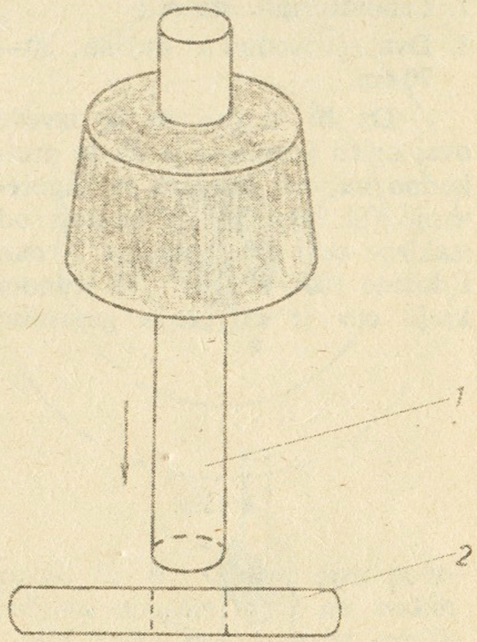
kola naglo će se pojaviti plamen goriva-glave šibica će se upaliti, tj. u komori će se stvoriti gust dim. Sagoreli gasovi u komori naglo podižu klip u špricu. Kad klip dostigne krajnji gornji položaj, strujno kolo se isključuje, a komora se hladi vlažnom krpom. Da bi se ogled ponovio neophodno je iz komore ispustiti gas koji se nalazi kao produkt sagorevanja i odstraniti sagorele šibice.



Slika 3.

Model puščanog metka

Za izvođenje ovog ogleda koristi se aparatura kao u prethodnom ogledu, ali bez medicinskog šprica (Sl. 3). U staklenu cevčicu prečnika 6—8 mm stavi se »metak« od krompira. Metak od krompira pravi se na sledeći način. Uzme se krompir, oljušti i iseče na pločice debljine 5—8 mm. Cevčica (1) koja se nalazi u čepu (Sl. 4) ravnomerno i oštro se uroni u pločicu od krompira, tako da u cevčici ostane »metak«. Kao i u prethodnom ogledu u spiralu grejača stave se dve glave šibice i aparatura uključi u strujno kolo napona 6 V. Pri paljenju šibica, čep će izleteti uz prasak i to do visine od 1—2 m. Slobodno možemo reći da i ovo predstavlja model motora sa unutrašnjim sagorevanjem.



Slika 4.

Teorijske aspekte ovih ogleda namerno nismo hteli da dajemo, ostavljajući vama da na osnovu onoga što ste u okviru redovne nastave naučili, objasnite sami ove pojave.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF-21 DOSTAVILI SU

1. OŠ »Radenko Stojnić«, Velagići kod Ključa (Mačkić Neđo): Đurić Ljubica 224; Stupar Desa 224; Grabež Nada 224; Hadžić Rifet 224.

2. OŠ »Čele—kula«, Niš (Prvulović Jasmina) Đorđević Jasmina 217; Sokolov Zorica 217; Bjelica Nenad 218; (Stojanović Slobodan): Marković Tanja 219, 220, 221;

3. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak (Aćimović Radmila): Nikolić Olgica 217, 218; Čakajac Dejan 219 220.

4. OŠ »Nada Purić«, Valjevo (Milić Ljuljana): Petrović Đorđe 216, 217, 218; Obradović Saša 216, 218

5. OŠ »Miodrag Čajetinac Čajka«, Trstenik (Lazarević Vojislav): Ristić Marija 216, 217, 218; Trajković Boban 216, 217, 218.

6. OŠ »Karađorđe«, Togola (Mladenović Milomir): Jovčić Jasmina 216, 217, 218; Milivojević Saša 216, 217.

7. OŠ »Vuk Karadžić«, Čačak (Šišović Božana): Maksimović Aleksandar 216, 232; Glišić Božidar 219.

8. OŠ »Olga Milošević«, Smederevska Palanka (Vukmanović Borivoje): Talijan Svetlana 219, 221; Nikosavić Biljana 219, 221.

9. OŠ »Ivo Lola Ribar«, Raška (Kostić Milijana): Bošković Ivan 218; (Đorđević Zorica): Ilić Dragan 216.

10. OŠ »Stevan Joksimović«, Rogačica (Pavićević Vidan): Đukanović Rada 216, 217; Mihajlović Jovan 216, 217.

11. OŠ »Branko Miljković«, Niš (Tošić Đorđe): Staičić Milan 216, 217; Panić Srđan 217.

12. OŠ »Dr A. Sabovljev«, Ečka (Aleksić Emilija): Zivlaković Svetlana 200, 201, 203, 206, 208, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 224.

13. OŠ »Dimitrije Davidović«, Smederevo (Vasilevna Spasena): Mitić Mirjana 216, 217, 218, 219, 220, 224 225.

14. OŠ »Jovan Jovanović Zmaj«, Vranje (Barać Biljana): Milosavljević Nebojša 216, 217, 218, 219, 220.

15. OŠ »25 maj«, Svetozarevo (Đurđević Dragica): Samardžić Vladimir 216, 217, 218; Dželatović Nevena 216, 217, 218.

16. OŠ »Despot Stevan Visoki«, Despotovac (Pantelić Radosav): Rajić Seka 216, 217, 218.

17. OŠ »Mustafa Bakija«, Đakovica (Shqipe Nura): Kumnova Saranda 216, 217, 218.

18. OŠ »Heroj Ivan Muker«, Smederevska Palanka (Milanović Dafina): Begović Nenad 216, 217, 218.

19. OŠ »Dušan Poleksić«, Grabovac kod Uba (Vranić Ljiljana): Todorović Slobodan 216, 217 218

20. OŠ »Dušan Jerković«, Titovo Užice (Pešić Blagoje): Popović Radmila 217, 218.

21. OŠ »Radoje Domanović«, Vranje (Arsić Sima): Trajković Beba 216, 217.

22. OŠ »Ćirilo i Metodije«, Beograd (Bjelić Rada): Gvozdenović Jelena 217, 219.

23. OŠ »Ljubica Radosavljević—Nada«, Zaječar (Mitić Olga): Milošević Svetlana 216, 217.

24. OŠ »Dositej Obradović«, Niš (Stojković Olga): Stojanović Milena 222, 224.

25. OŠ »Milan Ilić Čiča«, Aranđelovac (Kosić Savka): Pavlović Dragan 217, 218.

26. OŠ »Vuk Karadžić«, Kladovo (Popović Andreja): Dajić Dragana 217, 218.

27. OŠ »20 oktobar«, N. Beograd (Antonić Irena): Tasić Nenad 216.

28. OŠ »Jovan Jovanović Zmaj«, Svilajnac (Stefanović Radojka): Korelac Jožica 216.

29. OŠ »Sava Kovačević«, Beograd (Smiljanić Dragan): Stefanović Suzana 217.

30. OŠ »Milinko Kušić«, Bukovica kod Ivanjice (Bogićević Zorica): Lišanin Svetlana 218.

31. OŠ »Mostarsko blato«, 79207 Jare (Marušić Ivan): Bevanda Marija 219.

32. OŠ »Miroslav Jovanović Cerovac«, Vrčin (Baričević Milan): Hrnić Jasmina 217.

1. OC »1 maj«, N. Beograd (Dankulov Jelena): Baucal Aleksandar 228, 229, 230, 231; Milutinović Dragoljub 229, 230, 231.

2. OC »Veljko Vlahović«, Svetozarevo (Petrunović Danica): Stanojević Boban 217, 218, 220, 221, 225, 227.

3. OC »Dragačevski Batalon«, Guča (Beodranski Danilo): Petrović Biljana 228, 230, 231.

4. OBO »Predrag Kostić«, Pirot (Nikolić Petar): Butigan Vladislav 225, 226, 227

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF-22 DOSTAVILI SU

1. OŠ »Karađorđe«, Topola (predmetni nastavnik Milomir Mladenović): Ješić Milan 235, 236, 237; Blagojev Dejan 232, 233, 234; Srećković Dejan 235, 236, 237; Mihailović Mirko 235, 236, 237; Milovanović Zorica 235, 236, 237; Jovanović Saša 235, 236, 237; Nekić Zoran 235, 236, 237; Vukliš Tatjana 235, 236, 237; Jovčić Jasmina 232, 233, 234; Jeremić Goran 232, 233, 234; Biševac Dragica 235, 236, 237; Jelić Vesna 235, 236, 237; Marinković Veneta 235, 236, 237; Nikolić Daniela 235, 236, 237; Lugonjić Radoslav 235, 236, 237; Vujičić Nebojša 232; Ješić Olivera 235, 236, 237; (Jevđić Živadinka) Puhalović Biljana 232, 233, 234; Spasić Nataša 232, 233, 234; Nikolić Gordana 235, 236, 237 Manojlović Vesna 235, 236, 237; Damnjanović Nenad 232, 233, 234; Stevanović Nada 235, 236, 237; Ješić Milan 235, 236, 237

2. OŠ »Miodrag Čajetinac Čajka«, Trstenik (Lazarević Vojislav): Đorđević Snežana 232, 233, 234; Džatić Olivera 232, 233, 234, 235, 236, 237, 240; Brašić Vesna 232, 233, 234; Pantović Suzana 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Gajić Vladimir 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Milićević Dragana 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Jakovljević Zoran 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Marković Dejan 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Vukomanović Mirjana 232, 234, 233, 238; Subotić Svetlana 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240; Miljojković Vesna 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238,

239, 240; Nikolajević Aleksandar 232, 233, 234, 238, 239, 240; Ristić Marija 232, 233, 234; Šaranović Vladimir 232, 233, 234, 238, 239, 240; Erac Žaklina 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Trajković Boban 232, 233, 234.

3. OŠ »Dositej Obradović«, Niš (Stojković Olga): Filipović Snežana 232, 233, 234; Milićević Srđan 232, 233, 234; Đorđević Nikola 232, 233, 234; Despotović Dragan 232, 233, 234; Radenković Miljan 232, 233, 234 Radenković Nebojša 238, 240;

4. OŠ »22 decembar«, Gornji Krupac (Mitić Slobodan): Stanojević Ljiljana 232, 233, 234; Cvetković Miroslav 232, 233, 234 Stojanović Žiža 232, 233, 234; Dimitrijević Malina 232, 233, 234; Vojinović Goran 232, 233, 234; Lazić Ivan 232, 233, 234.

5. OŠ »Ćele—kula«, Niš (Prvulović Jasmina): Vacić Nataša 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239; Cvetković Nataša 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240; Bjelica Nenad 232, 233, 234; Đorđević Jasmina 232, 233, 234; Krstić Saša 232.

6. OŠ »Milan Ilić—Čiča«, Aranđelovac (Kosić Savka): Milić Goran 232, 233, 234; (Milivojević Mila): Marjanović Milica 232, 233, 234; Radić Jasna 232, 233, 234.

7. OŠ »Josip Broz Tito«, Malošište kod Niša (Stamenković Predrag): Spasić Suzana 232; Milenković Srđan 232; Đorđević Siniša 232.

8. OŠ »Kosta Stamenković«, Leskovac (Milenković Boško): Cvetković Evica 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; Đokić Slobodan 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240;

9. OŠ »Miroslav Cerovac«, Vrčin (Baričević Milan): Petrović Nenad 232, 234, 235, 238; Andrić Goran 235, 234, 238.

10. OŠ »Stanimir Veljković—Zele«, Bojnik (Maksimović Blagoje): Jović Srđan 232, 233, 234, 235, 236, 237; (Milošević Raško): Miljković Srđan 238 239, 240.

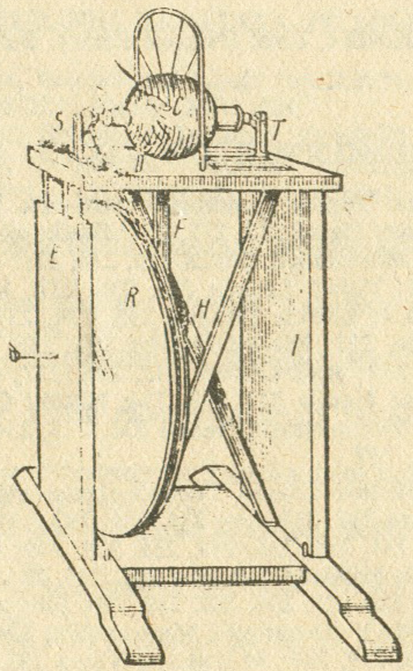
11. OŠ »25 maj«, Svetozarevo (Đorđević Dragica): Milojević Dragoljub 232, 233, 234; Mirkailo Bojan 232, 233 234.

12. OŠ »Dr Dragiša Mišović«, Čačak (Aćimović Rada): Radičević Gordana 232, 233, 234; Živković Biljana 235.

13. OŠ »21 decembar«, Derventa (Starčević Miodrag): Marinković Svetozar 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240.

14. OŠ »20 april«, Bačka Topola (Grujić Nandor): Guti Đerđi 238, 239, 240.

15. OŠ »Heroj Ivan Muker«, Smederevska Palanka (Milanović Dafina): Begović Nenad 232, 233, 234.



SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 20

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

SADRŽAJ »MLADOG FIZIČARA« BROJ 21

D. Koledin: Naučnik Herman Helmho
Lj. Ristovski: Energija, energija
M. Kulić: MHD — generator
M. Dimitrijević: Novo o starim plan
tama
A. Marinčić: Svetlosni prenos vesti
D. Popović: Akcioni potencijali
Iz autobiografije M. Milankovića
B. Milić: Analiza grešaka jednog zadatk
V. Živanović: Merenje talasne dužin
svetlosti
V. Babović i *B. Čabrić*: Fukoovo klatn
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