škola knjiga

Knjižara Studentski trg

Radno vreme: 8–20 časova (subotom: 8–15 časova)
Telefon: 011/185–295
11000 BEOGRAD, Studentski trg 6

SVE IZ FIZIKE NA JEDNOM MESTU.

Pored naših, raspolažemo i sa izdanjima svih jugoslovenskih izdavača.

ZA UNUTRAŠNJOST PRIMAMO I TELEFONSKE PORUDŽBINE

Pretplata na časopis „Mladi fizičar" u 1984/85. iznosi 280.– dinara.
Narudžbenice i priloge slati na adrese:

1. **DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE**
   (za časopis Mladi fizičar)
   Žiro račun: 60806–678–77766 SDK BG
   11080 ZEMUN, M. Gorkog 118
   Evidencija pretplate: 011/478–758, Dragana Cerović
   Obaveštenja: 011/212–219, Zorka Nikolić

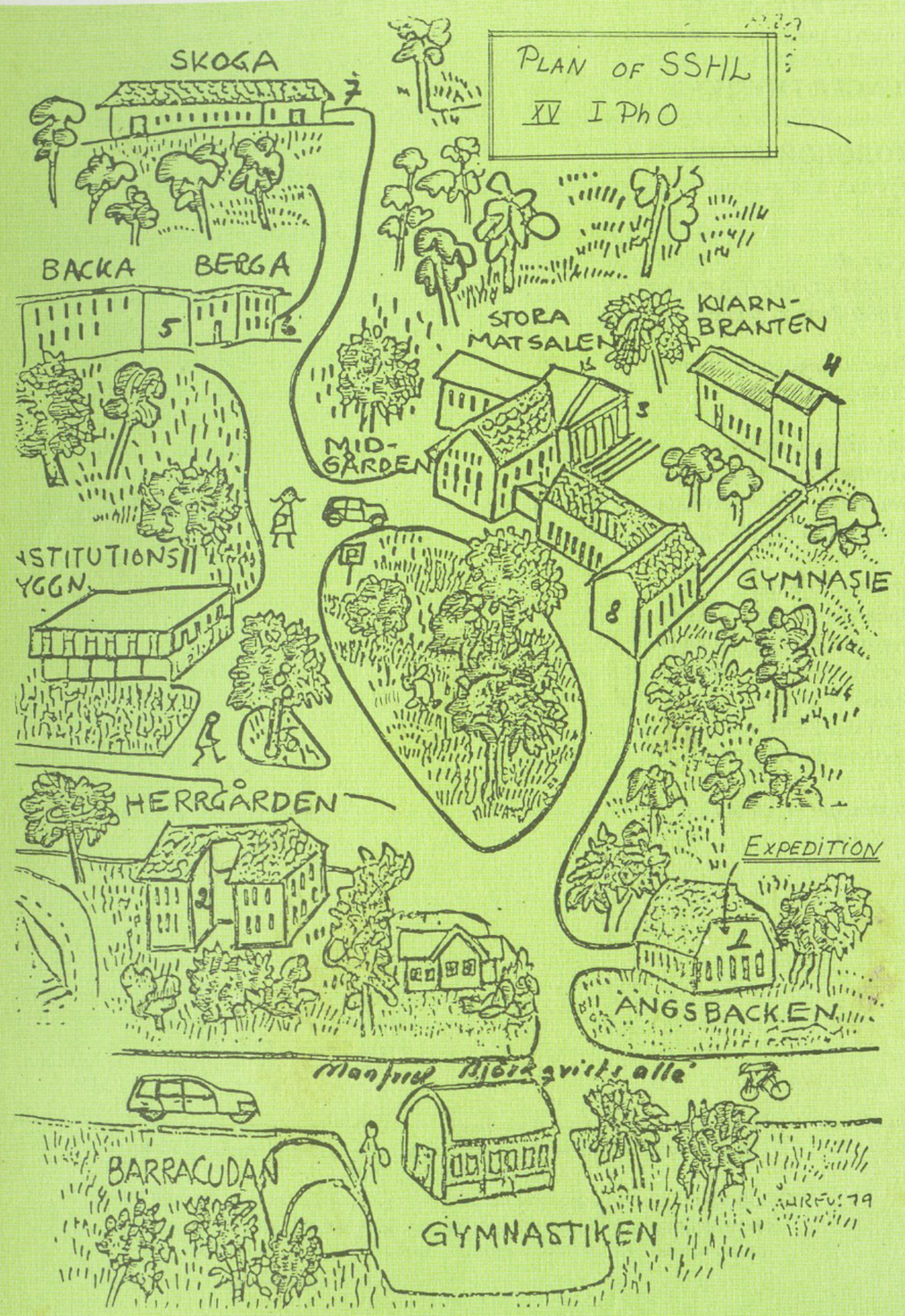
2. ŠKOLSKA KNJIGA, knjižara „Studentski trg"
   (za časopis Mladi fizičar)
   Radno vreme: 8–20 časova (subotom: 8–15 časova)
   Telefon: 011/185–295
   11000 BEOGRAD, Studentski trg 6

YU ISSN 0351-5575

mladi fizičar

36

84/85 *časopis iz fizike za učenike*



DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
SERBIAN PHYSICAL SOCIETY

MLADI FIZIČAR
Naučno-obrazovni časopis iz fizike za učenike osnovnih i srednjih škola, godina IX, br. 36 (1984/85.)

YOUNG PHYSICIST
Magazine for elementary and secondary school students

JEUNE PHYSICIEN
Journal pour les éléves des écoles élémentaires et secondaires

JUNGER PHYSIKER
Zeitschrift fur Volks- und Mittelschüler

МОЛОДОЙ ФИЗИК
Журнал для учеников основной и средних школ

IZDAJE
DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE
11080 Zemun, Maksima Gorkog 118

Glavni i odgovorni urednik
Draško GRUJIĆ

Kolektivni urednik:
Božidar S. MILIĆ, Jaroslav LABAT,
Svetozar BOŽIN, Slobodan ŽEGARAC,
Jablan DOJČILOVIĆ

Uređivački odbor
Radenko BAJIĆ, Jadranka BOGOVAC,
Svetozar BOŽIN, Milan DIMITRIJEVIĆ,
Draško GRUJIĆ, Tomislav PETROVIĆ,
Stjepan PLANIĆ, Budo RADOJEVIĆ,
Tomislav SENĆANSKI, Aleksandar SREĆKOVIĆ,
Čedomir STANKOVIĆ, Gavrilo VUKOVIĆ

Ilustracije: N. Ubović, S. Milić i B. Vild

SADRŽAJ

Strana

1. Dr B.S.Milić: Nova vrsta lasera - laser sa snopom slobodnih elektrona 1
2. Dr S.E.Božin: Fatamorgana, treperenje zvezda i dužina dana 10
3. T.Senćanski: Anegdote 13,14,24
4. Dr S.E.Božin: Šta je najcrnje 14
5. Dr B.S.Milić: Za mlade fizičare - enigmatičare 15
6. Rak Lajoš: Lovac 17
7. Zadaci za domaći rad 18
8. Konkursni zadaci 20
9. Dr T.Petrović: Zadatak 15E 25
10. Dr T.Petrović: Rešenje zadatka 14E 26
11. Dr T.Petrović: Rešenje zadatka 13E 27
12. Rešenja konkursnih zadataka iz MF-(34/35) 28
13. "Naučna knjiga" za vašu biblioteku:
    a) S.Božin, S.Žegarac: Analiza rešenja odabranih zadataka iz fizičke mehanike, molekularne fizike i termodinamike (kratak prikaz) 40
    b) B.V.Stanić, M.I.Marković: Rešeni zadaci sa klasifikacionih ispita iz fizike na tehničkim fakultetima 42
    c) B.V.Stanić, M.I.Marković: Rešeni zadaci sa klasifikacionih ispita iz fizike na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 43
14. Pravilna rešenja konkursnih zadataka dostavili su 44

Korice: Kampus Srednje humanitarne škole u Sigtuni (Švedska) gde je održano takmičenje na 15. medjunarodnoj olimpijadi iz fizike 1984. godine.

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: NIGP „PRIVREDNI PREGLED" – BEOGRAD MARŠALA BIRJUZOVA 3–5

FIZIKA DANAS

Dr Božidar S.Milić
Prirodno-matematički fakultet
Beograd

NOVA VRSTA LASERA - LASER SA SNOPOM SLOBODNIH ELEKTRONA

Reč "laser" je u zadnje vreme ušla u svakodnevnu upotrebu. Taj naziv označava izvor monohromatskog i koherentnog elektromagnetnog zračenja velike snage, po pravilu u infracrvenom ili vidljivom delu spektra. Nekako se podrazumeva da su za funkcionisanje lasera obavezno bitni kvantni efekti, pa se nazivi "laser" i "kvantni generator zračenja" upotrebljavaju gotovo kao sinonimi. Najnovija dostignuća fizike pokazuju da je ovakva upotreba tih naziva pogrešna, tj. da se mogu konstruisati laseri u čijem funkcionisanju nema skoro ničeg od kvantne fizike. O njima će ovde biti reč.

Poslednjih desetak godina veliku pažnju pobudjuju tzv. *laseri sa snopom slobodnih elektrona*. Oni se najčešće označavaju skraćenicom FEL, prema engleskom nazivu Free Electron Laser. Za razliku od kvantnih lasera, kod lasera sa snopom slobodnih elektrona se talasna dužina emisije može kontinuirano podešavati, i to u vrlo širokom opsegu. Ovakvo menjanje talasne dužine emisije nije moguće kod kvantnih lasera. Osim toga, laseri sa snopom slobodnih elektrona daju nadu da će se ostvariti izvori monohromatskog i koherentnog elektromagnetnog zračenja u ultraljubičastom i rentgenskom području. Za ovo područje kvantni laseri nisu do sada konstruisani.

Za one čitaoce koji su nestrpljivi da što pre saznaju kako funkcioniše FEL, evo najpre sažetog prikaza. Snop ultrarelativističkih elektrona odredjene energije (i brzine kretanja) propušta se kroz magnetno polje sa specijalnom prostornom nehomogenošću, tzv. *ondulator*. Ovo magnetno polje primorava elektrone da se kroz njega kreću po vijugavim putanjama sličnim sinusoidi. Izvodeći ovaj "slalom", *svaki pojedinačni elektron* emituje elektromagnetno zračenje, tzv. *sinhrotronsko zračenje*. Elektromagnetni talasi sinhrotronskog zračenja koje emituje jedan isti elektron u raznim trenucima vremena (dakle, iz različitih tačaka svoje putanje) mogu medjusobno interferirati, zahvaljujući čemu na nekim

talasnim dužinama nastaje pojačavanje, dok na drugim dolazi do gašenja. Stoga zračenje pojedinačnih elektrona u ondulatoru, tzv. *spontana emisija iz ondulatora* ima linijski spektar. Posredstvom svog brzo osciliraju-ćeg električnog polja elektromagnetni talasi, čije talasne dužine pripadaju spektralnim linijama spontane emisije, interaguju *sa ostalim elektronima snopa*. Zbog ovoga se neki elektroni ubrzavaju a neki usporavaju, tj. nekim elektronima ovo zračenje saopštava energiju a od drugih je uzima. Za skoro sve talasne dužine spontane emisije *ukupna razmena energije* izmedju zračenja i elektronskog snopa je vrlo mala. Ali, postoji jedna specifična talasna dužina za koju ova razmena energije postaje izuzetno velika, i to u korist zračenja (elektroni iz snopa predaju energiju zračenju). Na toj talasnoj dužini iz ondulatora izlazi vrlo intenzivno zračenje, tzv. *stimulisana emisija*. Pošto sam proces pojačavanja ovde obezbedjuje i koherentnost, stimulisana emisija ima sve osobine laserskog zračenja (monohromatičnost, koherentnost, velika snaga). Kažemo da je na toj talasnoj dužini nastupio tzv. *laserski efekat*.

Kretanja elektrona kroz ondulator, kao i procesi njihovog zračenja pri ovome, pokoravaju se zakonima klasične fizike, tako da FEL *nije kvantni generator zračenja*. Drugim rečima, izrazi "laser" i "kvantni generator zračenja" zaista ne moraju biti sinonimi.

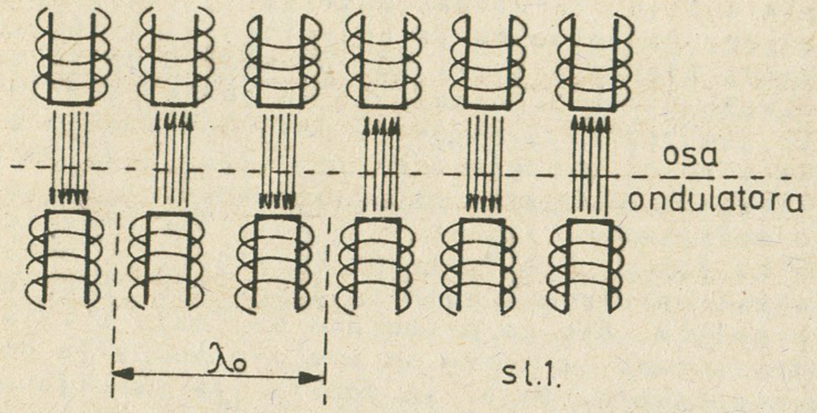
A sada ćemo pokušati da podrobnije objasnimo sve što smo malo pre sažeto izneli.

Najpre, *šta su to ultrarelativistički elektroni?* To su elektroni koji se kreću brzinom vrlo bliskom brzini prostiranja svetlosti u vakuumu ($c = 2{,}99\cdot10^8$ m/s) i imaju ukupnu relativističku energiju znatno veću od energije mirovanja. Ukupna relativistička energija neke čestice E i njena energija mirovanja E_o se izračunavaju pomoću formula:

$$E = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \qquad E_o = m_o c^2, \qquad (1)$$

u kojima m_o znači masu mirovanja te čestice a v njenu brzinu. Kod elektrona je $m_o = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg, pa je $E_o = 8{,}13\cdot10^{-14}$ J. Poznato je da se u nuklearnoj fizici i u fizici elementarnih čestica za energiju često koristi jedinica 1 MeV (megaelektron-volt, 1 MeV = $=1{,}6\cdot10^{-13}$ J). U tim jedinicama je $E_o = 0{,}51$ MeV. U FEL-u se koriste elektroni čija ukupna relativistčka energija iznosi nekoliko desetina do nekoliko stotina MeV. Na osnovu formule (1) možemo izračunati da se elektron čija ukupna relativistička energija iznosi 100

MeV kreće brzinom $v = 0{,}99993\ c$. Elektrone sa tako velikom brzinom dobijamo u posebnim uredjajima, tzv. elektronskim akceleratorima, medju kojima su najpoznatiji betatron i sinhroton.



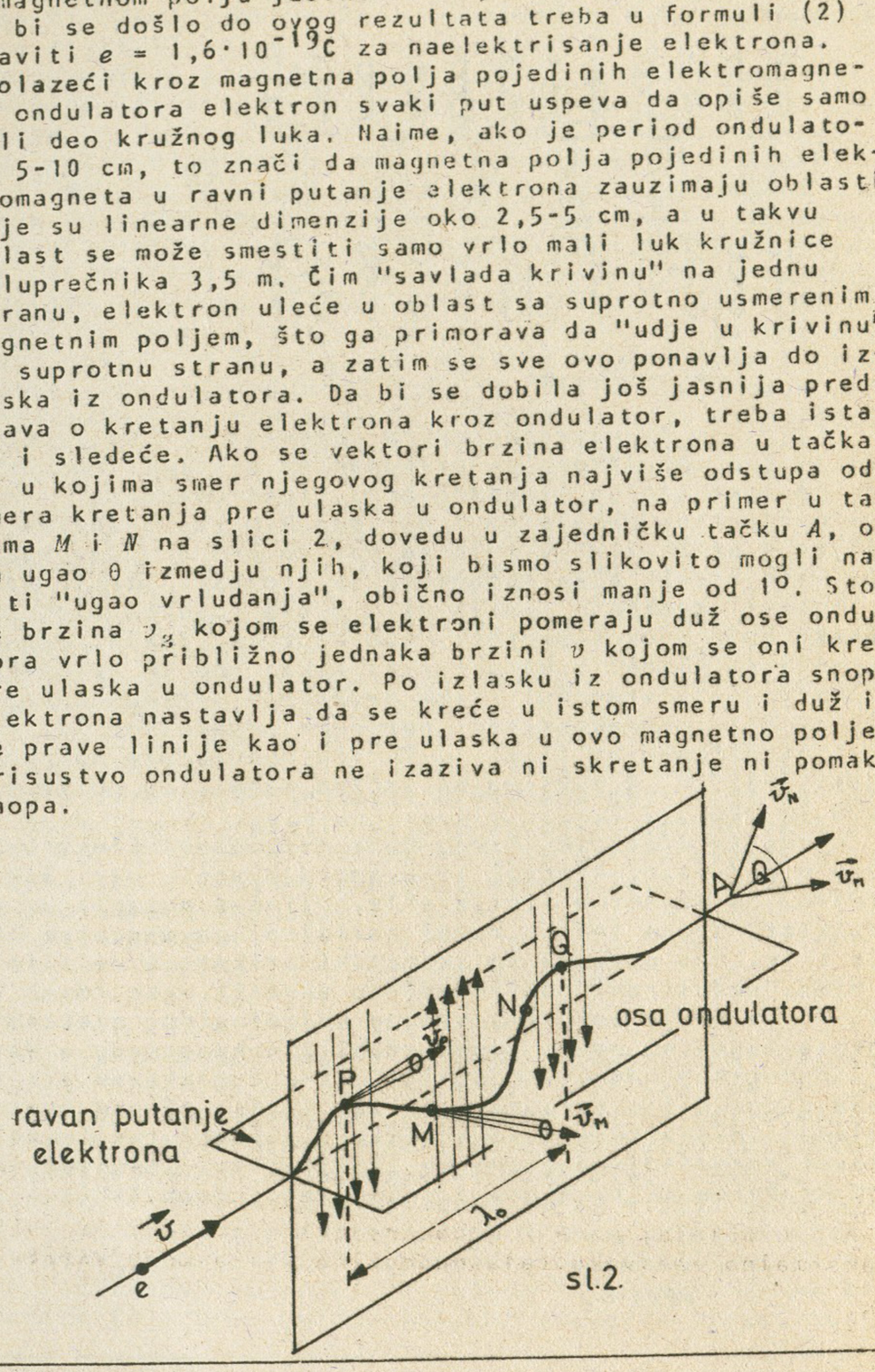
sl.1.

Kakvo je to magnetno polje "ondulator"? Najjednostavniji tip ondulatora je prikazan na slici 1. Konstruisan je tako što se izvestan broj elektromagneta postavi medjusobno paralelno i na jednakim rastojanjima, duž jedne prave linije koja se naziva *osa ondulatora*. Kroz navoje ovih elektromagneta se propusti struja tako da smerovi magnetnih linija sile u dva susedna elektromagneta budu uvek suprotni. Ondulator je, dakle, magnetno polje sa sledećim karakteristikama: ono je *statičko* (ne menja se u vremenu) i ima *prostornu periodičnost*, koja se može okarakterisati *periodom ondulatora* λ_o, takodje naznačenim na slici 1. Period ondulatora obično iznosi 5-10 cm, a maksimalna jačina magnetnog polja u njemu je oko 0,1 T.

Kako se elektroni kreću kroz ondulator? Elektroni ulaze u ondulator krećući se u smeru njegove ose, dakle normalno na magnetne linije sile. Njihova putanja u ondulatoru stoga leži u ravni normalnoj na magnetne linije sile. Ova putanja je shematski prikazana na slici 2. Njen "ondulirani" oblik možemo shvatiti ako imamo u vidu da je medju polovima svakog pojedinačnog elektromagneta magnetno polje veoma približno homogeno, a da se u homogenom magnetnom polju jačine B elektron (i svaka druga naelektrisana čestica) kreće brzinom nepromenjenog intenziteta v po kružnici (ili delu kružnice) u ravni normalnoj na magnetne linije sile. Poluprečnik R te kružnice se izračunava po poznatoj formuli

$$R = \frac{m_o v}{eB\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \qquad (2)$$

i za elektrone sa ukupnom relativističkom energijom od 100 MeV (tj. brzinom $v = 0{,}99998\ c$) koji se kreću u magnetnom polju jačine $B = 0{,}1\ T$ iznosi oko 3,5 m. Da bi se došlo do ovog rezultata treba u formuli (2) staviti $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C za naelektrisanje elektrona. Prolazeći kroz magnetna polja pojedinih elektromagneta ondulatora elektron svaki put uspeva da opiše samo mali deo kružnog luka. Naime, ako je period ondulatora 5-10 cm, to znači da magnetna polja pojedinih elektromagneta u ravni putanje elektrona zauzimaju oblasti čije su linearne dimenzije oko 2,5-5 cm, a u takvu oblast se može smestiti samo vrlo mali luk kružnice poluprečnika 3,5 m. Čim "savlada krivinu" na jednu stranu, elektron uleće u oblast sa suprotno usmerenim magnetnim poljem, što ga primorava da "udje u krivinu" na suprotnu stranu, a zatim se sve ovo ponavlja do izlaska iz ondulatora. Da bi se dobila još jasnija predstava o kretanju elektrona kroz ondulator, treba istaći i sledeće. Ako se vektori brzina elektrona u tačkama u kojima smer njegovog kretanja najviše odstupa od smera kretanja pre ulaska u ondulator, na primer u tačkama M i N na slici 2, dovedu u zajedničku tačku A, onda ugao θ izmedju njih, koji bismo slikovito mogli nazvati "ugao vrludanja", obično iznosi manje od 1^o. Stoga je brzina v_g kojom se elektroni pomeraju duž ose ondulatora vrlo približno jednaka brzini v kojom se oni kreću pre ulaska u ondulator. Po izlasku iz ondulatora snop elektrona nastavlja da se kreće u istom smeru i duž iste prave linije kao i pre ulaska u ovo magnetno polje. Prisustvo ondulatora ne izaziva ni skretanje ni pomak snopa.



sl.2.

Kako nastaje spontano zračenje (spontana emisija) iz ondulatora? Iako pri kretanju elektrona kroz ondulator njegova brzina ostaje nepromenjena po intenzitetu, njen smer se menja. To znači da je kretanje elektrona u ondulatoru *ubrzano*. Kad se kreće ubrzano, elektron (kao i svaka druga naelektrisana čestica) zrači (emituje) elektromagnetne talase.

Elektromagnetno zračenje koje emituje elektron, kad se kreće brzinom čiji je intenzitet blizak c po nekoj krivolinijskoj putanji, zove se *sinhrotronsko zračenje*. Naziv potiče otud što je takvo zračenje prvi put eksperimentalno zapaženo kod elektrona koji su kružili u magnetnom polju radne komore sinhrotrona. Sinhrotronsko zračenje koje emituje elektron iz bilo kojeg položaja na svojoj putanji ima kontinuiran spektar, tj. u njemu se javljaju sve talasne dužine od radiotalasa do rentgenskog zračenja. Sinhrotronsko zračenje se odlikuje i visokim stepenom prostorne usmerenosti: ono se uvek emituje u smeru trenutne brzine elektrona, slično zračenju upaljenog fara motocikla. Tačnije rečeno, ovo zračenje se emituje unutar jednog vrlo uskog konusa oko $\vec{v}$, koji je na slici 2 prikazan za dva položaja (tačke P i M) elektrona na putanji. Izvodnica ovog konusa zaklapa vrlo mali ugao α sa $\vec{v}$. Taj ugao se može odrediti iz sledeće približne jednakosti:

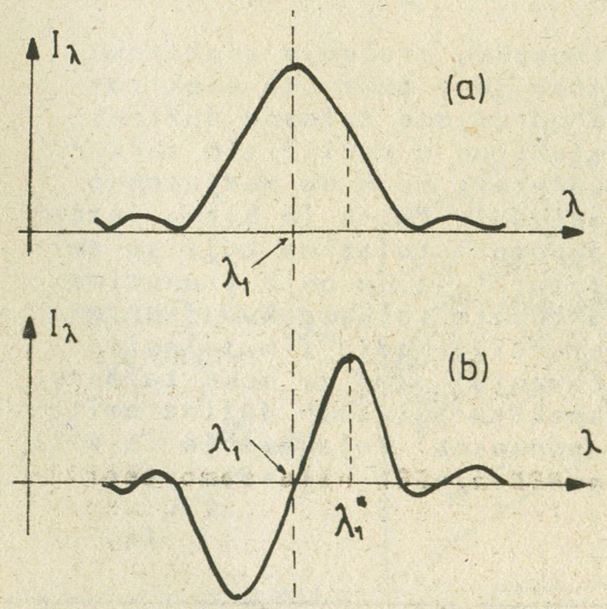
$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\ , \qquad (3)$$

Za elektrone čija je ukupna relativistička energija 100 MeV (tj. čija je brzina $v = 0{,}99998\ c$) ovaj ugao će biti 0,005 radijana (približno jedna četvrtina lučnog stepena).

Specifičnost sinhrotronskog zračenja *elektrona koji se kreće kroz ondulator* je u tome što elektromagnetni talasi bilo koje odredjene talasne dužine, koje emituje jedan isti elektron u različitim tačkama svoje putanje kroz ondulator, mogu da medjusobno interferiraju. Za funkcionisanje FEL-a je bitna interferencija medju elektromagnetnim talasima koji su emitovani u pravcu ose ondulatora, tj. u onim trenucima kad se elektron nalazio u takvim tačkama kao što su P i Q na slici 2. Interferencija medju tim talasima biće konstruktivna (pojačavanje) samo za neke talasne dužine iz kontinuiranog spektra talasnih dužina emitovanih u položajima P i Q ponaosob. Pojačavanje će biti maksimalno za svaku talasnu dužinu λ_n za koju važi:

$$\frac{v}{\lambda_o} = \frac{c}{\lambda_o + n\lambda_n}\ , \qquad (4)$$

gde n može biti 1,2,3,... Smisao ovog uslova je sledeći. Elektromagnetno zračenje talasne dužine λ_n, koje je emitovano iz tačke P i koje se paralelno osi ondulatora kreće brzinom c, izmiče na rastojanju $\overline{PQ} = \lambda_Q$ elektronu koji ga je emitovao, tačno za ceo broj (n) talasnih dužina. Stoga će ovo zračenje biti u fazi sa zračenjem iste talasne dužine koje emituje taj elektron kad se nalazi u tački Q, što je i potrebno da bi nastupilo pojačavanje (konstruktivna interferencija). Za ostale talasne dužine sinhrotronskog zračenja emitovanog iz P i Q, koje ne ispunjavaju uslov (4), nastupa manje ili više destruktivna interferencija (gašenje). Prema tome, paralelno osi ondulatora izlazi elektromagnetno zračenje koje više nema kontinuiran spektar, već se sastoji od niza spektralnih linija oko talasnih dužina λ_1, λ_2, λ_3,... (vidi sliku 3a). To je *spontano zračenje (spontana emisija) iz ondulatora*. Ako sa N označimo broj perioda magnetnog polja u ondulatoru, onda je to i broj tačaka istovrsnih sa P i Q na putanji elektrona kroz njega. Tada iz zakona interferencija izlazi da će u spontanom zračenju intenziteti maksimuma pojedinih spektralnih linija biti srazmerni sa N^2, a širine spektralnih linija (opseg talasnih dužina koje obuhvata jedna spektralna linija) biće srazmerne sa $1/N$. Dakle, linije spontanog zračenja će biti utoliko uže i intenzivnije, ukoliko je broj perioda u ondulatoru (N) veći. U radu FEL-a se obično koristi linija koja odgovara λ_1, jer su ostale linije znatno slabije. Raspored intenziteta elektromagnetnog zračenja na pojedinim talasnim dužinama u toj liniji (tzv. *profil* spektralne linije) prikazan je na slici 3a.



Oblik raspodele intenziteta zračenja po talasnim dužinama za:

(a) - spontanu emisiju,
(b) - stimulisanu emisiju.

Slika 3.

Kako nastaje stimulisano zračenje u FEL-u? Malo pre razmotreno spontano zračenje emituju elektroni *pojedinačno*, tj. nezavisno jedni od drugih, zbog čega je ono nekoherentno. Elektromagnetni talasi spontanog zračenja se, kao i snop elektrona, kreću duž ose ondulatora, usled čega može doći do interakcije ovog zračenja sa ostalim elektronima snopa. Interakcija se vrši posredstvom brzo oscilirajućeg električnog polja talasa. Ovo polje može i ubrzavati i kočiti elektrone, tj. može snopu elektrona ili predavati energiju (slabljenje zračenja) ili je od njega oduzimati (pojačavanje zračenja). Posmatrajmo najpre elektromagnetni talas čija je talasna dužina tačno λ_1. Ako njegovo električno polje ubrzava neki uočeni elektron, onda će ono **usporavati one** elektrone koji se kreću u snopu za pola talasne dužine ispred ili iza tog elektrona, ubrzavati one koji su za celu talasnu dužinu ispred ili iza njega, itd. Kako pokazuje teorijski proračun, za tu talasnu dužinu je *ukupna* razmena energije sa snopom jednaka nuli. Za talasne dužine koje se malo razlikuju od λ_1, a zračenje na tim talasnim dužinama je takodje prisutno u spektralnoj liniji spontane emisije (slika 3a), ukupna razmena energije izmedju talasa i snopa elektrona nije više tačno jednaka nuli. Na talasnim dužinama nešto malo kraćim od λ_1 zračenje slabi, jer preovladava predavanje energije snopu. Nasuprot tome, zračenje sa talasnim dužinama malo većim od λ_1 prima od snopa energiju i intenzitet tog zračenja se povećava. Rezultati teorijskog izračunavanja, prikazani na slici 3b, ukazuju da je pojačanje najveće na onoj talasnoj dužini λ_1^* koja odgovara mestu najveće strmine na profilu spektralne linije spontane emisije. Na toj talasnoj dužini se, stoga, emituje vrlo intenzivno elektromagnetno zračenje u smeru kretanja snopa. Ono odgovara *stimulisanoj emisiji* iz FEL-a. To zračenje će biti utoliko intenzivnije i utoliko strože monohromatsko (što je bitno za laser), ukoliko je profil spektralne linije spontane emisije (slika 3a) uži. Pošto je, kako smo videli, širina linije spontane emisije srazmerna sa $1/N$, uspešan rad FEL-a zahteva ondulator sa srazmerno velikim brojem perioda. U tom slučaju će se λ_1 i λ_1^* vrlo malo razlikovati. Koherentnost stimulisanog zračenja (što je takodje vrlo bitno za laser) automatski se obezbedjuje samim mehanizmom pojačavanja.

Kakva su preimućstva FEL-a? **FEL nije samo teorijska zamisao, već se ostvaruje i u praksi.** U nizu vodećih fizičkih laboratorija u svetu, kao što su Orsay u Francuskoj, Frascati u Italiji, Novosibirsk u SSSR i Stanford u Kaliforniji (SAD), intenzivno se radi na sve

daljim usavršavanjima FEL-a. Pokazalo se da je FEL složen i skup uredjaj, i to iz više razloga. Ondulator mora biti strogo periodičan, tj. svaki od njegovih N perioda mora biti potpuno istovetan sa ostalima. I najmanje odstupanje od ovog zahteva može jako narušiti uslov konstruktivne interferencije (4) i time blokirati rad uredjaja, iz koga će u takvom slučaju izlaziti samo relativno slabo spontano zračenje. Dakle, ondulator se mora praviti sa velikom preciznošću, a to je skupo. Trošak se smanjuje ako se smanji broj perioda N ondulatora, ali će se to nepovoljno odraziti na kvalitet stimulisanog zračenja, kao što je malo pre objašnjeno. Smanjivanje broja N se može kompenzovati upotrebom "optičkih rezonatora", tj. ogledala pomoću kojih se, slično kao kod kvantnih lasera, deo zračenja sa "izlaza" uredjaja vraća na "ulaz" (slika 4). Medjutim, ova ogledala treba da rade u uslovima neprekidnog bombardovanja elektronima vrlo visoke energije, što znatno komplikuje njihovu izradu. I elektronski snop stvara probleme, jer mora imati osobine bolje od onih koje imaju snopovi dobijeni u današnjim standardnim elektronskim akceleratorima. Rastur po pravcima kretanja i po energijama elektrona u snopu mora, naime, kod FEL-a biti znatno manji nego što dozvoljavaju današnje tolerancije. To znači da bi se i akceleratori elektrona morali poboljšati, a ovo je takodje skopčano sa velikim troškovima.

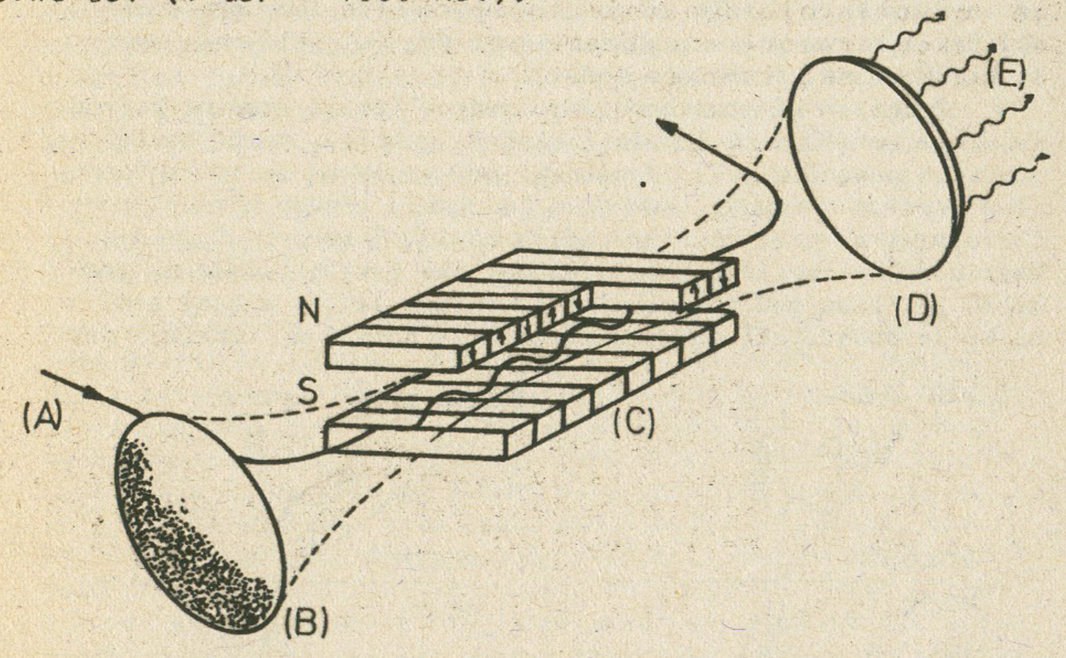
Zbog svega toga je prirodno postaviti pitanje opravdanosti truda i troškova oko FEL-a, kad već postoje sasvim dobri (i ne tako strašno skupi) kvantni laseri.

Odgovor na to pitanje je vrlo jednostavan, jer se lako uvidja da FEL ima dva značajna preimućstva nad kvantnim laserima. Na prvome mestu, FEL nema nikakvo "radno telo" koje bi se pregrevalo i time ograničavalo vreme rada i izlaznu snagu, kao što je slučaj kod, recimo, rubinovog lasera. Drugo, verovatno još važnije, preimućstvo FEL-a je u tome što se talasna dužina njegove emisije može po želji podešavati, i to kontinuirano. To se lako vidi, ako se jednačina (4) prepiše (za $n=1$) u obliku:

$$\lambda_1 = \lambda_0 \left(\frac{c}{v} - 1\right), \qquad (5)$$

I ako se ima u vidu da je talasna dužina λ_1^* stimulisane emisije samo neznatno veća od λ_1. Pošto je period ondulatora λ_0 fiksiran samom konstrukcijom uredjaja, promena talasne dužine stimulisane emisije se postiže promenom brzine v, a ovo se, u krajnjoj liniji, svodi na odgovarajuće podešavanje napona za ubrzavanje elektrona u akceleratoru. Kod kvantnih lasera se, naprotiv, emitovanje vrši na strogo utvrdjenim talasnim dužinama, koje zavise od energijskih nivoa vezanih elektrona (u atomu, molekulu ili kristalu) i koje se ne mogu menjati, pa se, ako se želi druga talasna dužina, mora uzeti drugi laser.

Na osnovu formule (5) možemo zaključiti da se kod FEL-a neizbežno moraju koristiti ultrarelativistički elektronski snopovi. Naime, iz tehničkih razloga je vrlo teško postići da period ondulatora bude manji od nekih 5-10 cm. Sa takvom vrednošću za λ_0 se iz formule (5) lako nalazi da elektroni sa ukupnom relativističkom energijom od 100 MeV, za koje je $v = 0{,}99998\ c$ i $c/v \approx 1{,}00002$, daju stimulisanu emisiju na približno 2000nm, što pripada spektralnoj oblasti negde izmedju mikrotalasa i infracrvenog zračenja. Da bi se javila stimulisana emisija na talasnim dužinama manjim od ove vrednosti, a to je od velikog interesa, potrebni su snopovi elektrona znatno veće energije, za koje će odnos c/v biti znatno bliže 1 nego što je slučaj kod elektrona od 100 MeV. Budućnost FEL-a i perspektive njegove primene (posebno kao lasera u ultraljubičastom i rentgenskom području) zavise dobrim delom od mogućnosti da se dobiju elektronski snopovi sa energijama reda veličine nekoliko desetina *GeV* (1 GeV = 1000 MeV).



(A) - snop elektrona iz akceleratora,
(B) - ulazno ogledalo, (C) - ondulator,
(D) - poluprozračno izlazno ogledalo,
(E) - izlazno zračenje

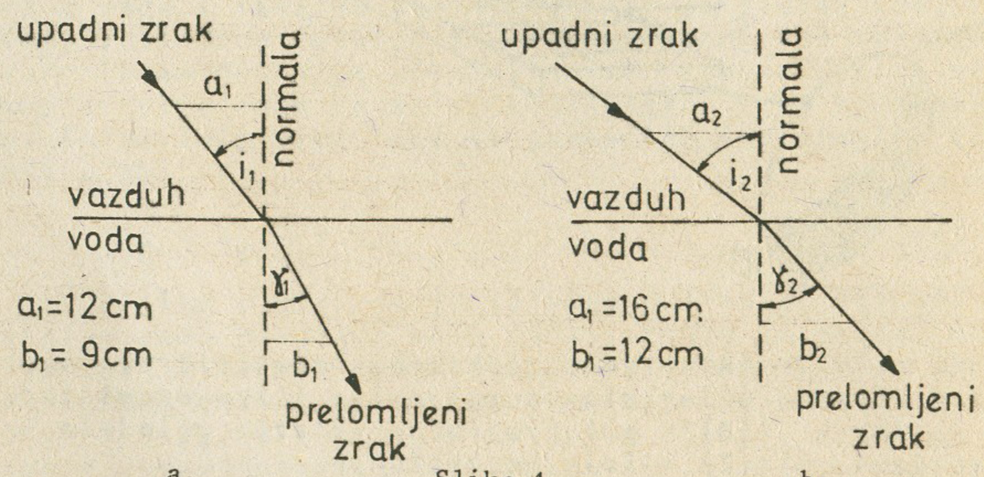
Slika 4.

Dr Svetozar Božin
Prirodno-matematički fakultet
Beograd

FATAMORGANA, TREPERENJE ZVEZDA I DUŽINA DANA

Kada se toplog letnjeg dana nadjete na suvom asfaltiranom putu pažljivo pogledajte svaki njegov deo, od najbližeg do najudaljenijeg. Na rastojanju od 300 do 500 m možete zapaziti nešto što izgleda kao bara vode ili velika mrlja ulja u kojoj se ogledaju obližnji predmeti. Medjutim, kada se približite tome mestu videćete da nema nikakve bare niti mrlje ulja, da je i tu put potpuno suv. Ovde je reč o jednoj od mnogobrojnih optičkih obmana, ali, za razliku od onih koje su opisane u članku V.Adamovića "Treba li u svemu verovati oku" ("Mladi fizičar" br.34-35, str.18), za ovu nije "krivo" oko, već je u pitanju posledica prelamanja svetlosti u zagrejanim slojevima vazduha koji naležu uz površinu puta. Pre nego što damo objašnjenje ove pojave, podsetimo se šta je prelamanje svetlosti, kada se i kako ono dešava.

Svetlost se kroz homogenu sredinu (to je sredina koja u svim svojim delovima ima isti sastav, gustinu, temperaturu) prostire pravolinijski. Medjutim, pri prelasku iz jedne homogene sredine u drugu, isto tako homogeno, pravac njenog prostiranja se na granici tih sredina naglo, "skokovito", menja. Kažemo da se svetlost tada prelama. Ako svetlost pada na graničnu površinu pod nekim uglom i_1 (slika 1a), u drugoj sredini će se prostirati duž pravca koji sa normalom zaklapa dru-



Slika 1.

gačiji ugao (r_1 na slici 1a). Do promene pravca, odnosno do prelamanja ne dolazi jedino onda kada svetlost pada na granicu normalno (ugao i = 0). Kakvo i koliko će biti to skretanje svetlosti - prelamanje i od čega ono zavisi? Pogledajmo to za slučaj kada je prva sredina vazduh a druga - voda. Pri prelasku u vodu svetlosni zrak (kojim se opisuje pravac prostiranja svetlosti) kreće ka normali na graničnu površinu (slika 1a). Veličina prelomnog ugla r_1 (ugao izmedju prelomljenog zraka i normale) zavisi od veličine upadnog ugla i_1 (ugao izmedju upadnog zraka i normale): što je veći upadni, veći je i prelomni. Vezu izmedju ova dva ugla daje zakon prelamanja. Ako se nacrta kružnica sa centrom u zajedničkom temenu ova dva ugla, onda zakon prelamanja može da se napiše ovako (v.slike 1a i 1b)

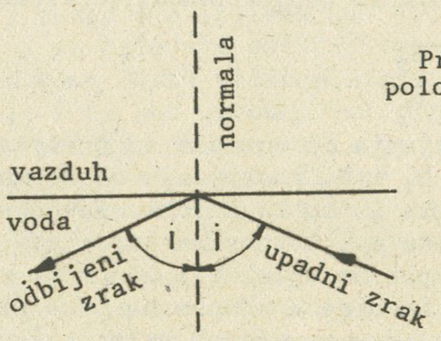
$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = n.$$

Ovde su sa a_1 i a_2 označena rastojanja od normale do preseka upadnog zraka sa kružnicom, a sa b_1 i b_2 rastojanja od normale do preseka prelomljenog zraka sa istom kružnicom. Navedeni izraz pokazuje da je odnos veličina a i b konstantan za dve konkretne sredine ma pri kakvom upadnom uglu. Taj odnos se naziva indeks prelamanja (n) druge sredine u odnosu na prvu (tzv. relativni indeks prelamanja). U odnosu na vazduh relativni indeks prelamanja vode je oko 1,33, što se može izračunati i korišćenjem slika 1a i 1b, gde su označene brojne vrednosti dužina a i b za dva različita upadna ugla. Kada se kaže samo "indeks prelamanja", najčešće se misli na njegovu vrednost za slučaj kada je prva sredina vakuum (to je onda tzv. apsolutni indeks prelamanja).

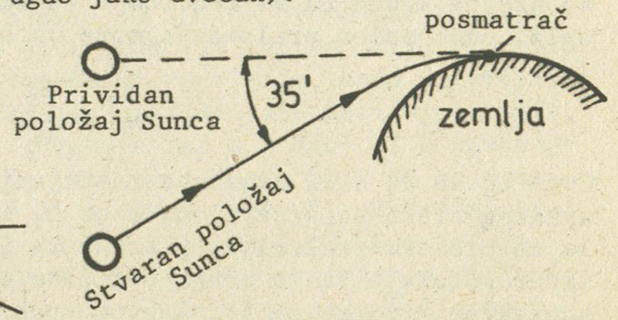
Zanimljiva i značajna pojava može se desiti kada svetlost dolazi na granicu iz sredine sa većim indeksom prelamanja i prelazi u sredinu sa manjim indeksom prelamanja (na primer iz vode u vazduh). Tada je veličina b merilo upadnog ugla, a veličina a - prelomnog. Kada se navedena veza napiše u obliku a = nb, može se videti da povećanjem upadnog ugla (odnosno b) prelomni ugao raste mnogo brže. Pri nekoj, tzv. kritičnoj vrednosti upadnog ugla prelomni postaje 90^o, a za veće upadne uglove svetlost uopšte ne prelazi iz vode u vazduh već se u potpunosti odbija od granične površine i vraća natrag u vodu (sl.1c). Ta pojava naziva se totalna refleksija.

Indeks prelamanja je osnovna optička karakteristika svake supstancije, svake sredine, odnosno materijala. Za gasove on zavisi od gustine gasa: što je veća gustina, veći je i indeks prelamanja. Poznato je da gustina vazduha, odnosno atmosfere postepeno opada sa visinom iznad površine Zemlje.

Stoga je atmosfera nehomogena sredina, i indeks prelamanja joj se neprekidno smanjuje idući od površine Zemlje na više. Zbog toga se zraci svetlosti koji dolaze od nebeskih tela iskrivljuju pri prolasku kroz atmosferu. Mi sudimo o pravcu u kome se nalazi izvor svetlosti po pravcu svetlosnih zrakova koji ulaze u naše oko. To su razlozi zbog kojih nam zvezde i Sunce izgledaju više izdignute nad horizontom (sl.2). Iz istih razloga "izlaze" ranije, a zalaze kasnije od njihovog stvarnog pojavljivanja nad horizontom, odnosno zalaska ispod horizonta. Zbog toga dan traje 7 do 8 minuta duže nego što bi trajao da nema prelamanja svetlosti u atmosferi. Visina prividnog podizanja zvezda i Sunca nad horizontom iznosi oko $0^{o}35'$ (na slici 2 je ovaj ugao jako uvećan).



Slika 1c.

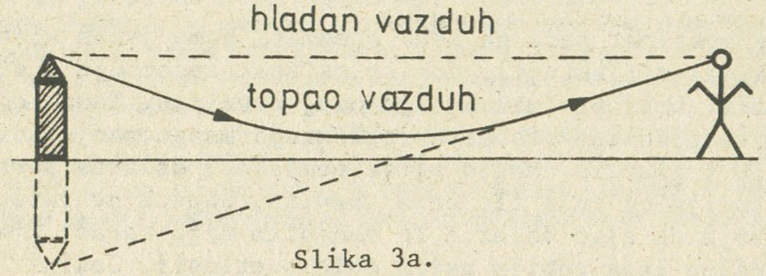


Slika 2.

Slučajna (neregularna) menjanja gustine atmosfere u toku vremena narušavaju pravolinijsko prostiranje i ravnomernost jačine svetlosti koja dolazi od zvezda ili udaljenih svetlosnih izvora na Zemlji (na primer niza uličnih sijalica udaljenih bar nekoliko stotina metara od posmatrača). Ako svetlost naidje u oblast gde se indeks prelamanja iz trenutka u trenutak menja na haotičan način, dolazi do stalnog menjanja jačine svetlosti koja dospeva u oko posmatrača. Svetlost od istog izvora koja dolazi u njegovo oko čas je jača čas slabija, te posmatrač vidi da takav izvor "treperi". Da li će se treperenje zapaziti ili ne zavisi od tzv. "ugaone veličine" izvora. To je ugao koji zaklapaju zraci od krajeva izvora koji ulaze u oko posmatrača. Treperenje se vidi samo kada je taj ugao dovoljno mali. Planete, koje su nam mnogo bliže od bilo koje zvezde, ne trepere jer je njihova ugaona veličina dovoljno velika. Zbog toga se uslovi prolaženja kroz atmosferu zrakova od raznih delova planete dovoljno razlikuju i u proseku uvek dolazi u oko posmatrača svetlost iste jačine. Tako možete razlikovati da li je neki nebeski objekta planeta ili zvezda.

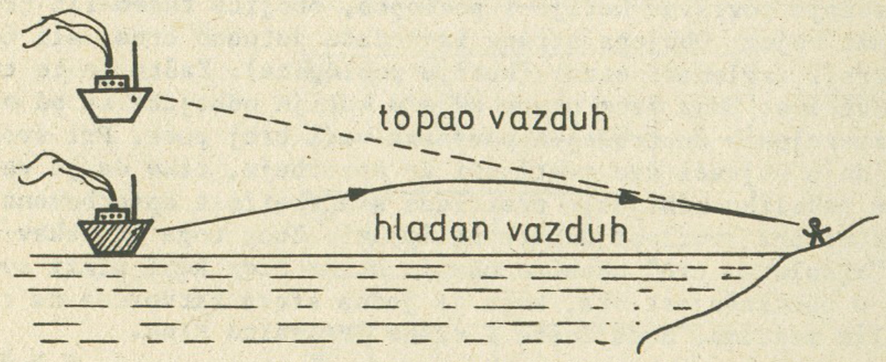
Vratimo se sada pojavi koja je opisana na početku. Kada se u topao letnji dan asfaltni put zagreje, od njega se zagre-

je i sloj vazduha iznad samog puta i njegova se gustina zbog toga smanji. U sloju vazduha iznad puta indeks prelamanja je sve manji što je deo sloja vazduha bliži asfaltu. Stoga se zrak svetlosti koji dolazi ka putu odozgo neprekidno prelama, odnosno postaje zakrivljen (sl.3a). Kada su uslovi povoljni on ni ne dospeva do površine puta, jer nastaje totalna refleksija od najtoplijeg sloja vazduha uz samu tu površinu, te on dolazi u oko posmatrača kao da je reflektovan od ogledala ili površine tečnosti. Iznad površine mora može se zapaziti i



Slika 3a.

obratna pojava. Kada je blizu morske površine sloj vazduha hladniji nego u oblastima udaljenijim od površine, dolazi do totalne refleksije od jednog gornjeg toplijeg sloja i udaljeni brod može izgledati da plovi "po nebu" (sl.3b). Obe ove pojave nazivaju se fatamorgana i verovatno ste o tome čitali u pripovetkama o dogadjajima u pustinji.



Slika 3b.

Anegdota

DA ILI NE

Jedna žena sretne slavnog fizičara Ajnštajna i upita ga:

- Ja sam bila vaša učenica, sećate li se? Jednom ste čak od mene zatražili da vam postanem žena.

- Ah, da, - reče stari naučnik - pa ... jeste li postali?

Šta je najcrnje?

Kada svetlost pada na neki predmet, samo jedan njen deo se odbija (reflektuje), dok se ostatak apsorbuje i delimično prolazi kroz predmet ako je ovaj proziran. Tamno obojene i hrapave površine predmeta reflektuju mnogo manje od svetlo obojenih i glatkih. Moglo bi se pomisliti da crna površina, na primer mrlja od tuša ili crba tkanina, uopšte ne reflektuju svetlost koja na njih dolazi. To medjutim nije tačno: svaka takva površina ipak odbija nešto malo svetlosti. Jedini "objekt" koji uopšte ne reflektuje svetlost je otvor na šupljem predmetu čija je unutrašnja površina crna i hrapava. Takav otvor je "najcrnji" objekt koji poznajemo i naziva se apsolutno crno telo.

Možete se sami uveriti da je "apsolutno crno telo" crnje od crno obojene površine. Na jednoj strani kutije koja ima poklopac isecite otvor prečnika oko 1 cm. Tu stranu, kao i unutrašnju površinu kutije i poklopca, obojite tušem ili crnom mat bojom. Obojena strana izgledaće potpuno crna, ali će još crnji izgledati otvor (kutiju poklopite). Zašto je to tako? Svetlost koja kroz otvor udje u kutiju odbojaće se od njenih zacrnjenih unutrašnjih površina veći broj puta. Pri svakom odbijanju najveći deo svetlosti se apsorbuje, tako da je već nakon nekoliko odbijanja praktično sva svetlost apsorbovana, te iz otvora svetlost uopšte ne izlazi. Zbog toga je takav otvor "apsolutno crn". Zenica oka je otvor kroz koji ulazi svetlost u unutrašnjost oka, koja je jedna sfera zatvorena na svim ostalim mestima. Sada znate i zašto je zenica crna.

S.Božin

ZNAK

Kada su Alberta Ajnštajna upitali da li je njegova teorija relativiteta tačna on je odgovorio:

- To će se znati posle moje smrti! Ako budem u pravu Nemci će tvrditi da sam Nemac a Francuzi da sam Jevrejin. Ako ne bude tačna Nemci će govoriti da sam Jevrejin a Francuzi da sam Nemac.

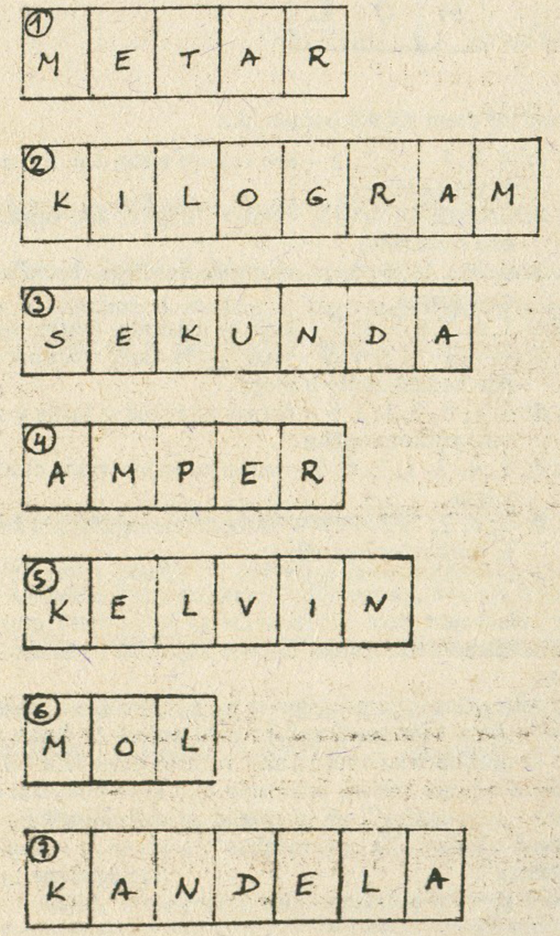
Tomislav Senćanski

ZA MLADE FIZIČARE – ENIGMATIČARE

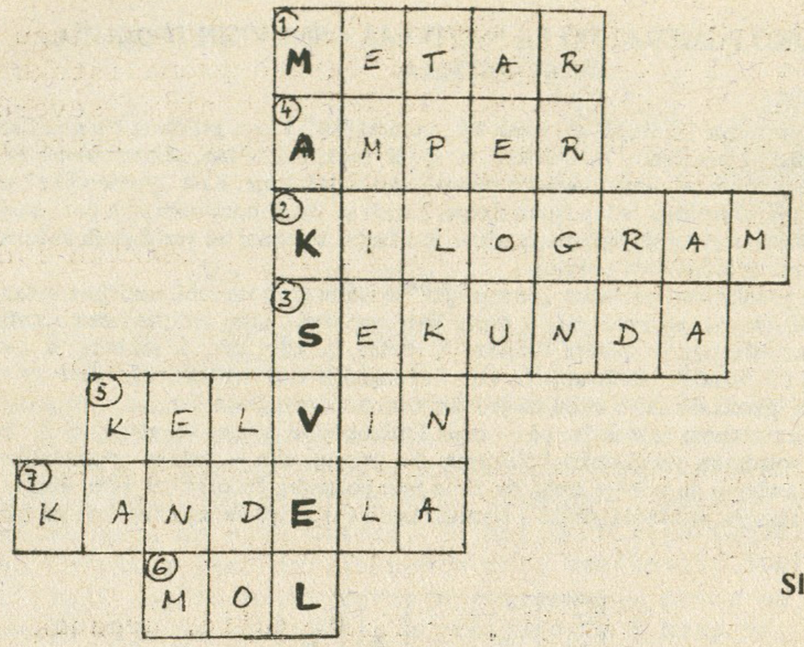
NEKOLIKO POMERALJKI SA NAZIVIMA OSNOVNIH JEDINICA SI-SISTEMA

Prošli put smo vam predložili da rešite tri „pomeraljke" i tom prilikom objasnili kakva je to vrsta enigmatskog problema. Za one koji su se tek sada, naknadno, zainteresovali za enigmatiku u oblasti fizičkih pojmova, ukratko ponavljamo objašnjenje. Kod „pomeraljke" se zadaje grupa reči, koje se ispisuju jedna ispod druge, i traži se da se horizontalnim pomeranjima pojedinih reči za izvestan broj slovnih mesta ulevo ili udseno, u jednoj od vertikalnih kolona dobije jedna zadana reč (obično data opisno).

Danas vam predlažemo nekoliko „pomeraljki" sa istom grupom reči, nazivima sedam osnovnih jedinica SI-sistema, ***ali svaki put u drukčijem redosledu.*** Ovaj redosled ćemo zadavati upotrebljavajući umesto naziva sledeće brojeve: 1. metar, 2. kilogram, 3. sekinda, 4. amper, 5. kelvin, 6. mol i 7. kandela. Rešavanje će vam biti najlakše ako ove nazive ispišete na trake hartije ili kartona, pazeći da slova budu na jednakim razmacima (Slika 1.), zatim te trake poređajte po stolu u zadanom redosledu, pa ih onda horizontalno pomerate, gledajući šta se pri ovome dobija u pojedinim vertikalnim kolonama. Na primer, ako je zadana „pomeraljka" 1, 4, 2, 3, 5, 7, 6 i kažemo da rešenje treba da bude ime poznatog fizičara 19. veka koji je dao velike doprinose razvoju elektrodinamike i termodinamike, rešenje će izgledati kao na Slici 2.



Slika 1



Slika 2

Evo sad još osam sličnih pomeraljki:

Zadatak br. 1: 4, 5, 3, 1, 6, 7, 2 – kao rešenje treba dobiti naziv za elektronsku vakuumsku cev sa pet elektroda.

Zadatak br. 2: 6, 2, 3, 7, 1, 4, 5 – sočivo koje se kod optičkih instrumenata nalazi u blizini oka (monžina).

Zadatak br. 3: 6, 7, 2, 4, 5, 3, 1 – jedinica za snagu, često se koristi kad je reč o električnim centralama.

Zadatak br. 4: 1, 6, 5, 4, 7, 3, 2 – naziv za najsitniju česticu bilo koje supstance.

Zadatak br. 5: 4, 6, 1, 5, 3, 7, 2 – sila kojom fluid (tečnost ili gas) u gravitacionom polju deluje na telo uneto u njega.

Zadatak br. 6: 7, 4, 5, 3, 1, 2, 6 – čvrsto telo koje se javlja u strogo određenom i pravilnom geometrijskom obliku.

Zadatak br. 7: 7, 4, 3, 1, 2, 6, 5 – naziv za jednu vrstu čestica koje ulaze u sastav atomskog jezgra.

Zadatak br. 8: 6, 4, 2, 7, 3, 1, 5 – naziv za namagnetisani komad gvožđa, obično oblika šipke ili potkovice (množina).

Ukoliko ste ove „pomeraljke" pravilno rešili, dobijena rešenja takođe ubrzaju „pomeraljku", čijim rešavanjem ćete dobiti naziv za jednu vrstu čestica koje ulaze u sastav atoma. Za one (pretpostavljamo malobrojne) čitaoce koji nisu imali uspeha u rešavanju, rešenja će biti data sledeći put.

I još nešto. Gornjim zadacima se ne iscrpljuju sve moguće „pomeraljke" sa nazivima SI-jedinica i rešenjima koja predstavljaju neki pojam iz fizike ili neko značajno ime iz istorije fizike. U to se možete lako uveriti, ako ponovo pogledate Lik 1. iz prošlog broja, koji je zapravo „pomeraljka". Stoga vas sve pozivamo da i sami pokušate da *od naziva osnovnih SI-jedinica* sastavite nove „pomeraljke", ali *obavezno sa rešenjima koja označavaju pojmove iz fizike ili imena poznatih fizičara.* Te „pomeraljke", zajedno sa rešenjima, treba da dostavite Redakciji „Mladog fizičara". Sve ispravne „pomeraljke", sa rešenjima različitim od onih u gornjim zadacima, biće objavljene u „Mladom fizičaru", a njihovi autori nagrađeni.

B. Milić

Lovac polazi iz "tačkastog" logora prema jugu i prevali put od 1 km. Zatim se okrene prema istoku i prelazi 1 km. Nakon toga ide još 1 km prema severu i stiže nazad u logor. Na svom putu lovac je ustrelio medveda. Odgovorite na dva pitanja:

1. Koje boje je medved?
2. Zašto je potreban medved u ovom zadatku i da li se on može izostaviti?

Rak Lajoš

Najinteresantnije rešenje ovog zadatka biće objavljeno u narednom broju "Mladog fizičara" a njegov autor nagradjen jednom knjigom iz fizike.

D.Grujić, urednik

Rešenja tri zadatka sa nazivima osnovnih jedinica SI-sistema.

Lik 1. 1. metar, 2. kilogram, 3. mol, 4. kelvin, 5. kandela, 6. amper, 7. sekunda – MILIKEN.

Lik 2. 1. bumerang, 2. energija, 3. optičari, 4. statičar, 5. Partenon – METAR (u 3. koloni).

Lik 3. 1. mikrovat, 2. vektor, 3. molekuli, 4. površina, 5. sistem, 6. Ajnštajn – KELVIN (u 3. koloni).

Rešenje zadatka TRI POMERALJKE

Horizontalnim pomeranjem treba postići da istaknuta (koso odštampana) slova dođu jedno ispod drugog:

Grupa 1. ubrzanje – gravitacija – mehanizam – oscilovanje – klatno – opruga – – BRZINA

Grupa 2. sočivo – mikroskop – lupa – teleskop – prizma – durbin – OKULAR

Grupa 3. kondenzator – otpornik – tinjalica – elektroda – provodnik – tranzistor – – TRIODA

Brzina – Okular – Trioda – RAD

B. Milić

KONKURSNI ZADACI

DACI·ZADACI

NAGRADNI ZADACI • ZADACI PITANJA • E – ZADATAK

ZADACI ZA DOMAĆI RAD

VI razred

1. Na jednom tasu terazija nalazi se teret od 4,905 N. Koliku masu treba da ima teg, na drugom tasu, da bi terazije bile u ravnoteži? (500 g)

2. Na poluzi, na rastojanju 150 cm od oslonca, nalazi se telo od gvoždja zapremine 39 dm^3. Kolikom silom treba delovati na drugi krak poluge, na rastojanju 250 cm, da bi poluga bila u ravnoteži? ($\rho_{gvoždja}$=7800 kg/m^3) (1790,52 N)

3. Uz strmu ravan, dužine 6 m, podiže se na visinu 2 m bure napunjeno naftom, silom 1200 N. Težina praznog bureta je 200 N. Izračunati zapreminu nafte u buretu, ako je gustina nafte 760 kg/m^3. (0,456 m^3)

4. Kvadar od olova ima dimenzije: a=16 cm, b=1 dm i c=20 mm. Izračunati najmanji pritisak koji vrši ovaj kvadar na horizontalnu podlogu na kojoj miruje. (ρ_{olova}=11800 kg/m^3) (2217,06 Pa)

5. Odrediti zapreminu tela koje je u vodi lakše za 5 N nego u vazduhu. (ρ_{vode}=1000 kg/m^3) (0,000509 m^3)

VII RAZRED

1. Komad bakra mase 500 g i temperature 90°C ubaci se u sud u kome se nalazi 2 litra vode temperature 20°C. Kolika je temperatura smeše posle uspostavljanja toplotne ravnoteže? Zagrevanje suda zanemariti! (c_{vode} = 4200 J/kg K, c_{bakra} = 390 J/kg K) (21,588°C)

2. Da li je potrebna veća količina toplote za zagrevanje 50 g olova od 10°C do 60°C ili za zagrevanje 3 g vode od 20°C do 50°C? (c_{olova} = 130 J/kgK, c_{vode}=1000 J/kgK) ($Q_{vode} > Q_{olova}$)

3. Na horizontalno postavljenoj dasci leži kugla. Pod kojim uglom u odnosu na dasku treba postaviti ravno ogledalo da bi se pri kretanju kugle od ogledala, njen lik u ogledalu kretao vertikalno? Praktično rešiti zadatak! (45°)

4. Na kojoj daljini od sočiva se nalazi predmet ako je rastojanje izmedju predmeta i njegovog stvarnog lika najmanje? Žižna daljina sočiva je f. (p=2f)

5. Žižna daljina dijaprojektora je 0,25 m. Koliko je uvećanje dijapozitiva ako je projekciono platno udaljeno od objektiva 2 m? (7 puta)

VIII RAZRED

1. Izračunati period oscilovanja matematičkog klatna dužine 120 cm. (2,197 s)

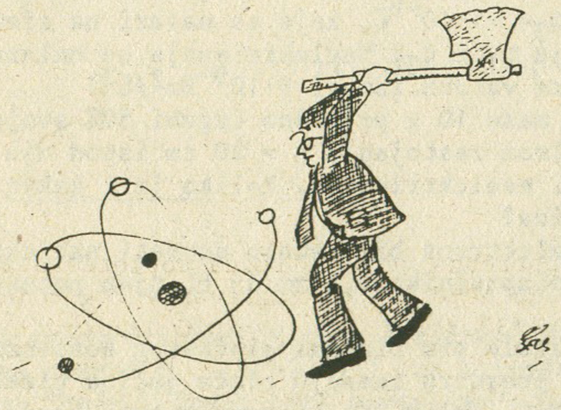
2. Ako čekićem udarimo na jedan kraj gvozdene šipke zvuk će kroz šipku stići za 2 s pre do slušaoca na drugi kraj šipke, nego kroz vazduh. Izračunati dužinu gvozdene šipke. (222,02m)

3. Primarni kalem transformatora ima 1200 namotaja. Jačina struje koja kroz njega protiče iznosi 0,5 A. Koliki broj namotaja treba da ima sekundarni kalem transformatora da bi jačina struje u njemu iznosila 10 A, odnosno 4 A? (60 nam. i 150 nam.)

4. Kolika je frekvencija elektromagnetnih talasa čija je talasna dužina 240 m. (1,25 MHz)

5. Vreme poluraspada radijuma je 1590 godina. Za koje vreme će od 8 g ostati 1 g radijuma? (4770 godina)

Zadatke sastavili:
Stepan Krsmanović i Tomislav Senćanski



KONKURSNI ZADACI

A) Za učenike VI razreda

663. Kraci poluge su r_1=45 cm i r_2=60 cm. Poluga je u ravnoteži ako na kraći krak deluje sila od 80 N. Kolikom silom poluga pritiskuje na oslonac?

664. Na telo od olova zapremine 4 m^3 deluje sila od 700N vertikalno prema dole. Kolika je ukupna površina na koju se prenosi pritisak na podlogu ako je pritisak 800 kN/m^2? (Gustina olova je 11400 kg/m^3, a g=10 m/s^2).

665. U posudu koja ima oblik valjka čiji je poluprečnik osnove 1 dm najpre se uspe voda do visine od 60 cm, a zatim još 30 cm visine valjka druga tečnost. Pritisak koji deluje na dno posude iznosi 8760 N/m^2. Kolika je ukupna sila pritiska na dno posude i koja je to tečnost? (Površina osnove je krug i iznosi $r^2\pi$, gde je r-poluprečnik a π= 3,14.)

666. Koliki teret može izdržati u vodi prazno bure zapremine 5 m^3 i težine 2000 N?

667. U vodi pliva u vertikalnom položaju cev. Visina dela cevi iznad vode je 5 cm. Unutar cevi sipa se ulje specifične težine $9\cdot10^3 N/m^3$. Koliko treba da je dugačka cev da bi je napunili uljem, uzimajući početni uslov da cev pliva.

B) Za učenike VII razreda

668. Dva naelektrisanja $q_1 = +7\cdot10^{-9}C$ i $q_2 = -20\cdot10^{-9}C$ nalaze se na rastojanju 1 m. Kolika elektrostatička sila deluje na naelektrisanje $q_3 = +1\cdot10^{-9}C$, koje se nalazi na sredini izmedju naelektrisanja q_1 i q_2? Naelektrisanja se nalaze u vazduhu. (Konstanta - za vazduh iznosi $9\cdot10^9$ Nm^2/C^2)

669. Kuglica mase 10 g prividno izgubi 50% svoje težine kada se na vertikalnom rastojanju h = 20 cm ispod nje postavi kuglica iste mase i naelektrisanja. Koliko je i kakvo naelektrisanje ovih kuglica?

670. Koliko elektrona bi trebalo dovesti naelektrisanoj metalnoj kuglici poluprečnika 0,8 mm da bi njen potencijal iznosio 15 V?

671. Medju paralelnim pločama pločastog kondenzatora vlada napon 1 kV, a u prostoru izmedju ploča jačina električnog polja iznosi $3\cdot10^4 N/C$. Koliki je kapacitet toga kondenzatora kad se njegove ploče nalaze u vazduhu i kad je površina jedne ploče 0,5 m^2?

672. Dve metalne lopte jednakih poluprečnika r = 10 cm naelektrisane su količinama elektriciteta q_1= +1 nC i q_2 = -2 nC i nalaze se na rastojanju d = 1 m.
a) Koliki je potencijal na svakoj površini lopte?
b) Koliki će biti potencijal svake lopte ako se one dodiruju?

C) Za učenike VIII razreda

673. Dizalica podigne za 30 s komad gvoždja u obliku kocke ivice 5 dm na visinu od 12 m (gustina gvoždja iznosi 7,8 kg/m^3). Kolika je snaga elektromotora dizalice ako se pri tome javlja sila trenja od 2500 N?

674. Transformatorom se transformiše 220 V na 20 V. Kroz primar teče struja od 0,8 A, a kroz sekundar struja od 8,36 A.
a) Koliki je stepen korisnog dejstva transformatora?
b) Kolika bi jačina struje tekla kroz sekundarni kalem ako je stepen korisnog dejstva 70%?

675. Delovanjem ultraljubičaste svetlosti talasne dužine $1{,}5\cdot10^{-7}$m iz površine metala izlaze elektroni s maksimalnom kinetičkom energijom od 3 eV.
a) Odrediti izlazni rad elektrona.
b) Koliku razliku potencijala moramo upotrebiti da bi smo zaustavili emisiju elektrona? (Plankova konstanta $h=6{,}625\cdot10^{-34}J\cdot s$).

676. Nadopuniti sledeću nuklearnu reakciju:

$$_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow {}_6C^{12} + \ldots.$$

677. U sledećoj nuklearnoj reakciji odrediti nepoznatu X i napisati u potpunosti datu nuklearnu reakciju:

$$_ZX^A + p \rightarrow Na + \alpha$$

Zadatke pripremili: mr Gavrilo Vuković
Jadranka Bogovac

Ispravka:

Obaveštavamo čitaoce "Mladog fizičara" da poslednje tri crtice na strani 6., (MF-34/35), ne pripadaju članku pod naslovom: "Može li čovek biti nevidljiv".

D.Grujić, urednik

D) Za učenike I razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

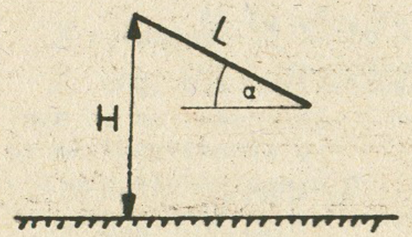
678. Sa strme ravni visine $h = 0,8$ m klizi telo mase $m = 2$ kg. Kada telo dodje do kraja strme ravni ono se zaustavi. Odrediti rad koji treba uložiti da bi se isto telo podiglo ponovo na istu visinu obrnutim putem.

679. Sa visine $H = 12$ m po glatkoj nagnutoj površini klizi bez trenja kuglica, a zatim pada na horizontalnu podlogu (sl. 1.). Dužina $L = H/3$ i $\alpha = 30^o$. Udar kuglice o podlogu je apsolutno elastičan. Odrediti visinu do koje se penje kuglica posle udara.

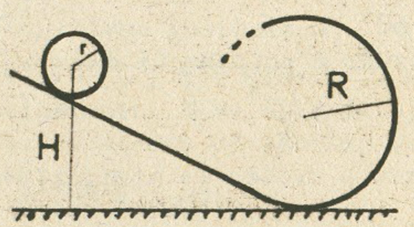
680. Top mase $M = 2000$ kg izbacuje granatu mase $m = 20$ kg u horizontalnom pravcu brzinom $v_o = 1000$ m/s. Odrediti brzinu topa neposredno posle izbacivanja granate.

681. Koji deo od ukupne energije sistema iz prethodnog zadatka se koristi za razarajuće dejstvo granate, ako se predpostavi da se za ovo dejstvo koristi samo njena kinetička energija?

682. Po kosoj ravni koja se završava tzv. "mrtvom petljom" poluprečnika $R = 2$ m (sl. 2.), kotrlja se bez klizanja lopta poluprečnika $r = 1$ cm. Odrediti minimalnu visinu H sa koje treba da se pusti kuglica da bi krećući se po kružnom delu putanje dostigla njenu najvišu tačku. Moment inercije pune lopte (kugle) u odnosu na osu koja prolazi kroz njeno težište je $I = 2mr^2/5$.



Slika 1.



Slika 2.

E) Za učenike II razreda zajedničkih osnova usmerenog obrazovanja

683 Izračunati, na osnovu Borove teorije atoma, poluprečnik n-te orbite elektrona u atomu vodonika, ako se zna da se pri prelazu sa n-te orbite na orbitu $m = 2$ emituje foton talasne dužine $\lambda = 487$ nm.

684. Pobudjen atom vodonika pri prelazu u osnovno stanje emituje dva fotona talasnih dužina 1281,8 nm i 1025,7 nm. Odrediti energiju atoma vodonika u datom pobudjenom stanju kao i odgovarajući kvantni broj.

685. Koliku zapreminu pri temperaturi od 18^oC i atmosferskom pritisku od 10^5 Pa zauzima helijum koji je nastao pri alfa-raspadu 1 g polonijuma ${}_{84}Po^{210}$ u toku jedne godine? Period poluraspada datog izotopa plonijuma iznosi 138 dana. Masa alfa-čestice je $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg. (sa regionalnog takmičenja iz fizike SR Srbije 1985.).

686. Odrediti redni i maseni broj čestica označenih sa x i y u nuklearnim reakcijama: ${}_6C^{14} + \alpha \rightarrow {}_8O^{17} + x$ i ${}_{13}Al^{27} + y \rightarrow p + {}_{12}Mg^{26}$.

687. Koliko se neutrona oslobadja u jedinici vremena u reaktoru snage 6,5 MW ako se zna da se u proseku pri svakom cepanju jezgra urana oslobodi energija od oko 200 MeV i oslobodi u proseku oko 2,5 neutrona?

F) Za učenike III razreda usmerenog obrazovanja

688. U cilindru sa pokretnim klipom zatvoren je gas temperature $T_1 = 250$ K i zapremine $V_1 = 2$ litra. Površina jedne strane klipa je $S = 8$ cm^2. Za koliko će se pomeriti klip ako se gas zagreje do temperature $T_2 = 400$ K? Trenje izmedju klipa i cilindra zanemariti.

689. Osvetljen predmet se nalazi na rastojanju 5 cm od optičkog centra lupe. Lik predmeta se formira na daljini jasnog vida $s = 25$ cm. Odrediti optičku moć i maksimalno uvećanje lupe.

690. Objektiv mikroskopa ima optičku moć 40 dioptrija, a okular 20 dioptrija. Ispod objektiva nalazi se predmet veličine 0,02 mm na rastojanju od 2,8 cm od optičkog centra objektiva. Definitivan lik u mikroskopu se formira na daljini jasnog vida $s = 25$ cm od okulara. Odrediti ukupno uvećanje mikroskopa i veličinu definitivnog lika.

691. Odrediti koliko se promeni temperatura gasa, ako se njegova zapremina poveća četiri puta, a pritisak smanji tri puta. Broj molova gasa se pri ovome ne menja.

692. Talasna dužina koja odgovara maksimumu intenziteta zračenja Sunca je 480 nm. Ako se predpostavi da se Sunce ponaša kao apsolutno crno telo, odrediti snagu njegovog toplotnog zračenja i vreme za koje će se njegova masa smanjiti za 0,01%. Masa Sunca je $2 \cdot 10^{30}$ kg, a njegov poluprečnik $7 \cdot 10^8$ m.

G) Za učenike IV razreda usmerenog obrazovanja

693. Odrediti masu olova Pb^{206} dobijenog u rezultatu radioaktivnog raspada jedne tone urana tokom geološkog razvitka zemlje (oko $2{,}5 \cdot 10^9$ godina).

694. Odrediti energiju koja oslobadja tokom 300 s pri radioaktivnom raspadu 5 g $_{11}Na^{22}$ koji emituje gama-kvante energije 1,28 MeV. Smatrati da se pri jednom raspadu emituje jedan gama-foton. Period poluraspada $_{11}Na^{22}$ iznosi 2,6 godina.

695. Uzorak koji sadrži radijum Ra^{226} nalazi se na rastojanju od 0,3 m od kružnog fluorescentnog ekrana prečnika 2 mm. Kolika se količina radijuma nalazi u uzorku ako se na ekranu u proseku tokom 10 s pojavljuju 3 scintilacije?

696. Pri bombardovanju litijuma $_3Li^6$ protonima dobijaju se dve alfa-čestice. Kolika se količina toplote oslobadja pri datoj termonuklearnoj reakciji ukoliko u njoj učestvuje količina litijuma mase od 1 g?

697. Pri nuklearnoj reakciji $Be^9 + \alpha = C^{12} + n$ oslobadja se energija od 5,7 MeV. Zanemarujući kinetičku energiju jezgara berilijuma i alfa-čestice odrediti kinetičke energije produkata ove nuklearne reakcije.

FIZIČAR KOJI JE "ČUO KAKO TRAVA RASTE"

U nekom sovjetskom institutu počelo se govoriti da jedan od eksperimentatora ima neverovatno istančan sluh, da on "čuje kako trava raste". Doista, taj bi se fizičar okrenuo čim bi neko prišao njegovom uredjaju bliže od tri metra. I koliko god su pokušavali da ga iznenade, nisu u tome uspeli, čak ni kad bi se i najpritajenije prišunjali.

Uskoro se otkrilo da se uopšte ne radi o nekom posebnom sluhu fizičara, nego o njegovom uredjaju za merenje električnog polja. Kazaljke na uredjaju bi skakale čim bi se približavali ljudi. Pri tome je zapaženo da se kazaljke pokreću na jednu stranu kad se uredjaju približavaju žene, a na drugu kad prilaze muškarci. Kako je to moguće? Ali i tu "tajnu" su ubrzo odgonetnuli: sasvim slučajno su žene i muškarci u toj laboratoriji nosili obuću od različitog materijala, pa su u djonovima zbog trenja nastajala raznoimena naelektrisanja, te su se i kazaljke pomicale na suprotne strane.

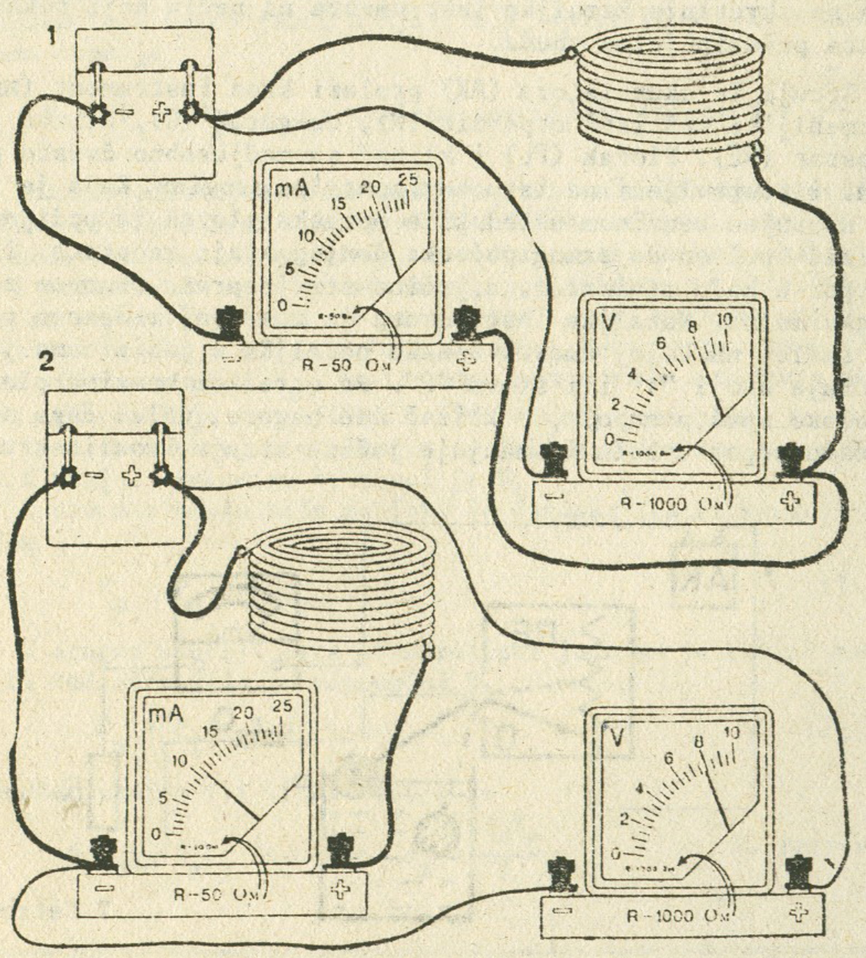
Pripremio: T.Senćanski

ZADATAK 15 E

Rešavanjem tzv. "eksperimentalnih situacionih zadataka" razvijaju se navike laboratorijskog rešavanja zadataka iz fizike i proverava znanje i veština u eksperimentalnom radu. To su zadaci kod kojih se slikom prikaže potreban pribor, strujno kolo, pokazivanja instrumenata i sl., a traži se da se povežu elementi, nacrta principijelnu shemu, očitaju instrumenti i izvrše potrebna izračunavanja.

Slika* pokazuje dva strujna kola (1) i (2) sa instrumentima koji omogućavaju da se primenom Ohm-ovog zakona odredi otpor namotaja žice. Kao što se vidi način vezivanja instrumenata nije u oba slučaja isti. Pokušajte da rešite ovaj zadatak sledećim redom:

a) Nacrtajte principijelne sheme za oba strujna kola;



b) Ne uzimajući unutrašnji otpor ampermetra i viltmetra odredite otpor namotaja žice prema shemi (1) i (2) na osnovu vrednosti struje i napona koje pokazuju instrumenti;

c) Odredite pravu vrednost otpora namotaja žice uzimajući u obzir unutrašnji otpor instrumenta (upisane vrednosti na instrumentima) pa izvedite zaključak o tome koju shemu treba upotrebiti kada se odredjuje nepoznati otpor na ovaj način.

T.Petrović

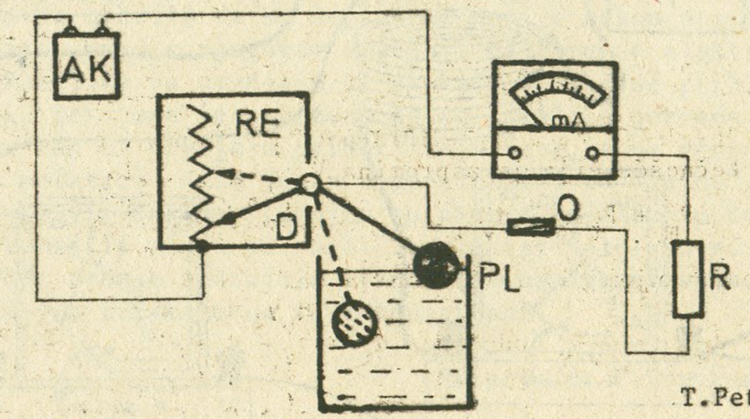
---

*M.A.Ušakov, Nagljadnye zadači po fizike, Moskva, "Vyšaja škola", 1981.

REŠENJE ZADATKA 14 E

Instrument za pokazivanje nivoa benzina u rezervoaru vozila je ustvari miliampermetar. Količina benzina u rezervoaru utiče na skretanje kazaljke instrumenta na način koji pokazuje data principijelna shema.

Struja iz akumulatora (AK) prolazi kroz instrument (mA), nepromenljivi zaštitni otpornik (R), osigurač (O), klizač (D) i reostat (RE). Plovak (PL) i klizač su medjusobno čvrsto povezani i postavljeni na istu horizontalnu osovinu. Kada je rezervoar napunjen benzinom usled sile potiska plovak je uzdignut, a klizač spušten do samog početka donjeg kraja reostata. Tada je otpor u kolu minimalan, a jačina struje prema Ohmovom zakonu je maksimalna. Kazaljka instrumenta je u krajnjem desnom položaju skale, na kojoj umesto oznake podeljka u jedinicama jačine struje stoji "1" ili slovo "P". Sa utroškom benzina plovak se polako spušta nadole, a klizač ide nagore, usled čega se povećava otpor u kolu i smanjuje jačina struje kroz instrument.



T.Petrović

ZADATAK 13 E

a) Ako od mernih instrumenata imate samo dinamometar, kako biste odredili specifičnu težinu kamena?

b) Kako biste odredili specifičnu težinu tečnosti ako od mernih sprava posedujete samo menzuru?

(Zadatak je objavljen u „Mladom fizičaru", br. 30) **T. Petrović**

REŠENJE ZADATKA 13 E

a) Da bi se odredila specifična težina kamena potrebno je izmeriti njegovu težinu P i zapreminu V, jer je d=P/V. Pošto od mernih instrumenata raspolažemo samo dinamometrom problem je samo u odredjivanju zapremine. Pomoću dinamometra odredićemo zapreminu posredno na sledeći način. Izmerićemo težinu kamena u vazduhu (P_1), a zatim i u vodi (P_2). Razlika $P_1 - P_2$ javlja se zbog potiska, za koji znamo da je jednak težini istisnute vode, tj. $P_1 - P_2 = V \cdot d_v$, gde je V zapremina istisnute vode odnosno tela potopljenog u njoj, a d_v specifična težina vode. Prema tome je

$$V = (P_1 - P_2)/d_v, \text{ a tražena specifična težina } d = \frac{P_1}{P_1 - P_2} d_v$$

b) Ako posedujemo samo menzuru, problem nalaženja specifične težine tečnosti svodi se nalaženje težine tečnosti, jer se zapremina lako nalazi menzurom. Pored menzure, koja je kalibrisana i predstavlja merni instrument, poslužićemo se i običnom čašom sa vodom. U menzuru se prvo naspe toliko vode da ona u vertikalnom položaju pliva u čaši s vodom. Neka je pri rome zapremina vode u menzuri V_v. Posle toga umesto vode u menzuru se sipa tečnost čiju specifičnu težinu odredjujemo, tako da se postigne ista uronjenost menzure u čaši s vodom kao u prethodnom slučaju. Zapremina tečnosti je V_t.

U prvom slučaju sila potiska je jednaka težini menzure sa vodom

$$P_m + P_v = V d_v \qquad (1)$$

U drugom slučaju ista sila potiska jednaka je težini menzure sa tečnošću čija je zapremina V_t

$$P_m + P_t = V d_v \qquad (2)$$

Izjednačavanjem (1) i (2) dobija se

$$d_t V_t = d_v V_v \quad \text{odnosno} \quad d_t = \frac{d_v V_v}{V_t}$$

T. Petrović

REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF-(34-35)

593. Most je opterećen od trenutka kad lokomotiva stupi na njega do trenutka kad poslednji vagon napusti most. Za to vreme je lokomotiva prešla put od 160 m. Vreme se odredjuje iz relacije $t = s/v$. Zamenom brojnih vrednosti dobija se:

$$t = \frac{160\ m}{80\ km/h} = \frac{160\ m}{80 \cdot \frac{1000\ m}{3600\ s}} = 7{,}2\ s.$$

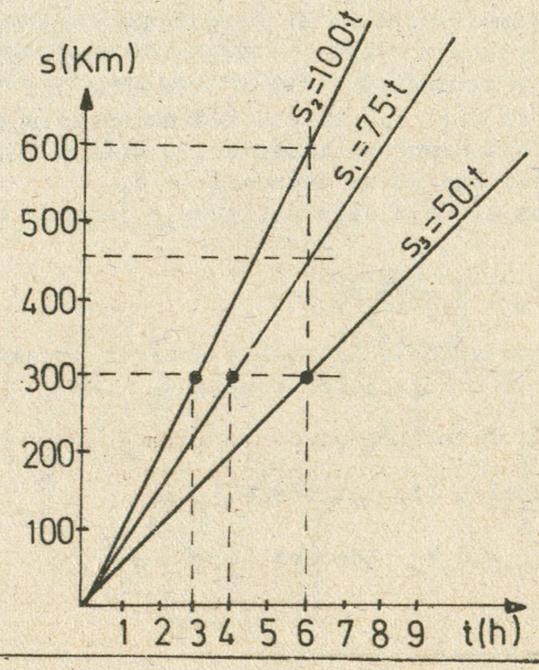
594. Srednja brzina je brojno jednaka: $v_{sr} = s/t_u$, gde je predjeni put u toku ukupnog vremena t_u.

Motociklista je za prva dva časa prešao put $s_1 = v_1 t_1$ gde je $s_1 = 90$ km a $t_1 = 2$h. Za sledeća tri časa motociklista je prešao put $s_2 = v_2 t_2$ gde je $v_2 = 50$ km/h a $t_2 = 3$h.

Pošto je $s = s_1 + s_2 = 240$ km a $t_u = t_1 + t_2 = 5$h. Onda je srednja brzina jednaka:

$$v_{sr} = s/t_u = \frac{240\ km}{5\ h} = 48\ km/h.$$

595. Grafikoni kretanja automobila za vreme od 6 časova, kao i za date brzine $v_1 = 1000$ km/h i $v_2 = 50$ km/h prikazani su na slici 1. Iz grafikona se vidi da je $t_1 = 4$ h, $t_2 = 3$ h, $t_3 = 6$ h.



Slika 1.

596. Vreme kretanja broda po reci – uzvodno tj. suprotno toku reke je $t_1 = s/(v_2 - v_1)$ a vreme kretanja broda nizvodno, tj. u smeru toka reke je $t_2 = s/(v_2 + v_1)$.

Ukupno vreme kretanja broda po reci u oba smera iznosi:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{v_2 - v_1} + \frac{s}{v_2 + v_1} = \frac{s(v_2+v_1)+(v_2-v_1)s}{v_2^2 - v_1^2} = \frac{2sv_2}{v_2^2 - v_1^2}.$$

Vreme kretanja po jezeru u oba smera iznosi: $t_3 = 2s/v_2$

Odnos vremena kretanja biće

$$\frac{t}{t_3} = \frac{(2sv_2)v_2}{(v_2^2 - v_1^2)2s} = \frac{v_2^2}{v_2^2 - v_1^2} = \frac{64}{60} = 1{,}07$$

Znači za kretanje po reci potrebno je 1,07 više vremena, nego po jezeru.

597. Znajući da je masa data kao $m = \rho V$ gde je zapremina jednaka $V = Sh = 60\ m^3$ onda je masa jednaka $m = 1{,}29\ kg/m^3 \cdot 60\ m^3 = 77{,}4$ kg. Težina vazduha je

$$Q = mg = 77{,}4\ kg \cdot 9{,}81\ m\ 4\ s^2 = 759{,}294\ N = 7{,}6 \cdot 10^2\ N.$$

598. Ukupni rad koji čovek izvrši za 180 koraka iznosi $A = 30 \cdot 180 = 5400$ J. Pa je tražena snaga $P = \frac{A}{t} = \frac{5400\ J}{60\ s} = 90W.$

599. Kinetička energija je data kao $E_k = \frac{mv^2}{2}$, a sila kao $F = ma = mv/t$ odakle je brzina jednaka: $v = Ft/m$.

Zamenom ovog izraza u izraz za kinetičku energiju dobijamo da je $E_k = mF^2t^2/2m^2$ odakle sledi da je masa $m = F^2t^2/2E_k = 5$ kg.

600. Pošto je početna brzina jednaka brzini od 60 m/s biće $v_o = v = 60$ m/s a pošto je masa $m = 0{,}04$ kg onda je energija jednaka

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{0{,}04\ kg \cdot 36 \cdot 10^2 m^2/s^2}{2} = 72\ J.$$

b) Posle 6 s kretanja energija će iznositi $mv^2/2$ gde je sad brzina data kao $v = v_o - gt = 60\ m/s - 9{,}81\ m/s^2 \cdot 6s = 60\ m/s = 1{,}14\ m/s$. Pa je

$$E_k = \frac{0{,}04\ kg \cdot 1{,}29\ m^2/s^2}{2} = 0{,}026\ J.$$

601. Traženi rad odgovara promeni energije tj. $A = \Delta E = E_p - E_k$ pošto je $E_k = 0$ u horizontalnom položaju a energija potencijalna $E_p = mgh$ onda je $A = mgh = 5\ kg \cdot 9{,}81\ m/s^2 \cdot 4\ m = 196{,}2$ J.

b) pošto je brzina klatna kad prolazi kroz najnižu tačku $v = \sqrt{2gh} = 8{,}858$ m/s tj. $v = 8{,}86$ m/s, zamenom u izraz za kinetičku energiju dobija se 196,2 J.

602. Količina toplote koja je potrebna da bi temperatura prostorije porasla za 10^oC odredjuje se iz relacije:

$$Q_1 = m_1 c_1 \cdot \Delta t$$

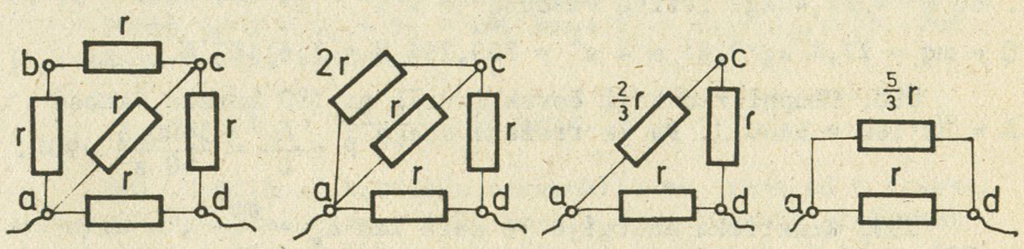
gde je m_1 – masa vazduha, c_1 – specifična toplota vazduha. Masa vazduha se odredjuje iz relacije $m_1 = \rho_V \cdot V_{sobe} = 1{,}29 \cdot 240\ kg/m^3 \cdot m^3$ $m_1 = 309{,}6$ kg. Zamenom brojnih vrednosti dobija se za toplotu Q_1 da je

$$Q_1 = 309{,}6\ kg \cdot 1000\ J/kg \cdot K \cdot 10\ K = 309{,}6 \cdot 10^4\ J = 3096 kJ.$$

Ova količina toplote treba da zagreje odredjenu masu vode za 10^oC pa možemo napisati: $Q_1 = Q_2 = m_2 c_2 \Delta t$ pa je tražena masa

vode $$m_2 = \frac{Q_1}{c_2 \cdot \Delta t} = \frac{3096 \cdot 10^3\ J}{4200\ J/kg \cdot K \cdot 10\ K} = \frac{3096}{42}\ kg = 73{,}7\ kg.$$

603. Pokušajmo sliku koja je data u postavci zadatka da uprostimo koliko je to moguće. Označimo zadatu sliku sa slovima abcd na njenim rogljevima i predstavimo je sledećim shemama kao na sl.2



Slika 2.

Ako posmatramo vezivanje po dva zasebna provodnika na shemi sl.2 nije teško ustanoviti da su provodnici-otpornici ab i bc izmedju sebe vezani redno. Osim toga para, u datoj konturi nema više od dva otpornika, koji bi bili vezani redno ili paralelno. Vrlo često se nepravilno uzima, da su redno vezani otpori ad i cd, ne vodeći računa, da je izmedju njih uključen dovod struje. Zamenivši ranije istaknuta dva otpora jednim ekvivalentnim otporom $R_1 = 2r$, vidimo da je on paralelno vezan sa otporom ac. Ukupni otpor konture abca pri uključenju iste u tačkama a i c biće jednak: $R = \frac{2r \cdot r}{2r + r} = \frac{2}{3} r$

Cela ta kontura odnosno otpor R_2 vezan je redno sa provodnikom cd i njihov ukupni otpor je $R_3 = \frac{2}{3} r + r = \frac{5}{3} r$.

Ako se to predstavi šematski onda vidimo da je otpor R_3 vezan paralelno sa delom ad. Njihov ukupni otpor tj. traženi ekvivalentni otpor celog kola biće jednak:

$$R_e = \frac{5/3\ r \cdot r}{5/3\ r + r} = \frac{5}{8} r$$

604. Toplota dobijena pretvaranjem električne energije iznosi: $Q = mc \cdot \Delta t = 1\ kg \cdot 4200\ J/kg \cdot K \cdot 10\ K = 42000\ J$.

Utrošena električna energija iznosi:

$$E = UIt = 380\ V \cdot 3A \cdot 60\ s = 68400\ J$$

Koeficijent korisnog dejstva tj. procenat električne energije koja se pretvara u toplotu iznosi:

$$\eta = \frac{Q}{E} \cdot 100 = \frac{42000\ J}{68400\ J} \cdot 100 = 61{,}4\%.$$

605. Količina toplote koja promeni temperaturu vode za 80^oC iznosi $Q = mc \cdot \Delta t = 1\ kg \cdot 4200\ J/kg \cdot K \cdot 80K = 336 \cdot 10^3 J = 336\ kJ$. S druge strane količina te toplote koju razvija grejač otpora R iznosi:

$$Q = I^2 Rt \text{ odakle je } R = \frac{Q}{I^2 t} = \frac{336 \cdot 10^3 J}{9 \cdot 15 \cdot 60\ As} = 41{,}48\ oma.$$

606. a) Iz izraza za snagu $P = UI = U^2/R$ odakle je

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{48400\ V^2}{800\ W} = 60{,}5\ oma.$$

b) Da bi odredili koeficijent korisnog dejstva treba odrediti kolika je uložena toplota a kolika toplota koja zagreje pola litra vode za 90^oC.

Uložena količina toplote je $Q_u = Pt = 800\ W \cdot 600\ s = 480 \cdot 10^3 J$.

A korisna toplota je $Q_k = mc \cdot \Delta t = 0{,}5\ kg \cdot 4200\ J/kg \cdot K \cdot 90\ K = 189 \cdot 10^3\ J$.

Pa je koeficijent korisnog dejstva

$$\eta = \frac{Q_k}{Q_u} = \frac{189 \cdot 10^3\ J}{480 \cdot 10^3\ J} = 0{,}3937; \quad \eta = 39{,}4\%.$$

607. Potrebna količina toplote odredjena je relacijom:

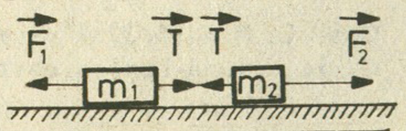
$$Q = m_1 k_t + m_v c \cdot \Delta t = 0{,}1\ kg \cdot 3{,}35 \cdot 10^5\ J/kg + 0{,}4\ kg \cdot 4200\ J/kg \cdot K \cdot 10\ K = 33500\ J + 16800\ J = 50300\ J = 50{,}3\ kJ.$$

b) S druge strane količina toplote koju oslobadja grejalica je $Q = I^2 Rt \rightarrow t = \frac{Q}{I^2 R} = \frac{50300\ J}{90\ A^2 oma} = 558{,}8\ s = 9{,}3\ min.$

608. Na slici 3 su prikazane sile koje deluju na tela, a T je sila zatezanja kanapa. Prema II Njutnovom zakonu važe relacije $m_1 a = T - F_1$, $m_2 a = F_2 - T$,

iz kojih sledi da je ubrzanje sistema jednako

$$a = \frac{F_2 - F_1}{m_1 + m_2},$$



Slika 3.

a sila zatezanja kanapa $$T = F_1 + m_1 a = \frac{F_1 m_2 + F_2 m_1}{m_1 + m_2}.$$

Posle zamene izraza za sile iz uslova zadatka dobija se za silu zatezanja $$T = \frac{2m_1 + m_2}{m_1 + m_2} kt,$$

da linearno zavisi od vremena. Kanap će se prekinuti kada sila zatezanja dostigne svoju maksimalnu vrednost, a to će se dogoditi posle vremena t_m koje se dobija iz relacije

$$T_m = \frac{2m_1 + m_2}{m_1 + m_2} kt_m. \quad \text{Sledi} \quad t_m = \frac{T_m(m_1 + m_2)}{k(2m_1 + m_2)} = 2{,}5 \cdot 10^3 s.$$

609. Prema II Njutnovom zakonu promena količine kretanja tela za neko vreme t jednaka je impulsu sile F koja deluje na telo: $m \cdot v = F \cdot t$. Pošto je sila F promenljiva, to je promena količine kretanja tela za neki duži interval vremena t jednaka impulsu srednje vrednosti sile F_{sr}: $mv_1 - mv = F_{sr} \cdot t$. S druge strane, srednja vrednost sile je proporcionalna srednjoj brzini tela: $F_{sr} = -kv_{sr}$, pa sledi da je $mv_1 - mv = -kv_{sr}t$. Kako je još proizvod $v_{sr} \cdot t$ jednak predjenom putu tela s, to je

$$mv_1 - mv = -ks, \quad \text{odakle se dobija} \quad s = \frac{m}{k}(v - v_1).$$

U konkretnom slučaju je $v_1 = V/2$, pa je predjeni put tela jednak $s = mv/(2k) = 20$ m.

610. Rad koji treba uložiti da se telo podigne sa dubine h na visinu H iznad površine vode nije jednak promeni njegove potencijalne energije, već promeni potencijalne energije sistema "telo-voda-zemlja". Naime, pored porasta potencijalne energije tela podizanjem na visinu h+H, dolazi i do smanjenja potencijalne energije vode, jer se sa njene površine spušta za visinu h voda iste zapremine kao telo. Sve ovo se računa u odnosu na referentni sistem vezan za Zemlju. Znači. traženi rad je jednak $A = mg(h+H) - \rho Vgh = 981$ J, $\rho = 1000$ kg/m^3 gust.vode.

611. Satelit će imati minimalni period obrtanja oko zvezde ako se kreće po kružnoj orbiti u blizini njene površine. To znači da je poluprečnik orbite približno jednak poluprečniku zvezde. Za kretanje po krugu mora da postoji ravnoteža radijalnih sila, a to su u ovom slučaju sila gravitacionog privlačenja izmedju zvezde i satelita i centrifugalna sila koja deluje na satelit zbog njegovog kružnog kretanja $$G\frac{mM}{R^2} = m\omega^2 R.$$

Ovde je $M = (4/3)\pi R^3 \rho$ - masa zvezde. Iz gornje relacije sledi da je ugaona brzina obrtanja satelita jednaka $$\omega = \sqrt{\frac{4}{3} G\pi\rho}$$

gde je G - gravitaciona konstanta. Period obrtanja satelita u ovim uslovima je

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = 0{,}42 \text{ ms}.$$

612. Translatorno i obrtno kretanje matice su medjusobno povezani, jer se pri njenom obrtanju za jedan obrt njeno težište pomera na rastojanje koje je jednako hodu (koraku) h zavrtanja. Pri obrtanju za ugao $\Delta\phi$, vertikalno pomeranje Δx proporcionalno je sa: $\Delta\phi : \Delta x/h = \Delta\phi/2$. Ako se obe strane ove relacije podele sa vremenom Δt, dobija se $$\frac{1}{h}\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{2\pi}\frac{\Delta\phi}{\Delta t},$$

odnosno $v/h = \omega/2\pi$, gde je v - brzina translatornog kretanja matice, ω - ugaona brzina njenog obrtanja.

Pošto se trenje u ovom slučaju zanemaruje, pri opisivanju kretanja matice, može se koristiti zakon održanja mehaničke energije. Neka se matica od početka posmatranja spustila za visinu x. Tada zakon održanja mehaničke energije daje relaciju

$$\frac{1}{2} mv_o^2 + \frac{1}{2} I\omega_o^2 + mgx = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2,$$

gde je $\omega_o = 2\pi \cdot v_o/h$ - početna ugaona brzina matice zavrtanja. Posle sredjivanja, iz poslednje relacije se dobija

$$v_o^2 = v_o^2 + \frac{2g}{1 + \frac{4\pi^2 I}{mh^2}} \cdot x.$$

Ako se sada pretpostavi da se vertikalno pomeranje matice zavrtnja za rastojanje x može predstaviti kao slobodno padanje sa iste visine u nekom gravitacionom polju čije je ubrzanje g_1, i sa početnom brzinom v_o, onda se na osnovu zakona održanja energije može pisati $v^2 = v_o^2 + g_1 x$.

Poredjenjem dve poslednje relacije sledi da ubrzanju g_1 odgovara izraz

$$g_1 = g/(1 + \frac{4\pi^2 I}{mh^2}),$$

što znači, da se brzina spuštanja matice menja sa vremenom po zakonu

$$v = v_o + g_1 t = v_o + \frac{g}{1 + \frac{4\pi^2 I}{mh^2}} \cdot t$$

i da posle vremena t = 5 s od početka kretanja iznosi $16{,}73 \cdot 10^{-3}$ m/s.

613. Kada je automobil u miru na svaki od njegova četiri amortizera deluje sila jednaka četvrtini sile kojom Zemljina teža deluje na automobil date mase m: $F_o = Q/4 = mg/4$. Usled kretanja po valovitom putu automobil vrši harmonijsko kretanje u vertikalnom pravcu s periodom T i amplitudom x_o tako da na njega deluje dodatna sila $F_H = ma$, gde je $a = x_o\omega^2$ ubrzanje a $\omega = 2\pi/T$ ugaona brzina harmonijskog kretanja automobila. Znači, $F_H = mx_o 4\pi^2/T^2$. Dodatna sila koja deluje na svaki amortizer iznosi $F_h = F_H/4 = mx_o\pi^2/T^2$. Ukupna sila koja deluje na svaki amortizer iznosi: $F = F_o + F_h = \frac{mg}{4} + \frac{mx_o\pi^2}{T^2} = 3{,}44$ kN.

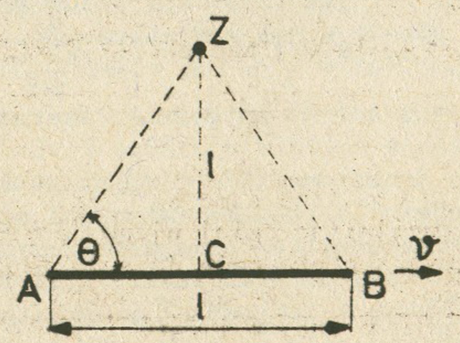
614. Zadatak odredjivanja kretanja (oscilovanja) preostalog dela tela mase $m_1 = M-m = 2M/3$, koje je okačeno o oprugu konstante k, kada se od tela mase M otkači bez početne brzine deo mase $m = M/3$, može da se svede na zadatak odredjivanja kretanja tela mase $m_1 = 2M/3$ kada je izvedeno iz svog ravnotežnog položaja pod dejstvom sile težine intenziteta $F = mg = Mg/3$ i pušteno da osciluje. Znači, telo mase m_1 se pre prestanka dejstva sile F, odnosno pre otkidanja dela tela mase m od tela mase M, nalazilo u svom amplitudnom položaju x_o, što je istovremeno ravnotežni položaj tela mase M. Očigledno je da je maksimalna visina h_m jednaka dvostrukoj vrednosti amplitude x_o tela mase m_1: $h_m = 2x_o$, odakle je $x_o = h_m/2$. S druge strane sledi da se pod dejstvom sile $F = mg$ opruga izdužila za x_o pa je $k = mg/x_o = 2Mg/3h_m$. Kako je $\omega_1^2 = k/m_1 = 3k/2M = g/h_m$ sledi da maksimalna brzina tela mase m_1 iznosi $v_o = \omega_1 x_o = \frac{1}{2}\sqrt{gh_m} = 1$ m/s. Maksimalno ubrzanje tela mase m_1 iznosi $a_o = \omega_1^2 x_o = g/2 = 4{,}90$ m/s^2.

615. Pri stalnoj brzini c prostiranja talasa i pri datoj frekvenciji f oscilovanja fazna razlika izmedju dveju tačaka koje se nalaze na medjusobnom rastojanju d zavisna je od vremena Δt koje je potrebno da talas predje dato rastojanje: $\Delta\phi = \omega\Delta t$, gde je $\omega = 2\pi f$. Kako je $\Delta t = d/c$ sledi $\Delta\phi = 2\pi fd/c = \pi$.

616. Brzina posmatrača koji se nalazi na kraju A kompozicije (Sl.), u odnosu na pravac prostiranja zvučnih talasa, u trenutku kada se sredina C kompozicije nalazi na najmanjem rastojanju CZ, iznosi $v_p = v\cos\theta$, gde je v brzina voza a θ ugao izmedju pravca prostiranja zvuka i pravca kretanja voza. Kako je (pogledaj sliku) $\cos\theta = AC/AZ = \frac{\ell/2}{\sqrt{(\ell/2)^2 + \ell^2}} = \sqrt{5}/5$ (ℓ je dužina kompozicije voza), tako da frekvencija koju čuje posmatrač u tački A iznosi:

$$f_1 = \frac{u+v_p}{u} f = \frac{u+v\cos\theta}{u} f = (1+\frac{v\sqrt{5}}{u\cdot 5})f = 1{,}04\ f =$$

Slika 4.



= 1040 Hz (u je brzina zvuka u vazduhu, a f je frekvencija zvuka koju emituje zvučni izvor u tački Z). Posmatrač koji se nalazi u tački B. na početku kompozicije, čuje zvuk frekvencije:

$$f_2 = \frac{u-v_p}{u} f = \frac{u-v\cos\theta}{u} f = (1-\frac{v\sqrt{5}}{u\cdot 5})f = 0{,}96\ f = 960\ \text{Hz}.$$

617 Kako je u oba slučaja induktivitet L zavojnice isti, frekvencija f pri kojoj će rezonirati dato oscilatorno kolo zavisi samo od kapaciteta C datog kondenzatora. Ukoliko indeksom "1" označimo odgovarajuće veličine kada se kondenzator nalazi u vodi a indeksom "2" odgovarajuće veličine kada se kondenzator nalazi u vazduhu, sledi: $f_1 = 1/2\pi\sqrt{LC_1}$ i $f_2 = 1/2\pi\sqrt{LC_2}$. Kako je $C_1 = \varepsilon_o\varepsilon_p S/d = \varepsilon_o\varepsilon_p ab/d$ i $C_2 = \varepsilon_o a^2/d$, gde je a- širina ploče, b- dužina ploče kondenzatora, d- razmak izmedju ploča kondenzatora, ε_o- dielektrična propustljivost vazduha (vakuuma), ε_r- dielektrična propustljivost vode, sledi: $f_2/f_1 = \sqrt{C_1/C_2} = \sqrt{\varepsilon_r b/a} = \sqrt{81\cdot 4} = 18$. Znači, dato oscilatorno kolo rezoniraće u vazduhu, kada su ploče kondenzatora zaokrenute za ugao od 90^o, pri frekvenciji $f_2 = 18\ f_1 = 90$ MHz.

618. Električno polje Zemlje na njenoj površini je jednako

$$E_o = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o R_z^2},$$

gde je q - naelektrisanje Zemlje. Na visini od h = 1 km električno polje potiče od naelektrisanja Zemlje i naelektrisanja q_1 iz atmosfere do ove visine i dato je relacijom

$$E = E_o/2 = \frac{q+q_1}{4\pi\varepsilon_o(R_z+h)^2}.$$

Naelektrisanje atmosfere do visine h je dato izrazom $q_1 = 4\pi R^2 h\rho$, gde je ρ - tražena gustina naelektrisanja. Kada se uzme u obzir činjenica da je $h \ll R$, onda se izraz za električno polje može napisati u obliku

$$E = \frac{E_o}{2} \cong \frac{q+4\pi R_z^2 h}{4\pi\varepsilon_o R_z^2} = E_o + \frac{h}{\varepsilon_o},$$

pa se iz njega za gustinu naelektrisanja u atmosferi do visine h dobija

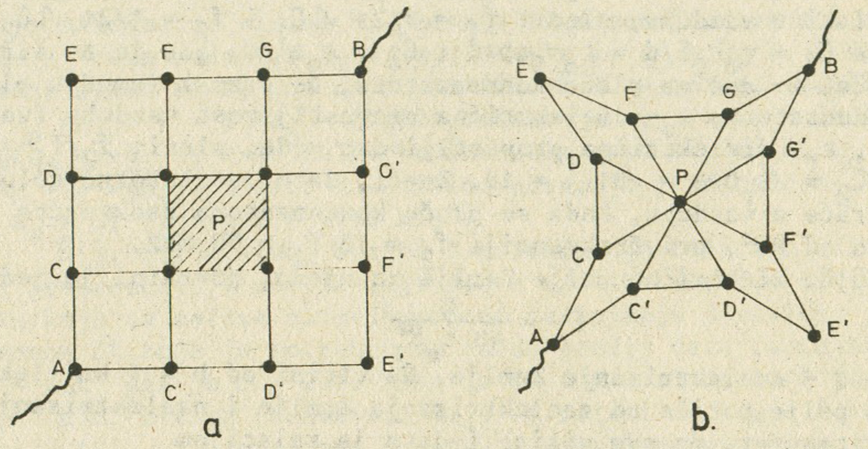
$$\rho = -\frac{\varepsilon_o E_o}{2h} = -4{,}4\cdot 10^{-13}\ \text{C/m}^3.$$

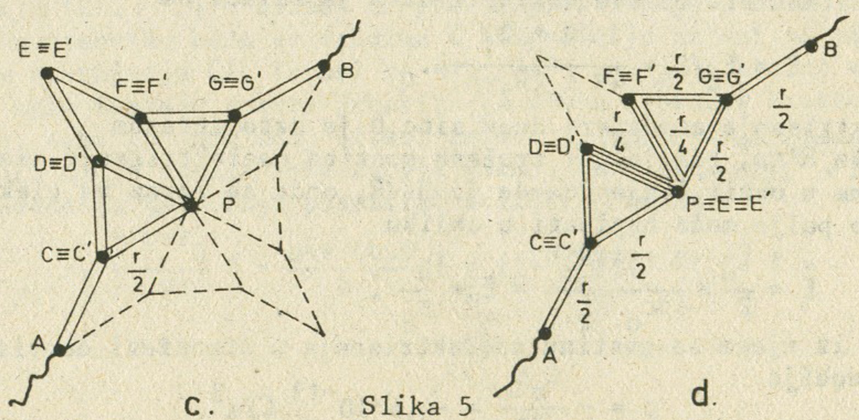
619. Na slici 5 a označena su temena kvadrata konture, a metalna ploča je označena samo sa jednim slovom P pošto je električni potencijal po celoj njenoj površini konstantan. S druge strane, ova kontura može da se prikaže u obliku kao na sl. 5 b. Zbog simetrije može da se uoči, da su potencijali tačaka C i C', D i D', E i E', F i F', G i G' jednaki, što znači da se te tačke mogu spojiti jer izmedju njih ne protiče električna struja. To vezivanje šematski je prikazano na sl. 5.c. Ako se rezon vezivanja tačaka sa jednakim potencijalom (to su sada tačke P, E i E') ponovi dobije se električno kolo na sl. 5 d.

Na slici 5 c električni otpor izmedju bilo koja dva susedna čvora je r/2, a na slici 5 d električni otpor izmedju tačaka D i P, F i P je r/4. Isto tako, za otpor izmedju tačaka C i P, P i G (sl. 5 d) se može izračunati da je jednak $r_1 = 3r/10$. Na kraju, za ukupan otpor izmedju tačaka A i B se može napisati da je jednak

$$R_{AB} = 2\frac{r}{2} + 2r_1 = 1{,}6\ r = 32\Omega.$$

Pokušajte da rešite ovaj zadatak koristeći Kirhovljeva pravila.





Slika 5

620. Maksimalna snaga na potrošaču se razvija kada je njegova električna otpornost jednaka unutrašnjem otporu ems r. To znači, da od ponudjenih spirala-otpornika treba napraviti kombinaciju čiji će ukupni otpor biti jednak 25 oma. Nije teško uočiti da je ekvivalentni otpor dva otpornika od 50 oma, koji su vezani paralelno, upravo jednak 25 oma. Znači, vezivanjem otpornika od 10 i 40 oma serijski dobija se ukupno 50 oma; isto tako serijskim vezivanjem otpornika od 20 i 30 oma dobija se otpor od 50 oma. Paralelnim vezivanjem ove dve kombinacije dobija se potrošač na kome će se, u datim uslovima, razvijati maksimalna snaga.

621. Iz električne šeme koja je data u tekstu zadatka vidi se da su diode uključene tako da istovremeno propuštaju ili ne propuštaju struju. Za vreme od jednog poluperioda, kada one propuštaju struju, otpori R, R_1 i R_2 su uključeni paralelno. Na otporniku R se u jedinici vremena izdvaja količina toplote $P_1 = U^2/R$. Za vreme drugog poluperioda, kada diode ne propuštaju struju, otpori R, R_1 i R_2 su vezane redno. Tada je snaga na otporniku R jednaka $P_2 = U^2R/(R+R_1+R_2)^2$. Sledi da je srednja snaga na otporniku R jednaka

$$P = \frac{1}{2}(P_1+P_2) = \frac{U^2}{2R}\left[1 + \left(\frac{R}{R+R_1+R_2}\right)^2\right] = 3\ \mathrm{W}.$$

622. Jačina struje zasićenje može da se odredi iz njene gustine: I = jS, gde je S-površina katoda. Ova površina predstavlja površinu omotača cilindra S = πdL, gde je d-prečnik a L- dužina provodnika od koga je katoda napravljena. Tako se za gustinu struje zasićenja nalazi

$$j = BT^2 \exp(-A/kT) = 2{,}95\cdot 10^4\ \mathrm{A/m^2}$$

gde je k - Bolcmanova konstanta, a A - izlazni rad elektrona. Jačina struje zasićenja je $I = jS = j\pi\, dL = 5{,}56$ A.

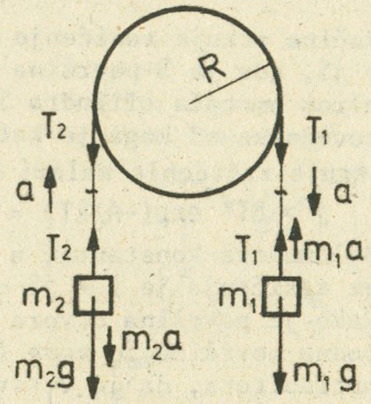
623. Kako je površina otvora S_2 na dnu posude mala u odnosu na slobodnu površinu S_1 vode ($S_2 \ll S_1$) sledi, na osnovu jednačine kontinuiteta, da je $v_1 \ll v_2$, što znači da se visina h vodenog stuba u posudi zanemarljivo menja, pa se može smatrati da je brzina isticanja vode iz posude konstantna: $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh} = \sqrt{2gh} = \mathrm{const}$. Mada voda ističe konstantnom brzinom na posudu deluje dopunska sila uslovljena promenom impulsa usled promene mase tečnosti s vremenom pri njenom isticanju:

$$\Delta F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = v_2\frac{\Delta m}{\Delta t} + m\cdot\frac{\Delta v_2}{\Delta t} = v_2\cdot\frac{\Delta m}{\Delta t}.$$

Kako je $\Delta m = \rho\Delta V = \rho S_2 v_2 \Delta t$ sledi da promena sile zatezanja niti iznosi $\Delta F = \rho S_2 v^2 = 2\rho g h S_2 \cong 59$ mN.

624. Neka je v_1 brzina mlaza vode koji ističe iz otvora na visini h_1 a v_2 brzina mlaza vode koji ističe iz otvora na visini h_2. Domet mlaza vode iz otvora na visini h_1 iznosi: $D_1 = v_1 t_1$, gde je t_1 vreme potrebno da posmatrana elementarna zapremina mlaza od otvora stigne do podloge. Kako je $h_1 = gt_1^2/2$ sledi $t_1 = \sqrt{2h_1/g}$. S druge strane, brzina isticanja mlaza data je izrazom $v_1 = \sqrt{2g(H-h_1)}$. Za domet mlaza koji ističe iz otvora na visini h_2, analognim rasudjivanjem, dobija se izraz: $D_2 = v_2 t_2 = 2\sqrt{(H-h_2)h_2}$. Kako je, iz uslova zadatka, $D_1 = D_2$ sledi $h_2^2 - H\cdot h_2 + (H-h_1)\cdot h_1 = 0$. Rešenja ove kvadratne jednačine po h_2 su: $(h_2)_{1,2} = (H \pm \sqrt{H^2 - 4(H-h_1)h_1})/2 = (1 \pm 0{,}5)/2$ m. Rešenje $h_2 = 0{,}25\ \mathrm{m} = h_1$ označava da postoji samo jedan otvor (mlaz), što je u suprotnosti s postavkom zadatka. Kao realno ostaje samo rešenje $h = h_2 = 0{,}75$ m.

625. Kada se sistem nalazi u stanju prinudnog mirovanja sile zatezanja konca su respektivno $T_{10} = m_1 g$ i $T_{20} = m_2 g$, što znači da na točak data tela, m_1 i m_2, deluju momentom sile $M_o = (T_{10}-T_{20})R = (m_1-m_2)gR$ koji je uravnotežen momentom spoljašnjih sila. Po prestanku delovanja momenta spoljašnjih sila na točak će delovati rezultantni moment sile zatezanja (Sl.6) $M = (T_1-T_2)R$ dajući mu ugaono ubrzanje α. Kako je $M = I\alpha$, gde je I moment inercije točka u odnosu na datu osu rotacije, i kako je moment impulsa L vezan s ugaonom brzinom relacijom $L = I\omega$ sledi $T_1-T_2 = M/R = I\alpha/R = L\alpha/\omega R$. Kako nema proklizavanja konca preko točka sledi da je linijsko ubrzanje



Slika 6.

tačke na njegovoj periferiji $a = R\alpha$. Ugaono ubrzanje točka posle vremena t od početka kretanja iznosi $\omega = \alpha t$, ($\omega_o = 0$). Znači, $T_1-T_2 = L/Rt$. S druge strane na telo mase m_1 deluje sila težine $m_1 g$ i sila zatezanja konca T_1 dajući mu ubrzanje a: $m_1 a = m_1 g - T_1$. Slično prethodnom, na telo mase m_2 deluje sila težine $m_2 g$ i sila zatezanja konca T_2 dajući mu isto ubrzanje a: $m_2 a = T_1 - m_2 g$. Iz zadnjih dveju jednačina sledi:

$$a = \frac{(m_1-m_2)g - (T_1-T_2)}{m_1 + m_2}$$

Smenom ranije dobijenog izraza za T_1-T_2 u zadnji izraz dobija se

$$a = \frac{(m_1-m_2)\, gRt - L}{(m_1+m_2)Rt}$$

Kako je $T_1 = m_1 g - m_1 a$ i $T_2 = m_2 g + m_2 a$ sledi:

$$T_1 = m_1 \frac{2\, m_2\, Rgt + L}{(m_1+m_2)Rt} = 41{,}7 \text{ N i } \quad T_2 = m_2 \frac{2\, m_1\, Rgt - L}{(m_1+m_2)Rt} = 35{,}0 \text{ N.}$$

626. U slučaju rotacionog kretanja u kombinaciji s translatornim kretanjem centra mase tela, zakon održanja mehaničke energije može da se napiše u obliku:

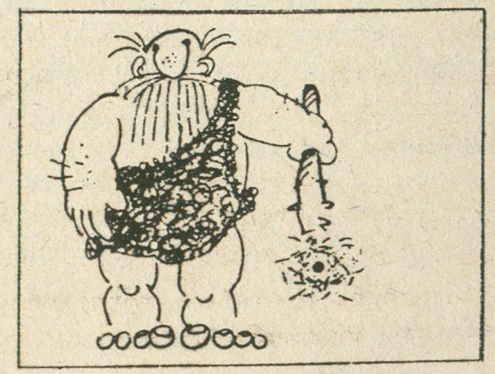
$$(m+M)\, v_c^2/2 + I\omega^2/2 = (m+M)gh$$

gde prvi član s leve strane jednačine odgovara kinetičkoj energiji translatornog kretanja centra mase, drugi član s leve strane jednačine kinetičkoj energiji rotacionog kretanja tela a član s desne strane jednačine potencijalnoj energiji tela, gde je v_1 brzina centra mase, $I = mr^2$ moment inercije cilindra poluprečnika r u odnosu na osu simetrije cilindra (kako nema trenja izmedju cilindra i tečnosti vrši samo translatorno kretanje), ω je ugaona brzina cilindra a $h = s\cdot\sin\theta$ visina s koje cilindar počinje da se kotrlja niz strmu ravan, s je put koji prelazi telo duž strme ravni (dužina strme ravni). Kako nema proklizavanja cilindra sledi da je $v_c = \omega r$ tako da se na osnovu prethodnog dobija: $v_c^2 = 2(m+M)g\cdot s\cdot\sin\theta / /(2m+M)$. S druge strane iz kinematike je poznato da je $v_c^2 = 2a_c s$, gde je a_c ubrzanje centra mase tela, tako da se konačno dobija:

$$a_c = (m+M)\cdot g\cdot\sin\theta/(2m+M) = 3g/8 = m/s^2 = 3{,}68\ m/s^2.$$

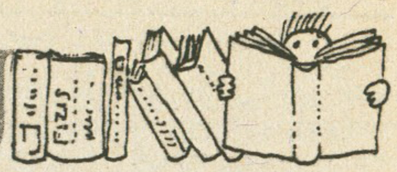
627. Gravitaciona potencijalna energija sistema koji čine dve homogene lopte datih prečnika u odnosu na nulti nivo potencijalne energije u beskonačnosti, jednaka je radu koji treba utrošiti da se jedna od njih iz datog položaja premesti u beskonačnost. Kako je izraz za gravitacionu interakciju homogenih tela sfernog oblika identičan s izrazom za interakciju materijalnih tačaka (ili tela konačnih dimenzija koja se nalaze na rastojanjima koja su velika u odnosu na njihove dimenzije), sledi da se u ovom slučaju može primeniti od ranije poznat izraz za potencijalnu energiju $E_p(r) = -\gamma m_1 m_2/r$. Kako je u našem slučaju $r = (d_1+d_2)/2$ i kako je $m_1 = \rho V_1 = \rho 4\pi(d_1/2)3/3$ i $m_2 = \rho V_2 = \rho 4\pi(d_2/2)3/3$ sledi

$$E_p = -\gamma\pi^2\rho^2(d_1 d_2)3/18\ (d_1+d_2) = -3{,}73\cdot 10^{-10}\ \text{J.}$$



Наука Књига

ZA VAŠU BIBLIOTEKU

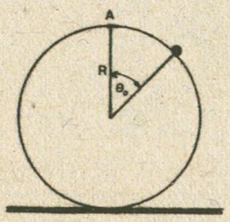


"Analiza rešenja odabranih zadataka iz fizičke mehanike, molekularne fizike i termodinamike" (S.Božin, S.Žegarac)

Pre dve godine "Naučna knjiga" je štampala zbirku zadataka iz oblasti mehanike, molekularne fizike i termodinamike. Iako je zbirka prvenstveno namenjena studentima koji na prvoj godini studija izučavaju fiziku, ona može biti od koristi i učenicima srednjih škola, naročito onima koji se pripremaju za takmičenja iz fizike, kao i onima koji će izučavati fiziku u toku studija. Ovu zbirku zadataka su sastavili saradnici na grupi za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu S.Božin i S.Žegarac, nakon dugogodišnjeg rada sa studentima fizike prve godine kao i učestvovanja u sastavljanju mnogobrojnih udžbenika i priručnika iz fizike za srednje škole. Autori su takodje pripremali zadatke za republička i savezna takmičenja iz fizike i bili članovi komisija za pregledanje i ocenjivanje takmičarskih radova.

Zbirka sadrži oko 200 zadataka čija su detaljna rešenja izložena na oko 350 stranica. U rešenju svakog zadatka posebna pažnja posvećena je razmatranju baš onih delova koji rešavaocima pričinjavaju najveće teškoće: jasno i precizno predstavljanje fizičke situacije i odabiranje onih fizičkih zakona koji su odlučujući u konkretnom problemu. Pri ovome je težište stavljeno na fizičku stranu problema, koja se često analizira šire nego što je to neophodno za dobijanje konačnog rezultata. U mnogim rešenjima dat je komentar koji omogućava dublje razumevanje fizičkih pojava i korišćenih zakona. Kao primer svega ovoga evo jednog zadatka i njegovog rešenja.

2-7. Telo počinje da klizi bez trenja po površini velike kugle iz položaja A. U jednom trenutku telo se odvaja od površine kugle.



Koliko je ugaono pomeranje tela do trenutka kada se odvoji od površine kugle?

($19^{o}26'$)

Rešenje:

Kada se telo nalazi u tački A sila kojom Zemlja deluje na njega kompenzovana je reakcijom podloge i telo se nalazi u labilnoj ravnoteži. Malim pomeranjem iz položaja A reakcija podloge i sila teže neće imati više isti pravac te je njihova rezultanta različita od nule i ima pravac tangente. U tom slučaju reakcija podloge biće jednaka po intenzitetu radijalnoj komponenti sile teže. Otuda sledi da je rezultujuća sila u tom početnom trenutku (telo još nema brzinu) jednaka tangencijalnoj komponenti sile teže. Pod dejstvom te komponente, koja se tokom kretanja povećava, telo će se kretati ubrzano po vertikalnom krugu poluprečnika R. Uslov za kretanje tela po krugu je da rezultujuća sila u radijalnom pravcu obezbedi potrebno centripetalno ubrzanje, to jest

$$\frac{mv^2}{R} = G_r - F_r , \qquad (1)$$

gde je $G_r = mg\cos\theta$ a F_r je reakcija podloge. Prema tome jednačina (1) glasi:

$$\frac{mv^2}{R} = mg\cos\theta - F_r .$$

Što se telo više udaljava od tačke A tangencijalna komponenta $G_t = mg\sin\theta$ postaje sve veća a time i brzina $\vec{v}$. Medjutim, komponenta G_r postaje sve manja što znači da se $\vec{F}_r$ još brže smanjuje. U jednom trenutku, kada je $\theta=\theta_o$, reakcija $\vec{F}_r$ postaje jednaka nuli, te je:

$$\frac{mv_o^2}{R} = mg\cos\theta_o . \qquad (2)$$

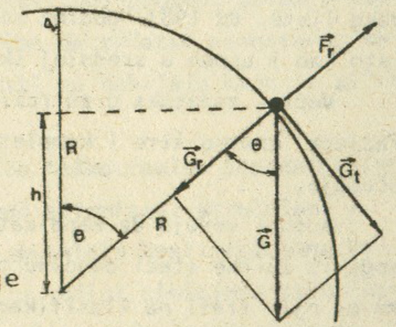
U sledećem trenutku telo će napustiti kuglu jer je $\vec{G}_r$ još manje a $\vec{v}$ još veće, pa $\vec{G}_r$ ne može da obezbedi dovoljnu centripetalnu silu. Stoga jednačina (2) predstavlja uslov za napuštanje kugle. Brzina $\vec{v}$ tela dok se nalazi na kugli, nalazi se iz zakona o održanju energije

$$\frac{mv^2}{2} = mg\,(R - h),$$

ili

$$\frac{v^2}{2} = gR\,(1 - \cos\theta),$$

jer je $h = R\cos\theta$.



Brzina $\vec{v}_o$ u trenutku odvajanja je

$$v_o^2 = 2gR\,(1 - \cos\theta_o). \qquad (3)$$

Zamenom ovog izraza u jednačinu (2) dobija se $\cos\theta_o = \frac{2}{3}$ odnosno $\theta_o = 19^{o}26'$.

Knjiga se može nabaviti preko knjižara ili porudžbinom neposredno od izdavača IRO "Naučna knjiga" Beograd, Uzun Mirkova 5.

BOŽIDAR V. STANIĆ MIHAILO I. MARKOVIĆ

REŠENI ZADACI SA KLASIFIKACIONIH ISPITA IZ FIZIKE NA TEHNIČKIM FAKULTETIMA

DRUGO DOPUNJENO IZDANJE

Građevinski fakultet u Beogradu i Nišu
Elektronski fakultet u Nišu
Poljoprivredni fakultet u Beogradu
Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu
Tehnološki fakultet u Leskovcu

U ovoj knjizi rešeni su zadaci sa klasifikacionih ispita iz fizike na tehničkim fakultetima Beogradskog i Niškog Univerziteta počev od 1979. godine. Zadaci sa klasifikacionih ispita iz fizike na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu rešeni su u posebnoj knjizi. Na nekim tehničkim fakultetima (mašinskom, saobraćajnom, rudarskom i dr.) klasifikacioni ispiti iz fizike nisu održavani od 1979. godine. U toku 1980. i 1981. godine nije bilo klasifikacionih ispita na Univerzitetima u SR Srbiji van teritorija pokrajina. Uspeh na klasifikacionim ispitima je 1982. godine vrednovan sa jednom trećinom, a uspeh u srednjoj školi sa dve trećine pri sastavljanju konačne rang liste. Od 1983. godine se uspeh na klasifikacionim ispitima vrednuje isto kao i uspeh u srednjoj školi, tj. sa faktorom od jedne polovine.

Većina zadataka u zbirci je detaljno rešena a teorijska pitanja su obradjena znatno šire i kompletnije nego što se to od kandidata na ispitu očekuje.

Autori veruju da kandidati koji se pripremaju za klasifikacione ispite mogu iz Zbirke steći osnovne predstave o tome šta se na pojedinim fakultetima od njih traži na klasifikacionom ispitu iz Fizike.

Naučna knjiga

BEOGRAD, 1985.

BOŽIDAR V. STANIĆ MIHAJLO I. MARKOVIĆ

REŠENI ZADACI SA KLASIFIKACIONIH ISPITA IZ FIZIKE NA ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU U BEOGRADU

Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, zbog velikog interesovanja srednjoškolaca za studije elektrotehnike i ograničenog kapaciteta škole, već više od 35 godina održavaju se ispiti iz matematike i fizike za prijem kandidata na prvu godinu studija.

Verujemo da će ova zbirka zadataka pomoći budućim studentima elektrotehnike i drugih tehničkih fakulteta u pripremama za polaganje klasifikacionih i prijemnih ispita iz Fizike. Zbirka ima orijentacioni karakter za potencijalne kandidate i treba da im pomogne u pravilnoj proceni obima i kvaliteta priprema za ispit. Čitaocima preporučujemo da zadatke samostalno rešavaju. Iskustvo pokazuje da se željeni rezultati ne dobijaju kada se zbirke zadataka samo čitaju.

Praksa je pokazala da je na jednom ispitu teško realno proceniti integralnu vrednost kandidata. Mnogi, u praksi već afirmisani stručnjaci u drugim delatnostima, u svoje vreme nisu uspeli da polože kvalifikacione ispite na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, u većini slučajeva zbog faktora iznenadjenja na ispitu. Ovom zbirkom nepovoljno dejstvo tog faktora treba da se minimizira.

Naučna knjiga

BEOGRAD, 1985.

PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF 33 DOSTAVILI SU:

558, 561; Stojanović Maja 558, 561; Jovanović Vesna 558, 561; Stamenković Ružica 558, 559; Aritonović Lidija 558, 559; Stanković Jasmina 558, 559; Petrović Danijela 558, 559; Lazarević Suzana 561; Mitić Gorica 560, 561, 562, 564, 566; Stošić Nenad 558, 560; Mihajlović Sonja 558, 564; Tasić Predrag 558; Kosić Zoran 558; Nedeljković Gordana 563; Paunović Mirjana 561; Pavlović Danijela 558, 561; Pavlović Suzana 558, 561, 564, 565, 566; Marković Žaklina 558, 561, 564, 565, 566; Stanojević Valentina 558, 561; Ristić Biljana 558, 561; Krstić Violeta 559; Mitić Dragana 558, 561, 564, 567; Spasić Dragan 558, 561; Kostadinova Sanja 558, 561, 563, 564, 565; Veličković Branislav 558, 561, 564, 566, 561; Kostadinova Sanja 558, 561, 563, 564, 565; Cvetković Zoran 564, 565, 566; Arsić Nenad 558, 560; Veličković Ljiljana 558, 563; Jovanović Slađana 564; Janjić Boban 558, 564;

2. OŠ „Olga Milošević", Smed. Palanka (Borivoje Vukomanović): Josifović Milica 558, 559, 561, 562, 563, 564, 565, 567; Miloešević Ana 563, 564, 565, 566; Milojković Darko 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565; Matejić Aleksandar 558, 559, 560, 561, 562, 563, 565; Arsić Nebojša 563, 564, 565; Andrejić Zoran 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565; Gajić Ljiljana 559, 560, 561; Ilić Violeta 558, 559, 560, 561; Kuzmanović Jelena 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564; Hrstić Dragan 558, 559, 560, 563, 564, 565; Stevanović Goran 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564; Šijan Ljudmila 558, 559, 560, 561; Ristić Jasmina 563, 564, 565, 566; Radojević Miroslav 558, 559, 560, 562; Stojanović Milena 559, 560, 561;

3. OŠ „Dr Dragiša Mišović", Čačak (Radmila Aćimović i Draginja Nidožović): Ocoklić Maja 563, 564, 565, 567; Čvrkić Katarina 558, 559, 560, 561, 562; Voštić Jovan 563, 564, 565, 566, 567; Milošević Mirjana 558, 559, 560, 561, 562; Ješić Dragoljub 563, 564, 565; Terzić Aleksandra 563, 564, 565, 567; Marić Žaklina 558; Božović Snežana 558, 559, 560, 561, 562; Papić Marija 563, 564, 565, 566, 567; Vučićević Mirjana 558, 560, 561, 562; Žižović Tanja 558, 559, 560, 561, 562; Šipetić Zoran 563, 564, 565, 567; Ćirković Jasmina 558; Papić Olivera 568, 569, 570, 571, 572; Tamaš Sanja 563, 564, 565, 566; Arsenijević Marina 563, 564, 565, 567; Dimitrijević Jelena 563, 564, 565, 566, 567; Tamaš Sanja 566;

4. OŠ „Veljko Vlahović", Borča–Greda (Živorad Petrović): Zec Igor 558, 559, 561; Ristić Nataša 563, 564, 565, 566; Petrović Violeta 558, 559, 560, 561, 562; Mihailović Aleksandra 568, 569, 570, 571, 572; Maletić Slobodan 558, 560, 561, 562, 568, 569, 570, 572; Beronja Biljana 568, 569, 572; Todorović Ljiljana 568, 569, 571, 572; Stevanović Maja 558, 559, 561, 563, 564, 565, 566; Radosavljević Jasna 568, 569, 570, 571, 572; Beriša Hatidža 568, 569, 571, 572; Vidaković Nada 568, 569, 571, 572; Agatonović Goran 568, 569, 570, 571, 572; Zajić Dragan 563, 564, 565, 566; Tošić Vesna 563, 564, 565, 566, 567; Gavrilović Dragana 559, 560, 561, 562; Milić Bojan 563, 564, 565, 566; Petrović Nebojša 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 566;

5. OŠ „Dragiša Mihajlović", Kragujevac (Živadin Stojković): Stevanović Goran 568, 571; Rafailović Tanja 571; Subotić Tatjana 571; Gvozdenović Živorad 571; Stević Rada 558, 559, 560, 561; Subotić Mirjana 558, 559, 560, 561; Miletić Ivana 558, 559, 560, 561; Nikolić Dejan 558, 559, 560, 561; Maksimović Nela 558, 559, 560, 561; Mihajlović Živodrag 558, 559, 560, 561; Kandić Tanja 558, 559, 560, 561.

6. OŠ „22. decembar", Katun (Slobodan Mitić): Miletić Slađana 558, 559, 560, 561, 563, 564, 566; Milojković Žaklina 558, 560, 561; Milojković Saša 558, 559, 560, 566; Nešić Danijela 558, 559, 560, 561; Milenković Goran 559, 560, 563; Miłojković Biljana 558, 559, 560, 561;

7. OŠ „8. oktobar", Vlasotinice (Mihajlo Đokić): Kostovski Saša 564, 566; Mitrović Biljana 558, 559, 560, 561, 564; Đokić Svetlana 558, 559, 560, 561, 562, 564; Pejčić Jelena 558, 559, 560, 561, 562; Milojević Ivan 558, 559, 560, 561, 562, 563; Marković Bojan 566, 564; Nikolić Biljana 558, 559, 560; Sokolović Biljana 558, 561; Stojanović Dejan 559; Krstić Ivanka 561, 564; Jovanović Snežana 558, 559, 560.

8. OŠ „Josip Pančić", Baljevac na Ibru (Milan Zdravković): Vujanac Sonja 558, 559, 560, 561; Ristović Ružica 563, 564, 566; Medarević Danijela 558, 559, 560, 561; Jovanović Jela 563, 564, 566; Pantović Zdravko 558, 559, 560, 561;

9. OŠ „Stevan Sinđelić", Beograd (Harizanov Spas): Đorđević Branko 568, 572; Marajanović Dejan 563, 56[illegible]6; Stojković Igor 558, 559, 561; 562; Konstantinović Zorica 570, 571, 572;

10. OŠ „Gra Vukelić", Kloštar–Ivanić (Blago Šimić): Lovreković Nikolina 558, 559, 560, 561, 562, 564, 567; Kopić Tomislav 558, 559, 560, 561, 564; Sušac Mario 558, 559, 560, 561, 563, 564; Mališ Željko 559, 560, 561, 563, 564;

11. OŠ „Njegoš", Kotor (Štefica Božinović): Koh Ivan 567; 558, 560, 561, 564;

12. OŠ „Milan Ilić Čiča", Aranđelovac (Slavko Kosić): Veljanović Ljiljana 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 566, 567; Matijašević Vladan 571; Sekulić Vladan 571;

13. OŠ „Milenko Kušić", Ivanjica (Zorica Bogićević): Marković Vera 558, 559, 560, 561; Aničić Danijela 564.

14. OŠ „Momčilo Živojinović", Mladenovac (Berislav Hramosta): Marković Predrag 558, 559, 560; Vračarić Željko 556, 559, 560, 561, 562;

15. OŠ „Radoje Domanović", Vranje (Milivoje Milovanović): Stanojković Jelena 561; Šćepanović Danijela 558, 559, 560, 561, 562;

16. OŠ „Šumadijski partizani", Aranđelovac (Vera Janković): Vračar Vesna 558, 559, 560, 561, 562; Stojanović Marija 558, 559, 560, 561, 562;

17. OŠ „25. maj", Svetozarevo (Dragica Đurđević): Obradović Aleksandar 558, 559, 560, 561, 562; Nikolić Nataša 558, 559, 560, 561, 562;

18. OŠ „Vuk Karadžić", Lebane (Nikolić Gospava): Stevanović Srđan 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 569, 570, 571, 572, 574;

19. OŠ „8. spetembar", Pirot (Milorad Vidaković): Mladenović Dragan 565;

20. OŠ „Milan Milošević", Mrčajevci (Stanojka Milosavljević): Jovanović Brankica 558, 560, 561, 562;

21. OŠ „Milutin Smiljković", Leskovac (Milivoje Vasiljević): Živković Saša 564;

22. OŠ „Veljko Vlahović", Novi Beograd (Nataša Čaluković): Strugar Sonja 584, 585, 587;

23. OŠ „Ivan Milutinović", Beograd (Nadežda Radosavljević): Ignjatović Zoran 563, 564, 566; Maljević Snežana 563, 564;

24. OŠ „Živadin Apostolović", Trstenik (Živko Savić): Radivojević Slobodan 558, 559, 560, 561; Dunjić Danijela 558, 559, 561; Lisinac Svetlana 558, 559, 560, 561;

25. OŠ „Branko Radičević", Petrovac na Mladi (Ljubomir Anđelić): Marjanović Sanja 558, 559, 560, 561;

26. OŠ „Milinko Kušić", Ivanjica (Zorica Bogićević): Jerotijević Mirjana 558;

27. OŠ „Milan Munjas", Ub (Živka Nedić): Branković Ljiljana 558, 561;

28. OŠ „Ivan Milutinović", Višnjička Banja (Nadežda Radoslavljević): Pejović Dragana 563, 564;

29. OŠ „J.J. Zmaj", Sjenica (Radomirka Bogovac): Mehonjih Dževad 558, 560, 561;

30. OŠ „Svetozar Miletić", Zemun (Branislava Jovanović): Bandić Zvonimir 568, 570, 571, 572;

31. OŠ „Moše Pijade", Vitoševac (Milorad Stefanović): Jocić Snežana 558, 559, 560, 561, 562; Milenović Vojkovan 558, 559;

32. OŠ „J.J. Zmaj", Sjenica (Rada Bogovac): Selmanović Almira 558, 560, 561;

33. OŠ „Petar Dokić", Sarajevo (Desa Ružić): Ostojić Olivera 563, 564.

34. OŠ „F.Filipović", Čačak (Ružica Stefanović): Janjić Marija 571, 572;

35. OŠ „Andra Savčić", Valjevo (Dragan Popović): Maksimović Olja 568, 571, 572;

36. OŠ „Nada Purić", Valjevo (Ljiljana Milić): Božović Olgica 563, 564, 565, 566;

37. OŠ „Dušan Jerković", Titovo Užice (Milun Jekić): Jovanović Jovan 568, 570, 571, 572;

38. OŠ „Vuk Karadžić", Čačak /Milica Cogaljević): Vujinović Zorica 558, 559, 560, 561, 562;

39. OŠ „Milica Pavlović", Čačak (Jevrem Ristanović): Mališ Vanja 558, 559, 561;

40. OŠ „Mirko Tomić", Stalać (Kostić Ljubinka): Jovanović Dragan 558, 559, 561, 563;

41. OŠ „Heroj Sveta Mladenović", Saraoci (Mira Stevanović): Kovačević Jasmina 558, 559, 560, 561;

42. OŠ „Stevan Sinđelić", Beograd (Zorka Andrejević): Stanković Nebojša 568, 570, 571;

43. OŠ „Đuro Jakić", Ćuprija (Ljubica Savić): Savić Nataša 558, 560;

44. OŠ „Svetolik Ranković", Aranđelovac (Sofija Aleksić): Vasić Danijela 558, 559, 561;

45. OŠ „Ljupče Nikolić", Aleksinac (Srba Ivanović): Mitić Danijela 558, 559, 560, 561, 562;

46. OŠ „Ćirilo i Metodije", Beograd (Rada Belić): Adžić Vojkan 558;

47. OŠ „Ćele Kula", Niš (Jasmina Prvulović): Bjelica Minja 558, 559, 561;

48. OŠ „Oslobodioci Beograda", Beograd (Slobodan Đorđević): Radosavljević Vladan 558, 559, 560, 561;

49. OŠ „Andra Savčić", Valjevo (Dragan Popović): Tulimanović Zorica 571;

50. OŠ „Heroj Ivan Muker", Smed. Palanka (Nevenka Košutić: Begović Predrag 558, 559, 560, 561, 562;

51. OŠ „Svetozar Miletić", Zemun (Branislava Jovanović): Pavlica Irina 568, 571, 572;

52. OŠ „Joca Milosavljević", Bagrdan (Miodrag Milanović): Nikolić Jasna 558, 559, 560, 61;

53. OŠ „Branko Radičević", Stamnica (Ljubomir Aranđelović): Lazarević Siniša 558, 559, 560, 562;

54. OŠ „Moša Pijade", Vitoševac (Miodrag Stepanović): Milovanović Ivica 561;

55. OŠ „Milenko Brković Crni", Zaječar (Rogozan Ristić): Petrović Miljan 558;

56. OŠ „25. maj", Novi Beograd (Smiljka Aksentijević): Lazarević Marijana 558, 559, 560, 561, 566;

57. OŠ „Boris Kidrič", Gornji Matejevac (Vukadin Ristić): Filipović Jasmina 564;

58. OŠ „25. maj", Svetozarevo (Dragica Đurđević): Lazarević Verica 558, 560, 561, 562;

59. OC „Stojan Ljubić", Lebane /Nikola Kostov): Stevanović Ljiljana 573, 574, 577, 578, 579, 580, 581, 584, 588, 590, 591, 592;

60. OC „Dragočevski bataljon", Guča (Danilo Beodranski): Tankoskić Dragana 574, 581;

61. OOUR „25. maj", Čačak (Bogdan Grujović): Jovanović Ivan 573, 577;

62. OC „Sveta Đorđević", Smed. Palanka (Grozdana Josifović): Cvetković Goran 581;

63. CUO „AVNOJ", Zaječar (Vera Jovanović): Popović Predrag 589, 590; Milošević Svetlana 574, 577;

64. OOUR „4. jul", Čačak (Ljubinka Aleksić): Tašković Duško 439, 441;

65. OVO „Svetozar Marković", Gornji Matejevac (Bratislava Vidović): Radojković Branko 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 577;

66. OC „Vladimir Vujović Vujo", Vranje (Vidanka Dojčinova): Ristić Saša 582;

67. OC „Veljko Vlahović", Svetozarevo (Danica Petrunović): Kocić Mikica 558, 559, 560, 561, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 577, 580, 581;

68. ŠC „Goša", Smed. Palanka (Milivoje Rašić): Begović Nenad 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 566, 573, 574, 577;

69. SŠ „Kosta Abrašević", Šabac (Dragan Cvetković): Popović Dragan 574, 577;

70. Matematička gimnazija, Beograd (Vesna Jurašin): Sigulinski Irena 580;

71. OVO „Beogradski bataljon", Beograd (Stojan Vasiljević): Ilić Slobodan 562, 565, 568, 571, 574, 589, 591.

Naknadno pripsela pravilna rešenja konkursnih zadataka iz MF–33

1. OŠ „8. oktobar", Vlasotince (Mihajlo Đokić): Milutinović Ivan 558, 560, 561; Smiljković Dejan 558, 559, 560, 561; Kosanović Margareta 558, 560, 561; Smiljković Snežana 558, 560, 561; Petrović Mića 558, 560; Stojković Tatjana 561; Nikolić Danijela 561; Ilić Žaklina 563; Stojanović Dragan 558, 559, 561; Jovanović Jasmina 558, 559, 561; Petrović Jelena 558, 561; Stanković Ana 558, 559, 561;

2. OŠ „Stevan Čolović", Arilje (Momir Vuković): Radulović Ksenija 562, 563, 566; Ristanović Dušica 562, 566; Milićević Ivana 563, 566; Raović Ivan 563, 564, 566, 567; Žunić Ivan 563, 564, 566; NedeljkovićMarija 563, 566; Popović Nemanja 563, 564, 566; Vesnić Vanja 562, 566; Varagić Marija 563, 566;

3. OŠ „Veljko Vlahović", Borča–Greda (Žika Petrović): Gajić Gordana 559, 560, 561; Lukić Biljana 558, 560;

4. OŠ „25. maj", Delimeđe (Salih Saračević): Kurtanović Elvira 561, 563, 567; Golaš Amela 558, 559, 560, 561;

5. OŠ „Sava KOvačević", Beograd (Dragan Smiljević): Jurković Olivera 563, 564, 566; Veselinović Bojana 558, 559;

6. OŠ „Milan Ilić Čiča", Aranđelovac (Mila Milivojević): Marković Miroslav 571, 572; Arsenijević Vesna 571, 572;

7. OŠ „Ivo Lola Ribar", Raška (Milijana Kostić i Zorica Đorđević): Milenković Ivan 558, 559, 560; Janić Latinka 558, 560, 561, 562;

8. OŠ „Milan Milošević", Mrčajevci (Stanojka Milisavljević): Nikitović Željka 560, 561, 562;

9. OŠ „Vuk Stefanović Karadžić", Donji Milanovac (Ljiljana Spasić): Čerčenović Dejan 558, 562;

10. OŠ „Dušan Jerković", Titovo Užice (Milutin Jekić): Golubović Aleksandra 558;

11. OŠ „Čaki Lajoš", B. Topola (Beše Bela): Rind Atila 558, 569, 570, 671, 572;

12. OŠ „Đura Đaković", Paraćin (Vekoslav Aleksić): Keri Bojan 558, 559, 560, 561, 562;

13. OŠ „Joca MIlosavljević", Bagrdan (Miodrag Milovanović): Dimitrijević Veroljub 558, 559, 560, 561, 562;

14. OŠ „Vladimir Perić Valter", Prijepolje (Džemail Žukić): Radonjić Iskrica 558, 559, 560, 561, 562;

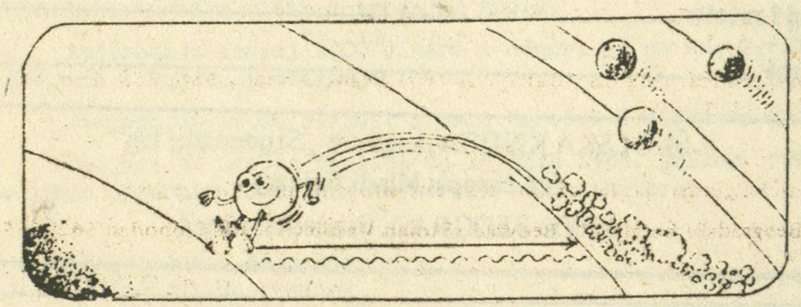
15. OŠ „Branko Radičević", Stamnica kod Petrovca na Mlavi (Ljubomir Anđelić): Milosavljević Saša 563, 564, 566, 567;

16. OŠ „Pero Popović Aga", Beograd (Rale Ćirković): Srećković Vladimir 558, 560, 561;

17. OŠ „Žika Popović", Loznica (Vasilija Bubalj): Stanisavac Nataša 558, 559, 561, 563, 564;

18. OVO „15. maj", Gornji Matejavac (Dragomir Keča): Radenković Dragan 558, 560, 561, 562, 564, 573, 574, 577;

19. Bidžić Snežana 558.



NAKNADNO PRISPELA PRAVILNA REŠENJA KONKURSNIH ZADATAKA IZ MF-33 dostavili su:

1. OŠ "Milan Ilić Čiča", Arandjelovac (nastavnik fizike: Savka Kosić): Despotović Milena 558, 560, 561, 562, 565, 566; Mašković Tanja 558, 560, 561, 562, 565, 566, 567; Vidović Mila 558, 560, 561, 564, 565, 566; Mašković Vesna 571, 572; 2. OŠ "17 oktobar", Svetozarevo (Mikić Milun): Radosavljević Nenad 563, 564, 567; Radosavljević Jelena 558, 559, 560; Mladenović Violeta 558, 559, 560; 3. OŠ "25 maj", Delimedje (Saračević Salih): Leković Himo 558, 559, 560, 561, 562, 563, 567; Prentić Lokman 558, 559, 560, 561, 562, 563, 567; Duraković Selim 558, 560, 561, 563, 564, 567; 4. OŠ "Ivo Lola Ribar", Raška (Djordjević Zorica): Savović Marija 558, 559, 560, 561, 562; Sekulić Biljana 558, 560; Sekulić Vesna 558, 560; 5. OŠ "Miodrag Čajetinac Čajka", Trstenik (Lazarević Vojislav): Iričanin Sladjana 558, 562, 564, 566, 570, 571, 572; Stefanović Jelena 560, 561, 563, 564, 566, 568, 570, 571, 572; Petaković Gordana 558, 562; Antić Zorana 558, 559, 560, 561, 562; 6. ŠO "Stanislav Sremčević", Kragujevac (Ranković Rada): Blagojević Dejan 558, 559, 560, 561; 7. OŠ "Ivo Lola Ribar" Rudnica (Kostić Milijana): Puzović Veroljub 558, 560, 561; 8. OŠ "Andra Savčić", Valjevo (Popović Dragan): Vićentijević Aleksandar 558, 559, 560, 561, 562; 9. OŠ "Jovan Jovanović Zmaj", Svilajnac (Stojanović Radojka): Todorović Saša 561; 10. OŠ "Stevan Sindjelić", Beograd (Harizanov Spas): Djokić Djordje 558, 559, 560, 561; 11. OŠ "8 oktobar", Vlasotince: Petrović Jelena 558, 559, 561; 12. ETŠC, Tuzla (Galić Milan): Stojev Toni 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 670, 571, 572, 573, 574, 577, 579, 580, 587, 586, 590, 591; 13. RO "Valjevska gimnazija V.I.Lenjin", Valjevo (Srećković Milan): Zdravković Biljana 578, 579, 580, 581, 582; 14. OOUR "4 jul", Čačak (Rakonjac Ostoja): Tošić Zorica 558, 566; 15. OŠ "Kopaonički partizanski odred", Jošanička Banja (Lukić Stanislav): Čolović Vladanka 558, 559, 560; 16. OŠ "Ćele Kula", Niš (Prvulović Jasmina): Petrović Slaviša 568, 570, 571, 572; 17. OŠ "Kadinjača", Loznica (Bursać Dobrila): Marković Saša 558, 559, 560, 561; 18. OŠ "29 novembar", Niš (Mitić Krsta): Milosavljević Olivera 563; 19. Ub, Jovanović Nebojša 558, 559, 560, 561; 20. OŠ "Milentije Popović", Vlasotince (Ristić Srboljub): Stamenković Srdjan 574, 581.

KUPON

Učenik _____

Škola i razred _____

Nastavnik fizike _____

Pošt. broj i mesto _____

Ulica i broj _____

ŠKOLSKA KNJIGA, knjižara „Studentski trg"
(za časopis Mladi fizičar)
11000 BEOGRAD, Studentski trg 6

Simpozijum u Beogradu, 7 i 8 oktobar, 1985

NILS BOR I SAVREMENA FIZIKA

povodom stogodišnjice rodjenja

Organizatori:

Institut za fiziku, Beograd
Laboratorija za teorijsku fiziku Instituta "Boris Kidrič", Vinča
Odsek za fizičke i meteorološke nauke Prirodno-matematičkog fakulteta, Beograd

1. Zvonko Marić
   Niels Bohr
2. Petar Grujić
   Stara kvantna i semiklasična mehanika
3. Djura Krmpotić
   Nuklearna fizika, nekad i sad
4. Milan Vujičić
   Kontraverza Bohr-einstein i kvantna nelokalnost
5. Milorad Mladjenović
   Niels Bohr i naučna zajednica
6. Velimir Roglić
   Kvantna logika
7. Igor Ivanović
   Kvantna teorija merenja
8. Mirjana Božić
   Od misaonih ka realnim krucijalnim eksperimentima kvantne mehanike
9. Milutin Blagojević
   Kvantizacija gravitacije
10. Aleksandar Šokorac
    Elementarne čestice
11. Fedor Herbut
    Problemi i perspektive kvantne mehanike

Na Simpozijumu se očekuje učešće naučnih i univerzitetskih radnika i nastavnika viših i srednjih škola.

Kotizacija iznosi 1000 dinara i odnosi se na sve troškove uključujući i knjigu predavanja.

Simpozijum će se održati u sali Narodne Biblioteke Srbije.

Prijave za učešće poslati do **15 jula 1985. godine** putem popunjenih posebnih formulara na adresu organizatora:

Simposijum - Nils Bor
Organizacioni komitet
Institut za fiziku, Beograd
P.O. Box 57