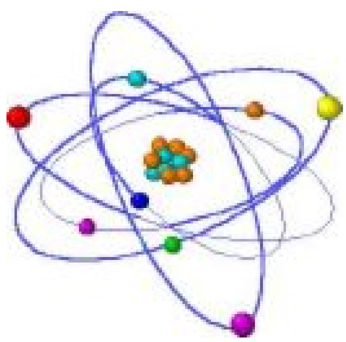
BILTEN

XII državno takmičenje iz fizike učenika srednjih škola Bosne i Hercegovine

"BH Olimpijada fizičara - Banja Luka 2009"

16.05.2009. godine

Prirodno-matematički fakultet, studijska grupa fizika,
Banja Luka, Mladena Stojanovića 2



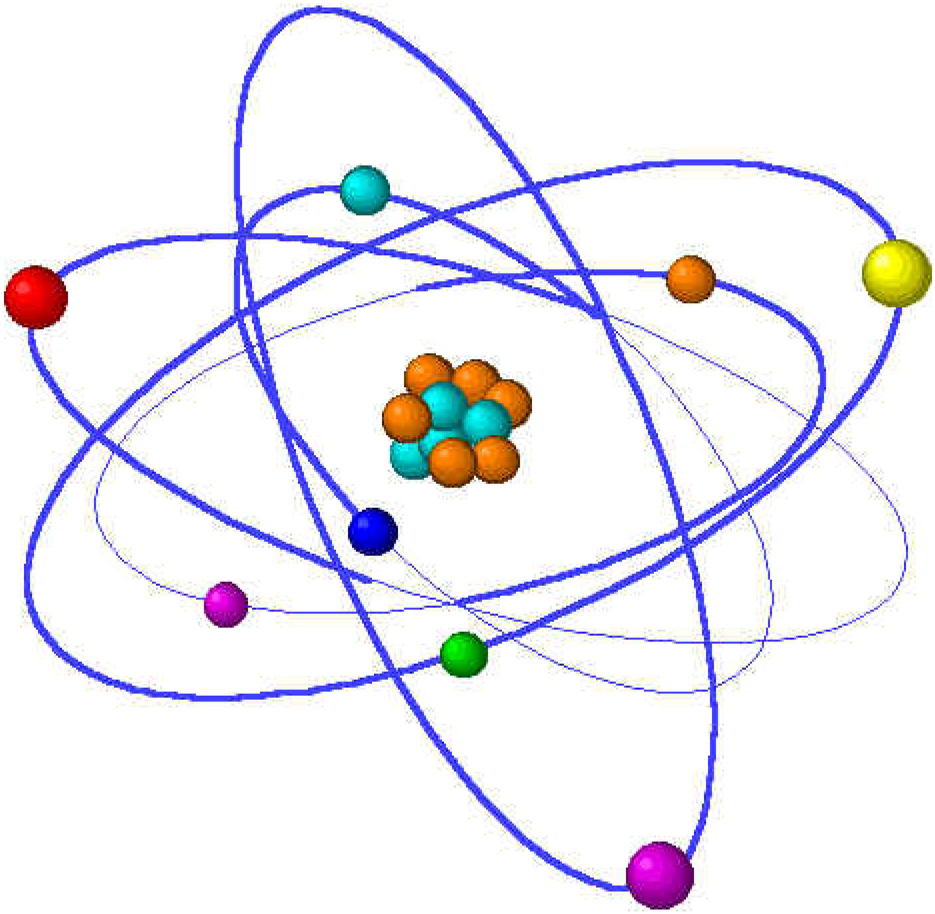
Društvo fizičara Republike Srpske
Društvo fizičara Federacije Bosne i Hercegovine

Bilten priredili:

prof. dr Siniša Ignjatović
Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, 78 220 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina
E-mail: sinisha@teol.net

Nemanja Rakić, student
Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, 78 220 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina
E-mail: rakinemanja@gmail.com

Đorđe Smiljić, student
Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, 78 220 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina
E-mail: djordjijan1@gmail.com



Organizator:

Društvo fizičara Republike Srpske
Prirodno-matematički fakultet
Mladena Stojanovića 2
Banja Luka 78 000

Društvo fizičara Federacije BiH
Prirodno-matematički fakultet
Zmaja od Bosne 35
Sarajevo 71 000

Prirodno-matematički fakultet

Studijska grupa fizika

Mladena Stojanovića 2
Banja Luka
Telefon: 051/318-604

http://fizika.rs.ba

STUDIJSKA GRUPA FIZIKA

- Osnovana 1994. godine
- Jedina studijska grupa fizike u Republici Srpskoj
- Ima dva smjera: opšti i nastavni
- Opšti smjer je jedan od samo 2 nenastavna smjera fizike u BiH i jedan od samo 10 takvih smjerova na cijelom području bivše SFRJ
- Ima oko 50 studenata
- Nastavu na 1. i 2. godini izvode isključivo nastavnici sa Univerziteta u Banja Luci
- U nastavi na 3. i 4. godini učestvuju i neki od vodećih fizičara iz Srbije

STUDIJ FIZIKE je *najširi* studij na Prirodno-matematičkom fakultetu i jedan od najširih na Univerzitetu: više od jedne trećine predmeta *nije iz užeg područja fizike*; u planu postoje

- 3 predmeta iz matematike i 3 iz matematičke fizike
- 4 predmeta iz upotrebe računara u fizici
- 3 predmeta iz astronomije i kosmologije
- 2 predmeta iz elektronike
- 1 predmet iz hemije
- 1 predmet iz filozofije prirodnih nauka
- 2 kursa engleskog jezika
- na nastavnom smjeru 1 predmet iz psihologije i pedagogije

MOGUĆNOSTI ZAPOSLENJA

- U Republici Srpskoj *nema nezaposlenih* fizičara ni profesora fizike
- Oko jedne trećine diplomiranih studenata opšteg smjera postaju *asistenti* na univerzitetima ili odlaze na *postdiplomske* studije u inostranstvo
- Među do sada diplomiranim studentima jedan radi u Zavodu za zaštitu zdravlja RS, jedan u Kliničko-bolničkom centru Banja Luka, jedan u Telekomu RS, jedan u banci itd.

VANNASTAVNE AKTIVNOSTI STUDIJSKE GRUPE

- Uključen u dva naučna projekta koja finansira Ministarstvo nauke i tehnologije RS
- Uključen u jedan od FP6 projekata Evropske Unije
- Učestvuje u organizaciji srednjoškolskih takmičenja iz fizike
- Učestvovao je u nekoliko međunarodnih projekata usavršavanja univerzitetske nastave (TEMPUS, WUS)
- Do sada učestvovao u organizaciji 6 naučno-stručnih skupova

SPISAK UČESNIKA

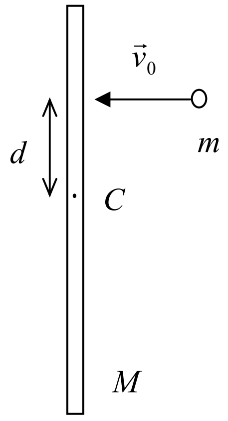
Avdispahić Leila	Prva gimnazija	Sarajevo
Babić Mirha	Gimnazija	Visoko
Babić Petar	Gimnazija	Banja Luka
Bakić Slaviša	Gimnazija	Banja Luka
Bevrnja Alija	Prva bošnjačka gimnazija	Sarajevo
Bošković Marko	SŠC Istočna Ilidža	Istočna Ilidža
Čaušević Vedad	Prva bošnjačka gimnazija	Sarajevo
Ćehić Semir	Unsko-Sanski Koledž	Bihać
Dražić Filip	Gimnazija Sveti Sava	Prijedor
Đurđević Ljiljana	Gimnazija Vaso Pelagić	Brčko
Golubović Ognjen	Gimnazija	Banja Luka
Habibović Dino	Treća gimnazija	Sarajevo
Hamidović Damir	Gimnazija Meša Selimović	Tuzla
Husremović Faruk	Prva gimnazija	Zenica
Ibrić Sandra	Gimnazija	Lukavac
Jabandžić Irfan	Gimnazija Musa Ćazim Ćatić	Tešanj
Kohnić Arman	Sarajevo Koledž	Sarajevo
Konjik Nikola	Gimnazija	Banja Luka
Lazarević Vladan	Gimnazija FilipVišnjić	Bijeljina
Mitrović Andrija	Gimnazija i SSŠ Petar Kočić	Zvornik
Petrović Jelena	Gimnazija Vaso Pelagić	Brčko
Spasojević Jelena	Gimnazija	Gradiška
Stanojević Miroslav	Gimnazija Jovan Dučić	Doboj
Ševo Igor	Gimnazija	Banja Luka
Tuševljak Jovana	SŠC Istočna Ilidža	Istočna Ilidža
Zaimović Haris	Druga gimnazija	Sarajevo
Zukić Edina	Gimnazija	Visoko

TAKMIČARSKA KOMISIJA

dr Siniša Ignjatović	Prirodno-matematički fakultet	Banja Luka
dr Rajfa Musemić	Mašinski fakultet	Sarajevo
dr Esad Hadžiselimović	Prirodno-matematički fakultet	Sarajevo
Sreten Lekić	Prirodno-matematički fakultet	Banja Luka
Armin Lagumdžija	Prirodno-matematički fakultet	Sarajevo

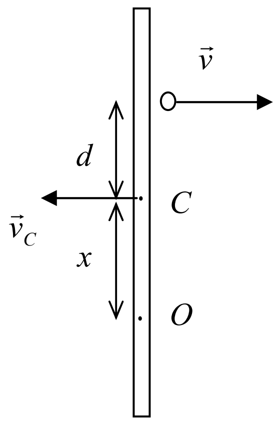
ZADACI
XII državnog takmičenja učenika srednjih škola iz fizike
Banja Luka, 16.05.2009.

Zadatak 1.



Na glatkom horizontalnom stolu leži tanki homogeni štap dužine $l = 0{,}4\ \mathrm{m}$ i mase $M = 0{,}5\ \mathrm{kg}$, koji se može slobodno kretati po stolu bez trenja. U štap udara kuglica mase $m = 0{,}1\ \mathrm{kg}$ koja se kreće po stolu brzinom $\vec{v}_0$ upravljenom normalno na štap, i to u tačku udaljenu od centra štapa C za $d = 0{,}1\ \mathrm{m}$. Intenzitet brzine je $v_0 = 1\ \mathrm{m/s}$. Smatrajući da je udar apsolutno elastičan, odrediti brzinu kuglice nakon udara.

Rješenje:



Trenutna osa rotacije štapa neposredno nakon sudara nalazi se u tački O na rastojanju x od centra C. Brzinu centra štapa nakon sudara označićemo sa $\vec{v}_C$, a brzinu kuglice sa $\vec{v}$. Prema zakonu održanja impulsa imamo

$$mv_0 = Mv_C - mv\,, \qquad \text{(4 boda)} \qquad (1)$$

a prema zakonu održanja energije

$$mv_0(d+x) = I_O\omega - mv(d+x)\,, \qquad \text{(4 boda)} \qquad (2)$$

gdje je

$$I_O = \frac{Ml^2}{12} + Mx^2 \qquad \text{(2 boda)} \qquad (3)$$

moment inercije štapa u odnosu na osu O, a ω ugaona brzina štapa neposredno nakon udara. Pri tome je $v_C = x\omega$, pa iz (2) i (3) nalazimo (2 boda)

$$mv_0 = Mv_C \frac{l^2/12 + x^2}{x(d+x)} - mv\,. \qquad (4)$$

Poređenjem (1) i (4) vidimo da mora biti

$$\frac{l^2/12 + x^2}{x(d+x)} = 1 \Rightarrow x = \frac{l^2}{12d}\,. \qquad \text{(1 bod)} \qquad (5)$$

Prema zakonu održanja energije imamo

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}I_O\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2\,. \qquad \text{(4 boda)} \qquad (6)$$

Zamjenom (3) u (6) dobijamo

$$m(v_0^2 - v^2) = M\left(\frac{l^2}{12} + x^2\right)\omega^2\,. \qquad (7)$$

S druge strane, relacije (1) i $v_C = x\omega$ daju

$$\omega = \frac{m(v_0 + v)}{Mx}\,. \qquad (8)$$

Iz (7) i (8) nalazimo, nakon sređivanja,

$$v_0 - v = \frac{m}{M}\left(\frac{l^2}{12x^2} + 1\right)(v_0 + v)\,. \qquad (9)$$

Uvrštavanjem (5) u (9) dobijamo

$$v = v_0 \frac{1 - \frac{m}{M}\left(12\frac{d^2}{l^2} + 1\right)}{1 + \frac{m}{M}\left(12\frac{d^2}{l^2} + 1\right)}, \quad \text{(2 boda)}$$

$$v = \frac{13}{27}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}48\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,. \quad \text{(1 bod)}$$

Zadatak 2.

Stratostat

i) Poznato je da se pritisak nekog izotermalnog gasa molekulske (molarne) mase M mijenja s visinom po zakonu $p = p_0\, e^{-\alpha z}$, gdje je $\boldsymbol{p_0}$ pritisak na površini zemlje, a **z** – visina. Odredi konstantu α . Temperatura je ***T***, a gravitaciono ubrzanje je ***g***.
ii) Posmatraj jedan stratostat (balon), koji je napravljen od slobodno deformabilnog nerastegljivog materijala i na površini Zemlje ispunjen helijem tako da helij zauzima dio od β=10 % ukupne zapremine balona. Na kojoj visini ***h*** će se helij proširiti u balonu i zauzeti njegovu cijelu zapreminu, tj. kada će biti β =100 % . Molekulske mase vazduha i helija su Mv=0,029 kg/mol**,** i M_{He}= 0,004kg/mol, respektivno. Mogu se zanemariti promjene temperature, i uzeti da je T = 250 K.
Napomena: Za rješenje pod i) može se koristiti i Boltzmanova raspodjela gustoće čestica.
$k=1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K (ili R=8,314 J/(mol·K)), $N_A=6{,}022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.

Rješenje:

Posmatrajmo razliku pritisaka na visini **z + dz i z ,** koja nastaje zbog promjene u težini

Vrijedi dp = - ρ g dz

Gustina se može naći iz jednačine idealnog gasa

$$pV = \frac{m}{M} RT \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}$$ pa je

$dp = -g\dfrac{Mp}{RT}dz$ Ovo je diferencijalna jednačina koja se rješava poznavanjem izvoda logaritamske funkcije $\dfrac{1}{p}\dfrac{dp}{dz} = -\dfrac{gM}{RT}$. Pošto je izvod funkcije **(lnx)' = 1/x,** imaćemo

$\dfrac{1}{p}\dfrac{dp}{dz} = \dfrac{d}{dz}(\ln p)$ pa jednačina poprima oblik $d(\ln p) = -\dfrac{gM}{RT}dz$

Integracija obe strane daje $\displaystyle\int_{p_0}^{p} d(\ln p) = -\frac{gM}{RT}\int_0^z dz$ gdje su granice dato jasno prema zadatku (pritisak je u granicama od p_0 do p, a visina od 0 do z)

Rješenje se nalazi se pod diferencijalom podintegralne funkcije (vidljivo je) sa obe strane najprije se uvrsti za gornju granicu minus za donju, tj. dobija se

$\ln p - \ln p_0 = -\frac{gM}{RT} z$ odnosno $\ln \frac{p}{p_0} = -\frac{gM}{RT} z \Rightarrow \frac{p}{p_0} = e^{-\frac{gM}{RT} z}$ odnosno

$p = p_0 e^{-\frac{gM}{RT} z}$. Uporedjujući dobije se $\alpha = \frac{gM}{RT}$

Promjena pritiska sa visinom može se izvesti iz Boltzmanove raspodjele za gustoću čestica $n = n_0 \, e^{-\frac{U}{kT}}$, gdje je U = potencijalna energija molekule.

Potrebno je znati da je pri konstantnoj temperaturi gasa pritisak gasa proporcionalan gustoći čestica, pa se može napisati da vrijedi

$$p = p_0 \, e^{-\frac{U}{kT}}$$

Stavljajući da je $U = mgz$, tj. $U = \frac{M}{N_A} gz$ i znajući da je $kN_A = R$

dobije se isti rezultat $p = p_0 \, e^{-\frac{Mg}{RT} z}$, odnosno $\alpha = \frac{Mg}{RT}$ (8 bodova)

ii) Jasno je da pri ravnoteži balona pritisak unutar i izvan balona mora biti isti i da on zavisi od visine kao $p = p_0 \, e^{-\alpha z}$, gdje je $\alpha = \frac{Mg}{RT}$.

Za helij unutar balona vrijedi pV=const. (2 boda)

Neka je V_S volumen unutar stratostata (balona). Kako je u početku dok je balon na tlu Zemlje u balonu bilo 10% volumena zauzeto helijem, a poslije, na nekoj visini ***h*** treba biti 100%, možemo napisati

$$p_0 \frac{10}{100} V_S = p V_S \quad \text{odnosno} \quad p = \frac{10}{100} p_0$$ (4 boda)

Uvrštavanje ovoga u jednačinu za promjenu pritiska sa visinom i stavljenjem $z = h$ imamo

$\frac{10}{100} p_0 = p_0 \, e^{-\frac{M_v g}{RT} h}$. Odavde nakon skraćivanja slijedi $e^{\frac{M_v g}{RT} h} = 10$

(2 boda)

Prema tome nepoznata visina jednaka je $h = \frac{RT}{M_v g} \ln 10$

Kada se uvrste podaci dobije se $h = 17\text{km}$. (4 boda)

Zadatak 3.

3) Nanotehnologija dozvoljava kontrolisanu proizvodnju vrlo malih struktura. Posmatrajmo jedan tanki homogeno naelektrisani uski prsten, koji ima poluprečnik ***R*** i koji nosi pozitivno naelektrisanje ukupnog iznosa ***Q***.

a) Odredi električni potencijal φ u tački *P*, koja je na osi prstena, na udaljenosti **z** od centra prstena.

b) Odredi električno polje ***E*** u tački *P*.

c) Pokaži da je sila koja djeluje na jedan elektron koji se kreće duž ose simetrije u blizini centra prstena ($|z| \langle\langle R$) harmonijska (tj. sila koja uzrokuje proste harmonijske oscilacije i koja linearno zavisi od z)

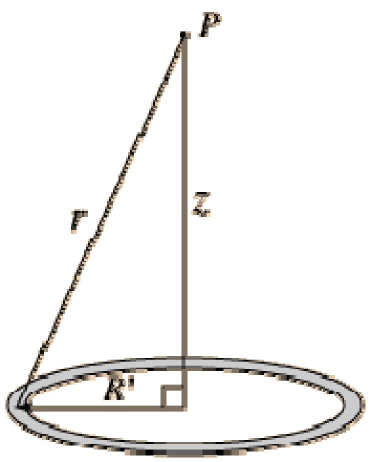
d) Odredi frekvenciju oscilacija takvog jednog elektrona. Uzeti slijedeće brojčane vrijednosti: *R* = 1μm, $Q = 1{,}0 \cdot 10^{-13}$ C **,** $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C**.**

Rješenje:

a) Sva naelektrisanja na prstenu nalaze se na istoj udaljenosti od tačke P koja je jednaka

$r = \sqrt{R^2 + z^2}$, a potencijal jednog nelektrisanja *q* je $\varphi = k\frac{q}{r}$

Tako, u skladu s principom superpozicije, potencijal je jednak zbiru potencijala svih naelektrisanja, tj. $\varphi = k\dfrac{Q}{\sqrt{R^2 + z^2}}$, gdje je $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, a $Q = \sum_i q_i$

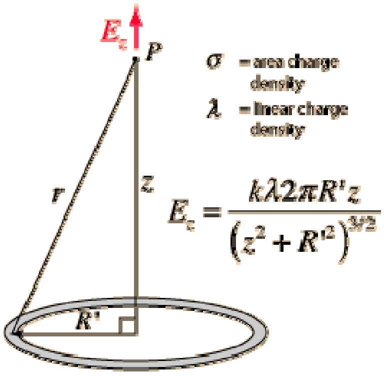


Napomena: Na crtežu je umjesto R oznaka R', ali za jako tanki prsten to je isto. (4 boda)

b) U slučaju kada imamo neprekidnu (kontinualnu) raspodjelu naelektrisanja umjesto skupa pojedinačnih naelektrisanja, suma u izrazu za nalaženje električnog polja

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i\frac{q_i}{r_i^2}$$ (ovo je ustvari vektorska suma)

mora se zamijeniti integralom $$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}$$



(vektorski integral)
gdje je dq jedan jako mali odnosno infinitezimalni element naelektrisanja (naboja) koji se nalazi na udaljenosti r od tačke P u kojoj se računa električno polje.

Metoda izračunavanja vektorskog integrala zavisi od situacije o kojoj se radi.

U ovom primjeru imamo da je naboj ravnomjerno kontinualno raspoređen u tankom prstenu radijusa R. Ukupan naboj na prstenu je Q i mi treba da odredimo veličinu i pravac električnog polja E u tački P na osi prstena.
Komponenta polja u pravcu ose prstena je $dE_z=dE\cos\theta$, gdje je θ ugao koji pravac r zaklapa sa osom simetrije prstena (slika...)
Komponente u drugim pravcima se poništavaju zbog osne simetrije.
Tako je rezultujuće polje u z-pravcu jednako

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^Q\frac{dq}{r^2}\cos\theta$$

Sve tačke na prstenu su udaljene od tačke P za $r=\sqrt{R^2+z^2}$ i vrijedi da je $\cos\theta=\frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}$, pa je polje u tački P jednako $E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{z}{\sqrt{(R^2+z^2)^3}}\int_0^Q dq$

Odnosno, pošto je ukupan naboj jednak Q biće $E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{zQ}{\sqrt{(R^2+z^2)^3}}$ (4 boda)

Druga mogućnost za nalaženje električnog polja: Električno polje E u tački P je ustvari jednako sili koja djeluje na naelektrisnje u datoj tački (F/e) pa je ono jednako negativnoj promjeni potencijala po prostornoj koordinati u pravcu ose prstena, tj.

$$E=-\frac{d\varphi}{dz}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qz}{\sqrt{(R^2+z^2)^3}}$$

c) Za $|z|\langle\langle R$ može se aproksimirati da je $\sqrt{(R^2+z^2)^3}\approx R^3$, tako da se dobija

$$E\approx\frac{Qz}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$$

Iz drugog Newtonovog zakona $F= m\cdot a$, uvrštavanjem akceleracije i sile (F=eE) dobija se jednačina $ma = -\frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 R^3} z$

Uporedimo li ovu jednačinu sa jednačinom za proste harmonijske oscilacije $ma = -k' z$, gdje je k' konstanta elastičnosti koja je jednaka je proizvodu mase i kvadrata kružne frekvencije, tj. $k' = m\omega^2 = m(2\pi f)^2$ (8bodova)

d) U našem slučaju imamo da je $\omega^2 = \frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 m R^3}$, odnosno frekvencija će biti jednaka

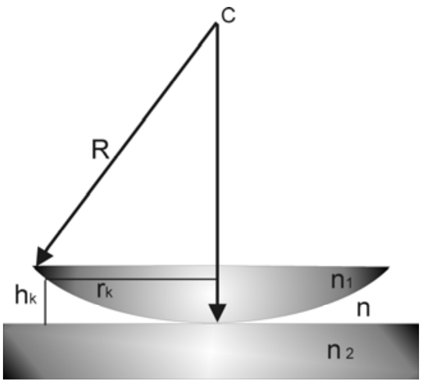
$$f = \frac{1}{2\pi R}\sqrt{\frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 m R}} \approx 2\cdot 10^{12}\ Hz$$ (4 boda)

Zadatak 4.

4) Ako se plankonveksno sočivo indeksa prelamanja n_1 i poluprečnika zakrivljenosti $R = 0{,}1m$ postavi na ravnu staklenu ploču indeksa prelamanja n_2 i obasja monohromatskom svjetlošću talasne dužine $\lambda = 500nm$ pojaviće se Njutnovi (Newton) prstenovi. Ako se ploča i sočivo potope u tečnost indeksa prelamanja $n_1 < n < n_2$ tada će se poluprečnik šestog tamnog Njutnovog prstena promjeniti za $\Delta r = 0{,}083mm$. Odrediti indeks prelamanja tečnosti.

Rješenje:

$$n_1 < n < n_2 \quad R = 0{,}1m$$



Kada svjetlosni snop prođe kroz sočivo, jednim dijelom se reflektuje, a dugim nastavi do staklene ploče, prolazeći kroz vazdušni „klin“ putem h_k. Nakon refleksije od staklene ploče koja je optički gušća sredina, dolazi do faznog skoka za π, pa se optička dužina puta poveća za $\frac{\lambda}{2}$:

$\delta = 2h_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, (5 bodova) što je uslov za pojavu tamnog prstena, a u našem slučaju $k = 6$. Iz odnosa poluprečnika zakrivljenosti R i rastojanja h_k koje je malo u poređenju sa poluprečnikom izvodi se poznata jednačina za Njutnove prstenove $h_k = \frac{r_k^2}{2R}$ (3 boda). Zamjenom h_k u prvoj jednačini konačni izraz za poluprečnik prvog prstena $r_k^2 = k\lambda R$ $r_k = \sqrt{k\lambda R} = 5{,}477 \cdot 10^{-4} m$ (2 boda)

Tečnost indeksa prelamanja n većeg od indeksa prelamanja sočiva, a manjeg od indeksa prelamanja staklene ploče dovodi do toga da snop prilikom refleksije na sastavu sočivo-tečnost izvodi fazni skok za π, ali isto tako i na donjem prelazu tečnost-ploča snop koji je nastavio izvodi isti fazni skok, pa se fazni skokovi poništavaju. Uslov za formiranje, k-tog, odnosno šestog tamnog prstena je optički put: $\delta' = 2h_k' n = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, (5 bodova) pa je $h_k' = (2k+1)\frac{\lambda}{4n}$ (2 boda) i manje je od h_k, pa je i r_k' manje od r_k, a iz $h_k' = \frac{r_k'^2}{2R}$ (2 boda) slijedi da je

$$n = \frac{2k+1}{2(r-\Delta k)^2}\lambda R \cong 1{,}5$$ (1 bod)

Zadatak 5.

Odrediti vrijeme poluraspada radioizotopa ${}^{40}_{19}K$ i energije čestica emitovanih raspadom, tj. maksimalnu kinetičku energiju elektrona usljed β^- raspada i energiju emitovanog γ kvanta uslijed elektronskog zahvata, ako znamo da uzorak kalija emituje 28 elektrona u sekundi po gramu i 3 γ kvanata u sekundi po gramu. U uzorku kalija ima 0.0117% radioaktivnog izotopa ${}^{40}_{19}K$ (ostali izotopi kalija ${}^{39}_{19}K$ i ${}^{41}_{19}K$ su stabilni). Odrediti odnose grananja za to jezgro (vjerovatnoću da se jezgro raspadne određenim kanalom tj. na određeni način: β^- raspadom ili elektronskim zahvatom). Odnose grananja izraziti u procentima.

Konstante: Avogadrov broj $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}, molarna masa kalija $M = 40$ g $\cdot$ mol^{-1}, atomska jedinica mase 1u = 1.66054 $\cdot 10^{-27}$ kg, brzina svjetlosti $c = 2.9979 \cdot 10^8$ m$\cdot$s^{-1}, naboj elektrona $e = 1.6022 \cdot 10^{-19}$ C, masa atoma ${}^{40}_{19}K$ je 39.963999 u, masa atoma ${}^{40}_{18}Ar$ je 39.962383 u, masa atoma ${}^{40}_{20}Ca$ je 39.962591 u, masa elektrona $m_e = 9.1094 \cdot 10^{-31}$ kg = =0.0005486 u.

Rješenje:

Iz teksta zadatka zaključujemo da je specifična aktivnost za β^- raspad i elektronski zahvat jednaka: $SA_\beta = 28$ Bq$\cdot$g^{-1} i $SA_{EC} = 3$ Bq$\cdot$g^{-1}. (1 bod)

Zastupljenost radioizotopa ${}^{40}_{19}K$ ćemo označiti sa k = 0.000117.

Aktivnost je definisana sa:

$$A = \lambda N = \lambda \frac{N_a m k}{M}$$ (gdje je m masa uzorka a λ konstanta raspada) (1 bod)

odakle slijedi da je specifična aktivnost (tj. aktivnost po jedinici mase):

$$SA = \frac{A}{m} = \lambda \frac{N_a k}{M}.$$ (1 bod)

Parcijelne konstante raspada λ_β i λ_{EC} (za β^- raspad i elektronski zahvat) možemo odrediti iz specifičnih aktivnosti:

$$\lambda_\beta = SA_\beta \frac{M}{N_a k} = 1.59 \cdot 10^{-17}\ s^{-1}$$ (1 Bq je raspad u sekundi tj. s^{-1})

$$\lambda_{EC} = SA_{EC} \frac{M}{N_a k} = 1.70 \cdot 10^{-18}\ s^{-1}.$$ (2 boda)

Kada smo izračunali parcijalne konstante raspada možemo naći ukupnu konstantu raspada λ za radioizotop ${}^{40}_{19}K$:

$$\lambda = \lambda_\beta + \lambda_{EC} = 1.76 \cdot 10^{-17} s^{-1}$$ (1 bod)

Odnosno vrijeme poluraspada ${}^{40}_{19}K$:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 3.94 \cdot 10^{16}\ s = 1.27 \cdot 10^9\ \text{godina}.$$ (2 boda)

Pošto konstanta raspada λ predstavlja vjerovatnoću da dođe do raspada u jedinici vremena, odnose grananja određujemo iz parcijalnih konstanti raspada.

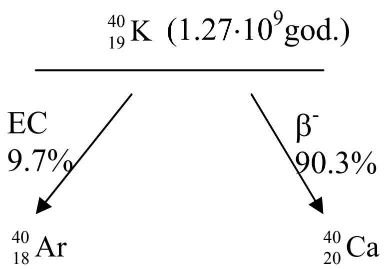
Vjerovatnoća da će se radioizotop ${}^{40}_{19}K$ raspasti po β^- kanalu je:

$$p_\beta = \frac{\lambda_\beta}{\lambda} = 0.903 = 90.3\,\%$$ (2 boda)

Vjerovatnoća da će se radioizotop ${}^{40}_{19}K$ raspasti po kanalu elektronskog zahvata je:

$$p_{EC} = \frac{\lambda_{EC}}{\lambda} = 0.097 = 9.7\,\%$$ (2 boda)

Šema raspada radionuklida ${}^{40}_{19}K$:



Određivanje energija:
β^- raspad:

$${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$$

U našem slučaju:

$${}^{40}_{19}K \xrightarrow{\beta^-} {}^{40}_{20}Ca + e^- + \bar{\nu}$$ (2 boda)

Elektron će imati maksimalnu kinetičku energiju kada je energija antineutrina jednaka nuli.

$$KE_{e^-} = \left(m_{{}^{40}K} - m_{{}^{40}Ca} - m_e\right)\cdot c^2$$

Uvrštavanjem brojnih vrijednosti: $KE_{e^-} = 1.31$ MeV. (2 boda)

Elektronski zahvat (EC):

$$e^- + {}^{A}_{Z}X \xrightarrow{EC} {}^{A}_{Z-1}Y + Q$$

U našem slučaju:

$$e^- + {}^{40}_{19}K \xrightarrow{EC} {}^{40}_{18}Ar + Q$$, gdje je Q energija emitovanog γ kvanta. (2 boda)

Energija emitovanog γ kvanta je:

$$E_\gamma = Q = \left(m_{e^-} + m_{{}^{40}K} - m_{{}^{40}Ar}\right)\cdot c^2 .$$

Uvrštavanjem brojnih vrijednosti dobijamo: $E_\gamma = 2.02$ MeV. (2 boda)

Da bi pojednostavili računanje koristili smo relaciju: $1u = 931.5\,\frac{MeV}{c^2}$, koja se dobije iz:

$$E = mc^2 = \frac{1.66054\cdot 10^{-27}\,kg \cdot \left(2.9979\cdot 10^{8}\,\frac{m}{s^2}\right)^2}{1.6022\cdot 10^{-19}\,\frac{J}{eV}} = 931.5\,MeV .$$

KONAČNA RANG LISTA

Red. Br.	ŠIFRA	Zad. 1	Zad. 2	Zad. 3	Zad. 4	Zad. 5	Ukupno
1.	Zukić Edina	15	18	20	20	5	**78**
2.	Kohnić Arman	19	20	20	0	0	**59**
3.	Bevrnja Alija	8	5	20	20	4	**57**
4.	Čaušević Vedad	11	5	19	20	1	**56**
4.	Husremović Faruk	7	18	6	16	9	**56**
6.	Habibović Dino	8	5	11	19	10	**53**
7.	Konjik Nikola	4	0	18	8	14	**44**
8.	Babić Mirha	7	12	4	12	2	**37**
9.	Ševo Igor	6	13	17	0	0	**36**
10.	Ibrić Sandra	5	1	3	12	10	**31**
11.	Lazarević Vladan	14	4	4	5	0	**27**
12.	Bahrić Slaviša	15	5	4	0	0	**24**
12.	Avdispahić Leila	0	3	16	3	2	**24**
14.	Babić Petar	10	0	10	0	0	**20**
14.	Dražić Filip	0	0	0	20	0	**20**
16.	Stanojević Miroslav	4	2	6	5	0	**17**
17.	Petrović Jelena	8	8	0	0	0	**16**
18.	Spasojević Jelena	3	5	2	0	0	**10**
19.	Zaimović Haris	3	5	0	0	1	**9**
20.	Golubović Ognjen	4	0	0	0	0	**4**
20.	Đurđević Ljiljana	3	1	0	0	0	**4**
22.	Hamidović Damir	1	0	0	0	1	**2**
22.	Bošković Marko	1	1	0	0	0	**2**

Komisija koja je pregledala zadatke:

dr Siniša Ignjatović ____________________ dr Rajfa Musemić ____________________

dr Esad Hadžiselimović ____________________ Sreten Lekić ____________________

Armin Lagumdžija ____________________

40th International Physics Olympiad México 2009

ipho2009@unam.mx
Sociedad Mexicana de Física, 2do. Piso, Depto. de Física, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal C.P. 04511
Tels/fax: +52 (55) 5622-4946 / +52 (55) 5622-4848
http://ipho2009.smf.mx/