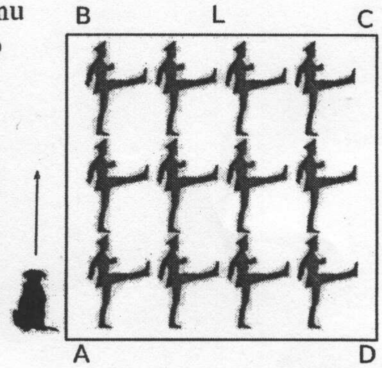
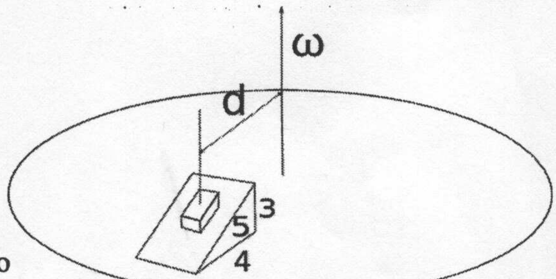
DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
Stubičke toplice, 5.-8.5.2014.
Srednje škole – 1. skupina

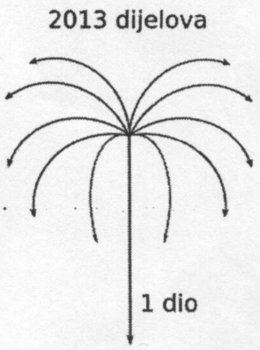
1. **(17 bodova)** Četa vojnika postavljena je u kvadratnu formaciju duljine stranice L=4m. Četa maršira udesno stalnom brzinom v=3m/s. Maskota čete je pas koji se u početnom trenutku nalazi u točki A (jednom od vrhova) i koji trči oko čete u smjeru kazaljke na satu tako da im je u svakom trenutku čim bliže (uz nogu). Pas trči stalnom brzinom, koja je 5/3 puta veća od brzine hoda čete. I pas i četa krenu se gibati u istom trenu. Nakon koliko vremena se pas nalazi u točkama B, C, D i natrag u A (vrhovima kvadrata)? Gdje se točno nalazi pas kad četa prevali udaljenost L? Pretpostavite da su promjene smjera brzine psa trenutne.



2. **(17 bodova)** Tijelo se nalazi na kosini s omjerom stranicama 3,4 i 5, kao na slici. Dimenzije tijela zanemarive su u odnosu na ostale dimenzije u sustavu. Kosina je pričvršćena na disk koji rotira stalnom kutnom brzinom. Udaljenost centra tijela od osi rotacije je d=370/999 m. Kolika mora biti kutna brzina rotacije kako bi se tijelo odvojilo od kosine? Pretpostavite da je kutna brzina 20 puta manja od toga. Koliki mora biti koeficijent trenja između tijela i kosine kako tijelo niz nju ne bi klizilo?



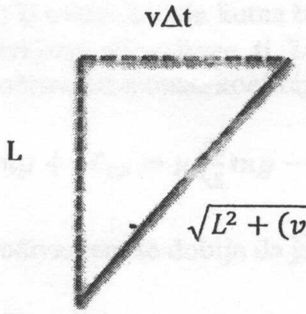
3. **(18 bodova)** Vatrometna raketa ispali se vertikalno uvis i točno na vrhu svoje putanje eksplodira u 2014 dijelova jednakih masa m. Jedan dio odleti ravno prema dolje i dođe do tla nakon vremena t_1 od eksplozije. Svi ostali dijelovi dolete na tlo istovremeno, nakon vremena t_2 od eksplozije. Na kojoj se visini desila eksplozija (izraženo samo pomoću g, t_1 i t_2)?



4. **(18 bodova)** Pretpostavite da na tijelo mase m izbačeno u vertikalnom hicu djeluje stalna sila otpora zraka F. Neka je tijelo izbačeno uvis brzinom v_0 s početne visine 0. Koju visinu dosegne tijelo? Odredite vrijeme potrebno da tijelo padne natrag s te visine na visinu 0. Zamislite dva tijela istih masa m. Jedno od njih ispaljeno je prema gore brzinom v_{01}, a drugo sekundu nakon prvog brzinom v_{02}. U kojem se trenutku tijela susretnu, ako su oba u uzlaznom dijelu svoje putanje?

RJEŠENJA

1. Kad pas ide od A do B, četa se pomakne udesno za $v\Delta t$ **(1 bod)**. Pas napravi put od $v_p\Delta t$, koji je prema Pitagornu poučku jednak $\sqrt{L^2 + (v\Delta t)^2}$ (slika) **(1 bod)**. Stoga vrijedi:



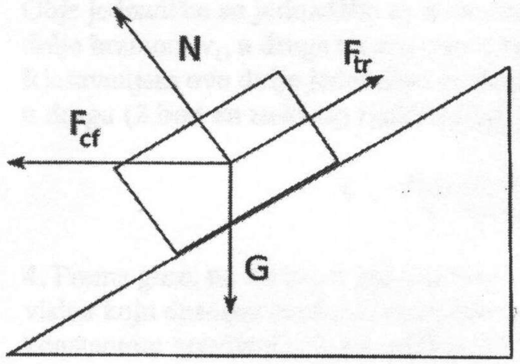
$\sqrt{L^2 + (v\Delta t)^2} = v_p\Delta t$ **(1 bod)**

Rješavanjem ove jednakosti po vremenskom intervalu, slijedi $\Delta t^{AB} = \frac{L}{\sqrt{v_p^2 - v^2}}$ **(2 boda)**.

Isto vrijedi i za putanju CD **(2 boda)**. Za putanju BC relativna brzina psa u odnosu na četu je v_p-v, pa je $\Delta t^{BC} = \frac{L}{v_p - v}$ **(2 boda)**. Za putanju DA relativna brzina je v_p+v, pa je $\Delta t^{BC} = \frac{L}{v_p + v}$ **(2 boda)**. Možemo odrediti iznose ovih vremena s obzirom na to da nam je poznat L, kao i brzine psa i čete. Slijedi da je $\Delta t^{AB} = 1s$, $\Delta t^{BC} = 2s$, $\Delta t^{CD} = 1s$ i $\Delta t^{DA} = 0.5s$ **(1 bod)**. Stoga, pas je u točki B nakon 1s, u točki C nakon 3s, u točki D nakon 4s i natrag u točki A nakon 4.5s **(1 bod)**.

Četa prevali udaljenost od L=4m za $\Delta t = L/v = 4/3s$. To je veće od Δt^{AB}, ali manje od $\Delta t^{AB} + \Delta t^{BC}$. **(2 boda)** Dakle, u tom trenutku pas se nalazi uz gornju stranicu kvadrata. Kako se uz gornju stranicu giba ukupno 2s, a prošlo je 1/3s, pas je prevalio 1/6 gornje strane. Dakle, nalazi se na 1/6*4m = 2/3m od točke B prema C **(2 boda)**.

2. Dijagram sila na (preuveličano, radi jasnoće) tijelo dan je na slici **(1 bod)**.



Odaberimo koordinatni sustav tako da jedna os gleda u smjeru gibanja, a druga okomito na njega. Tad, uz uzimanje u obzir sličnost trokuta **(2 boda)**, vrijedi:

$$\frac{3}{5}mg + \frac{4}{5}F_{CF} = F_{tr}$$

$$\frac{4}{5}mg - \frac{3}{5}F_{CF} = N \qquad \textbf{(2 boda)}$$

a.) Tijelo se odvoji od podloge ako je N=0 **(1 bod)**. Tad iz druge jednakosti slijedi da je 4mg = $3F_{cf}$ **(1 bod)**. Kako je $F_{CF} = m\omega^2 d$, **(1 bod)** slijedi da je

$$\omega = \sqrt{\frac{4g}{3d}} = 6\,rad/s \qquad \textbf{(2 boda)}$$

b.) U ovom slučaju kutna brzina je zadana i iznosi 1/20 kutne brzine potrebne za odvajanje od podloge, tj. 3/10 rad/s **(1 bod)**. Kako vrijedi da je $F_{tr} = \mu N$ **(1 bod)**, možemo izračunati koeficijent trenja iz gornje dvije jednadžbe. Slijedi da je:

$$\frac{3}{5}mg + \frac{4}{5}F_{CF} = \mu\left(\frac{4}{5}mg - \frac{3}{5}F_{CF}\right) \quad \textbf{(2 boda)}$$

Sređivanjem se dobija da je $\mu = \frac{904}{1197}$ **(3 boda ako se sredi do kraja)**.

3. Kad tijelo stane na vrhu putanje ukupna količina gibanja mu je jednaka nuli **(2 boda)**. Vrijedi zakon očuvanja količine gibanja **(2 boda)**. Uzmimo u obzir a.) da su sve mase komponenti eksplozije iste **(1 bod)** i b.) da su svi dijelovi (osim prvog) pali na tlo istovremeno. Ako su pali na tlo istovremeno, znači da su imali iste vertikalne komponente brzine **(3 boda za zaključak)**. Komad koji pada direktno prema dolje označimo brojem 1. Iz vertikalne komponente zakona očuvanja količine gibanja slijedi da je:

$$v_1 = \frac{v_2}{2013} + \frac{v_3}{2013} + \ldots + \frac{v_{2014}}{2013} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

s time da su sve brzine s indeksom većim od 1 istog iznosa. Ako se eksplozija desi na visini h, vrijedi da je:

$$h = v_1 t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$h = \frac{-v_1}{2013} t_2 + \frac{g t_2^2}{2} \qquad \textbf{(4 boda, 2 za svaku jednadžbu)}$$

Obje jednadžbe su jednadžbe za slobodni pad. Prva je za prvi komad, koji kreće prema dolje brzinom v_1, a druga za sve ostale komade, koji kreću prema gore brzinom v_1/2013. Rješavanjem ove dvije jednadžbe može se eliminirati v_1. Npr. izrazi se v_1 iz prve i uvrsti u drugu **(2 bod za neki tip rješavanja)**. Sređivanjem se dobije:

$$h = \frac{g t_1 t_2}{2}\left(\frac{t_1 + 2013 t_2}{2013 t_1 + t_2}\right) \qquad \textbf{(2 boda)}$$

4. Prema gore, na tijelo po jedinici mase umjesto g djeluje g+F/m **(2 boda)**. Maksimalna visina koju dosegne možemo uzeti kao za vertikalni hitac **(1 bod)** s izmjenjenom konstantom gravitacije iz g u g+F/m. Ta je visina tad jednaka

$$h = \frac{v_0^2}{2\left(g + \frac{F}{m}\right)} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Prema dolje sila otpora promijeni smjer, pa stoga možemo zamijeniti g s g-F/m **(2 boda)**. Jednadžba gibanja prema dolje tad je dana s:

$$y(t) = h_{max} - \frac{1}{2}\left(g - \frac{F}{m}\right)t^2 = \frac{v_0^2}{2\left(g + \frac{F}{m}\right)} - \frac{1}{2}\left(g - \frac{F}{m}\right)t^2 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Zahtijevamo da $y(t_{pad})=0$. To daje:

$$y(t_{pad}) = 0 = \frac{v_0^2}{2\left(g + \frac{F}{m}\right)} - \frac{1}{2}\left(g - \frac{F}{m}\right)t_{pad}^2 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

s jednim fizikalnim (pozitivnim) rješenjem:

$$t_{pad} = \left|\frac{v_0}{\sqrt{g^2 - \left(\frac{F}{m}\right)^2}}\right| \qquad \textbf{(3 boda za konačan pozitivni izraz)}$$

Treći dio zadatka daje dva tijela istih masa koja se gibaju prema gore (ponovno imamo g+F/m) (1 bod). Izbačena su različitim početnim brzinama, a jedno za drugim kasni jednu sekundu. Zapišimo vrijeme kašenjenja kao t', tj. $t_2=t_1-t'$. Uvjet zadatka nalaže da se tijela nalaze na istoj visini, tj. $y_1 = y_2$ (1 bod). Dakle, vrijedi:

$$v_{01}t - \frac{1}{2}\left(g + \frac{F}{m}\right)t^2 = v_{02}(t - t') - \frac{1}{2}\left(g + \frac{F}{m}\right)(t - t')^2 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Jednadžbu treba riješiti po t. Množenjem se svi kvadratni članovi pokrate i kao rješenje se dobija:

$$t = \frac{v_{02}t' + \frac{1}{2}\left(g + \frac{F}{m}\right)t'^2}{v_{02} - v_{01} + \left(g + \frac{F}{m}\right)t'} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

EKSPERIMENTALNI ZADATAK 1. razred

Određivanje statičkog faktora trenja

Pribor: Drveni kvadar poznate mase M , uteg poznate mase m, nit, kolotura, stegač , šipka ,metar

50g

Zadatak :

1. Odredite statički faktor trenja između drvenog kvadra i stola
2. Napravite 10 mjerenja , odredite srednju vrijednost faktora trenja , odstupanja od srednje vrijednosti i rezultate prikažite tablično

U sklopu zadatka treba:

a) Nacrtati skicu eksperimenata **(5 bodova)**

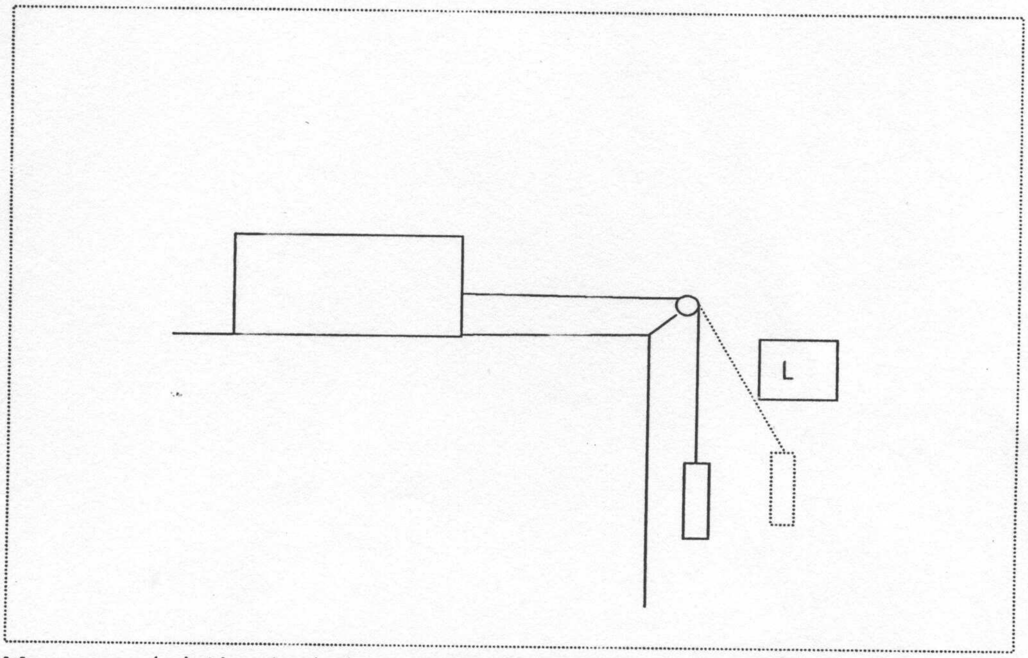
b) Nacrtati odgovarajuće dijagrame sila **(5 bodova)**

c) Napisati izraze tj. formule koje povezuju mjerene veličine s traženim veličinama **(10 bodova)**

d) Napraviti 10 mjerenja i rezultate prikazati u tablici **(10 bodova)**

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA- 1.razred

1. Da bi odredili statički faktor trenja složimo pribor prema slici



Masa utega (m) i kvadra (M) su takve da nit dok uteg miruje ne može pokrenuti kvadar.
Uteg postepeno otklanjamo za određeni kut i pustimo da se zanjiše.
Pri određenom graničnom kutu kvadar će se pokrenuti u trenutku kad uteg prolazi kroz najniži položaj.
U takvoj situaciji pomoću metra izmjerimo visinu na koju smo podignuli uteg (h) i duljinu niti (L) .
Nacrtamo odgovarajući dijagram sila na kvadar i uteg. **(5 bodova)**
Zaključujemo da je napetost niti (F_N) u trenutku prolaska utega kroz najniži položaj jednaka statičkoj sili trenja ($F_{TR,S}$) jer se u tom trenutku kvadar počinje gibati.
Napišemo jednadžbe gibanja posebno za kvadar i uteg:

(1) $F_N=F_{TR,S}$; $F_N=Mg\mu_S$

(2) $\frac{mv^2}{L^2}=F_N-mg.$ **(5 bodova)**

Iz zakona očuvanja energije dobivamo:

(3) $mgh=\frac{mv^2}{2}; v^2 = 2gh$ **(5 bodova)**

Iz relacija ***(1)*** **,** ***(2) i (3)*** dobivamo

$\mu_s = \frac{m}{M}(1 + \frac{2h}{L})$ **(5 bodova)**

Mjerenjem h i L te iz poznatih podataka m i M , možemo odrediti faktor statičkog trenja μ_S.
Više mjerenja napravimo tako da mijenjamo L i ponovo odredimo h.
Rezultate mjerenja prikažemo tablično. Izračunamo srednju vrijednost μ_S i odstupanje od srednje vrijednosti. **(10 bodova)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Stubičke Toplice, 05.-08. svibnja 2014.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (16 bodova)

U vrhovima kvadrata stranice a učvršćeni su jednaki točkasti naboji Q. U jednom trenutku jedan naboj se oslobodi tako da se može slobodno gibati.

a) Odredite iznos i smjer ukupne električne sile na pušteni naboj u trenutku puštanja,

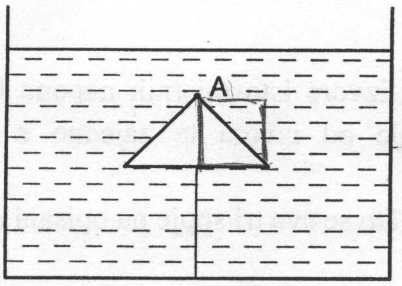
b) Nakon dovoljno dugo vremena (nakon što se može zanemariti međudjelovanje puštenog i preostalih naboja), oslobodi se i susjedni naboj. Odredite za koliko se razlikuju kinetičke energije puštenih naboja na dovoljno velikoj udaljenosti.

2. zadatak (18 bodova)

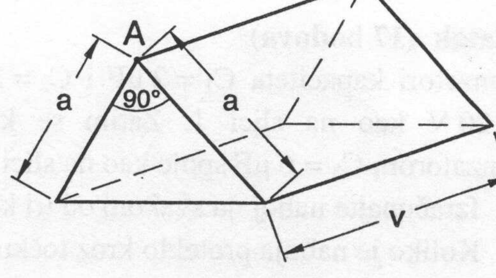
Komad stiropora gustoće 120 kg/m^3 pričvršćen je pomoću niti za dno posude ispunjene vodom (slika 1). Oblik stiropora prikazan je na slici 2. Tlak u točki A iznosi 101 000 Pa, gustoća vode je 1000 kg/m^3, a = 0,2 m, v = 0,5 m i uzmite g = 10 m/s^2.

a) Izračunajte silu napetosti niti,

b) Izračunajte ukupnu silu kojom voda djeluje na jednu bočnu pravokutnu plohu stiropora.



Slika 1



Slika 2

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

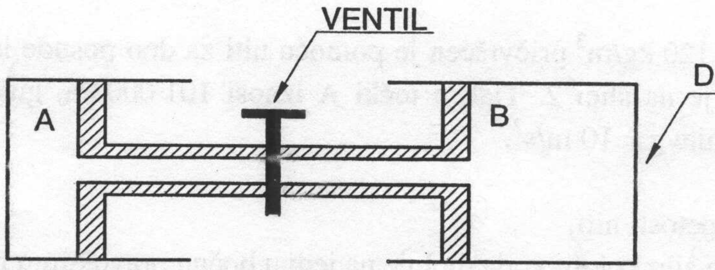
Stubičke Toplice, 05.-08. svibnja 2014.

3. zadatak (19 bodova)

Cilindri A i B su horizontalno postavljeni (kao na slici). Početno su klipovi sa cijevi koja ih povezuje učvršćeni i volumen plina u A je 6 puta manji od volumena plina u B. Ventil na cijevi je početno zatvoren. U cilindru A nalazi se 4 mola, a u cilindru B 3 mola istog idealnog plina molarnog toplinskog kapaciteta $C_v = 3R/2$. Početni tlak plina u cilindru B je 10^5 Pa. Klipovi mogu kliziti bez trenja. Cilindar A, klipovi te bočne stijenke cilindra B su toplinski izolirani. Dno cilindra B je dobar vodič topline i u kontaktu je s termostatom stalne temperature 300 K. Nakon što se klipovima omogući gibanje (uz još uvijek zatvoren ventil) oni se polako pomiču prema desno i u konačnom položaju je volumen plina u posudi A 5 puta veći od početog. Tijekom gibanja klipova termostat je primio toplinu 12 000 J.

a) Izračunajte početnu temperaturu i konačni tlak plina u posudi A,
b) Izračunajte tlak plina nakon što se ventil otvori i uspostavi ravnotežno stanje.

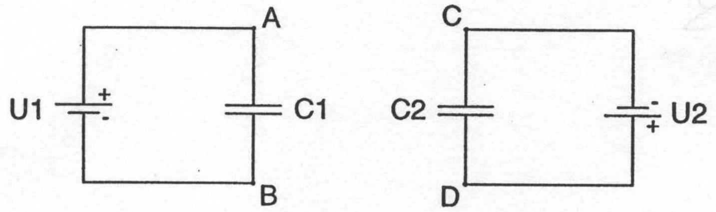
Opća plinska konstanta je $R = 8{,}314$ J/(molK). Volumen cijevi možete zanemariti. Cilindri su jednakih presjeka.



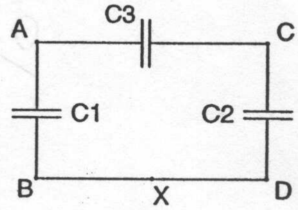
4. zadatak (17 bodova)

Kondenzatori kapaciteta $C_1 = 2\ \mu F$ i $C_2 = 3\ \mu F$ spojeni su na izvore istosmjernih napona $U_1 = 150$ V i $U_2 = 120$ V kao na slici 1. Zatim se kondenzatori odspoje od izvora te zajedno s nenabijenim kondenzatorom $C_3 = 6\ \mu F$ spoje kao na slici 2.

a) Izračunajte naboj na svakom od tri kondenzatora nakon što se sva tri spoje na opisani način,
b) Koliko je naboja proteklo kroz točku X?



Slika 1



Slika 2

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Stubičke Toplice, 05. – 08. svibnja 2014.

Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

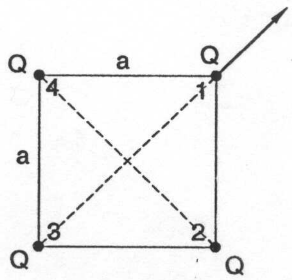
a) Sile kojom naboji 4 i 2 djeluju na naboj 1 su po iznosu jednake:

$$F_2 = F_4 = k\frac{Q^2}{a^2}$$ **(1 bod)**

Sila naboja 3 na 1: $$F_3 = k\frac{Q^2}{2a^2}$$ **(1 bod)**

Ukupna sila na naboj 1: $$F = k\frac{Q^2}{a^2}\sqrt{2} + k\frac{Q^2}{2a^2} = k\frac{Q^2}{2a^2}(2\sqrt{2}+1)$$ **(3 boda)**

Smjer sile označen je na slici. **(2 boda)**



b) Kinetička energija naboja Q jednaka je promjeni potencijalne energije. **(2 boda)**

$$E_{kin1} = kQ^2\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{a\sqrt{2}}\right)$$ **(3 boda)**

$$E_{kin2} = kQ^2\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a\sqrt{2}}\right)$$ **(3 boda)**

Razlika kinetičkih energije: $\Delta E = kQ^2\frac{1}{a}$ **(1 bod)**

2. zadatak (18 bodova)

p_A=101 000 Pa, ρ = 1000 kg/m^3, ρ_S = 120 kg/m3, a = 0,2 m, v = 0,5 m, g = 10 m/s^2

a) Stiropor miruje pa je ukupna sila jednaka nuli:

$$F_u = G + F_N$$ **(2 boda)**

Sila uzgona: $$F_u = Vg\rho = \left(\frac{a^2 v}{2}\right)g\rho \quad (100\ \text{N})$$ **(1 bod)**

Težina: $$G = V\rho_S g = \left(\frac{a^2 v}{2}\right)g\rho_S \quad (12\ \text{N})$$ **(1 bod)**

Sila napetosti je: $$F_N = F_u - G = \frac{a^2 v}{2}g(\rho - \rho_S)$$ **(1 bod)**

$$F_N = 88\text{N}$$ **(1 bod)**

b) Sila uzgona je ukupna sila kojom voda djeluje na stiropor. Možemo je rastaviti na doprinose po plohama (baza + dvije velike bočne plohe + dvije male bočne):

$$\vec{F}_u = \vec{F}_{BAZA} + \vec{F}_{B1} + \vec{F}_{B2} + \vec{F}_{b1} + \vec{F}_{b2}$$ **(2 boda)**

Sile na dvije male bočne plohe se ponište ($\vec{F}_{b1} + \vec{F}_{b2} = 0$) **(1 bod)**

Uzimajući u obzir da su sile na bočne plohe jednake po iznosu ($F_{B1} = F_{B2} = F_B$) i međusobno zatvaraju pravi kut:

$$F_u = F_{BAZA} - F_B\sqrt{2}$$ **(2 boda)**

Tlak na bazu: $p = p_A + hg\rho$ (h je visina stiropora) **(1 bod)**

$$p = p_A + \frac{a\sqrt{2}}{2} g\rho \quad (102\,414{,}214 \text{ Pa})$$ **(1 bod)**

Djelovanje vode na bazu: $F_{BAZA} = pS$ **(1 bod)**

Površina baze: $S = va\sqrt{2}$ (0,141 m^2) **(1 bod)**

$$F_{BAZA} = (p_A + \frac{a\sqrt{2}}{2} g\rho)(va\sqrt{2}) \quad (14\,483{,}56 \text{ N})$$ **(1 bod)**

Tražena sila: $F_B = \dfrac{F_{BAZA} - F_u}{\sqrt{2}} = 10\,170{,}71$ N **(2 boda)**

3. zadatak (19 bodova)

$n_A = 4$ mol, $n_B = 3$ mol, $T = 300$ K, $Q = 12\,000$ J, $V_B = 6\,V_A$, $p_B = 100\,000$ Pa, $C_v = 3/2R$

a) Prvi zakon termodinamike možemo primijeniti na svaki cilindar pa zbrojiti ili odmah promatrati cijeli sustav od dva cilindra. $Q_A = \Delta U_A + W_A$ i $Q_B = \Delta U_B + W_B$

$W_A = -W_B$ **(1 bod)**

$Q_A = 0$ **(1 bod)**

$Q_B = -Q = -12000\text{J}$ (plin predaje toplinu) **(1 bod)**

$\Delta U_A = n_A c_V \Delta T_A$ **(1 bod)**

$\Delta U_B = 0$ **(1 bod)**

Konačno: $Q_B = \Delta U_A$ **(1 bod)**

$$Q_B = \Delta U_A = n_A \frac{3}{2} R(T_A' - T_A) = n_A \frac{3}{2} RT_A(\frac{T_A'}{T_A} - 1)$$

Promjena stanja plina u cilindru A je adijabatska:

$$T_A V_A^{\gamma-1} = T_A'(V_A')^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_A'}{T_A} = (\frac{V_A}{V_A'})^{\gamma-1}$$ **(1 bod)**

Uzimajući u obzir da je $\dfrac{V_A}{V_A'} = \dfrac{1}{5}$ dobije se: $Q_B = n_A \dfrac{3}{2} RT_A((\dfrac{1}{5})^{\gamma-1} - 1)$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{5}{3}$$ **(1 bod)**

Konačno: $T_A = \dfrac{2Q_B}{3Rn_A(5^{1-\gamma}-1)}$ **(1 bod)**

$T_A = 365{,}59\,\mathrm{K}$ **(1 bod)**

Konačni tlakovi u obje posude su jednaki tj. $p_A^{'} = p_B^{'}$ **(1 bod)**

Promjena stanja plina u cilindru B je izotermna: $p_B V_B = p_B^{'} V_B^{'}$ **(1 bod)**

Smanjenje volumena plina B jednako je povećanju volumena plina A:

$5V_A = V_A + 4V_A = V_A^{'}$, $V_B - 4V_A = V_B^{'}$ **(1 bod)**

Omjer volumena u cilindru B:

$$\frac{V_B}{V_B^{'}} = \frac{V_B}{V_B - 4V_A} = \frac{1}{1-4\dfrac{V_A}{V_B}} = \frac{1}{1-4\dfrac{1}{6}} = 3$$ **(1 bod)**

Konačni tlak je: $p_A^{'} = p_B^{'} = p_B \dfrac{V_B}{V_B^{'}} = 3p_B = 3\cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$ **(1 bod)**

b) Nakon otvaranja ventila i uspostavljanja ravnotežnog stanja:

$p(V_A + V_B) = (n_A + n_B)RT$ **(1 bod)**

$$p = \frac{(n_A+n_B)RT}{7V_A} = \frac{(n_A+n_B)RT}{7V_B/6}$$

Prije otvaranja ventila: $p_B V_B = n_B RT$ pa je $V_B = 0.07\ \mathrm{m}^3$ **(1 bod)**

Konačno, tlak u cilindrima nakon otvaranja ventila: $p = \dfrac{(n_A+n_B)RT}{\dfrac{7}{6}\dfrac{RTn_B}{p_B}} = \dfrac{6(n_A+n_B)}{7n_B} p_B$ **(1 bod)**

$$p = \frac{6\cdot 7}{7\cdot 3}10^5 = 2\cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$$ **(1 bod)**

4. zadatak (17 bodova)

$C_1 = 2\ \mu\mathrm{F}$, $C_2 = 3\ \mu\mathrm{F}$, $U_1 = 150\ \mathrm{V}$, $U_2 = 120\ \mathrm{V}$, $C_3 = 6\ \mu\mathrm{F}$

Naboji na pločama kondenzatora C_1 i C_2 na slici 1 su:

$Q_1 = C_1 U_1 = 300\mu\mathrm{C}$ **(1 bod)**

$Q_2 = C_2 U_2 = 360\mu\mathrm{C}$ **(1 bod)**

Odspajanjem izvora te spajanjem negativne ploče kondenzatora C_1 i pozitivne ploče kondenzatora C_2 dolazi do preraspodjele naboja na tim pločama tako da naboj ploče kondenzatora C_1 bude $-Q_1^{'}$, a kondenzatora C_2 bude $+Q_2^{'}$. Zbog zakona očuvanja naboja ukupni naboj prije i poslije spajanja je isti:

(1) $-Q_1 + Q_2 = -Q_1^{'} + Q_2^{'}$ **(3 boda)**

$+60\mu\mathrm{C} = -Q_1^{'} + Q_2^{'}$

Nakon što se svi kondenzatori spoje ukupni pad napona u krugu mora biti nula:

$U_1^{'} + U_2^{'} - U_3^{'} = 0$ **(4 boda)**

(2) $\dfrac{Q_1^{'}}{C_1} + \dfrac{Q_2^{'}}{C_2} - \dfrac{Q_3^{'}}{C_3} = 0$ **(1 bod)**

Primjenom zakona očuvanja naboja i uzevši u obzir da je treći kondenzator početno prazan dobivaju se jednadžbe:

(3) $$+Q_1 = +Q_1' + Q_3'$$ **(3 boda)**

$$+300\mu C = +Q_1' + Q_3'$$

(4) $$-Q_2 = -Q_2' - Q_3'$$

$$-360\mu C = -Q_2' - Q_3'$$

Napomena: jednadžbe (1) (3) i (4) su linearno zavisne pa bez obzira koje dvije od te tri jednadžbe napiše učenik dobiva ukupno 6 boda.

Rješenja napisanog sustava jednadžbi (tri linearno nezavisne jednadžbe) su:

$$Q_1' = 30\mu C,\ Q_2' = 90\mu C,\ Q_3' = 270\mu C$$ **(2 boda)**

Kroz točku X je prošao naboj koji je jednak razlici početne i konačne količine naboja na negativnoj ploči kondenzatora 1 (ili pozitivnoj ploči kondenzatora 2) **(1 bod)**

Konačno: $$\left|Q_1 - Q_1'\right| = 270\mu C$$ **(1 bod)**

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014. – 2. GRUPA

Eksperimentalni zadatak

Električna otpornost materijala (ρ)

Zadatak

- Odrediti električnu otpornost ρ materijala od kojeg je načinjena priložena žica

Pribor

- žica napravljena od materijala čiju električnu otpornost treba odrediti
- 3 poznata otpora: 2,2 Ω, 3,2 Ω i 4,7 Ω
- baterija 4,5 V
- otporna žica namotana na drvenu daščicu
- žaruljica s držačem
- 2 žice za spajanje s krokodilima na krajevima
- 3 obične žice za spajanje
- 4 krokodila
- plastična cjevčica
- samoljepljiva traka
- ravnalo s mjernom skalom

U sklopu zadatka treba:

1.	Teorijski obrazložiti postupak mjerenja	(8 bodova)
2.	Nacrtati shemu strujnog kruga pomoću kojeg ćete izvesti mjerenja	(5 bodova)
3.	Napraviti 6 mjerenja varirajući uvjete i podatke prikazati tabelarno	(8 bodova)
4.	Za svako mjerenje izračunati električnu otpornost materijala	(4 boda)
5.	Provesti račun pogreške za električnu otpornost	(5 bodova)
	Ukupno eksperimentalni zadatak	30 bodova

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014. – 2. GRUPA

Rješenje eksperimentalnog zadatka

Rješenje eksperimentalnog zadatka - 2. grupa

Električni otpor žice R određen je jednadžbom:

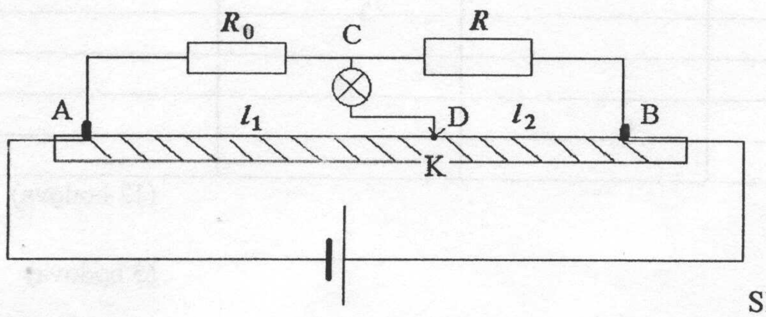
$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad (1)$$

gdje je ρ električna otpornost materijala od kojeg je žica napravljena, l je duljina žice i S je površina njezinog presjeka. Iz gornje jednadžbe je električna otpornost:

$$\rho = \frac{RS}{l}. \qquad (2)$$

Znači, da bi odredili električnu otpornost ρ moramo izmjeriti duljinu žice l, odrediti njezin presjek S i otpor R. Duljinu ćemo jednostavno izmjeriti ravnalom. Da bi odredili presjek S moramo najprije izmjeriti polumjer r presjeka žice. To ćemo napraviti tako da namotamo $N = 10$ do 15 namotaja žice plastičnu cjevčicu (moramo paziti da namotaji budu složeni točno jedan do drugoga), zatim izmjerimo širinu takve zavojnice x. Sada je polumjer presjeka žice: $r = \frac{x}{2N}$, a presjek je $S = r^2\pi$. (2 boda)

Električni otpor ćemo izmjeriti tako da pomoću danog pribora napravimo Wheatstoneov most. Shema je prikazana na slici 1.:



Slika 1. (5 bodova)

Žica sa žaruljicom predstavlja most. Da bi odredili nepoznati otpor R treba klizač K postaviti u takav položaj da struja ne teče žaruljicom. Duljine otporne žice na daščici su tada l_1 i l_2.

To znači da tada nema razlike potencijala između točaka C i D. U tom slučaju su naponi između točaka A i C te A i D jednaki, a također su i naponi između točaka C i B te D i B jednaki:

$$U_{AC} = U_{AD} \quad i \quad U_{BC} = U_{BD}$$

Ako te jednakosti zapišemo pomoću Ohmovog zakona dobije se:

$$I_1 R_0 = I_2 R_1 \quad i \quad I_1 R = I_2 R_2$$

Ovdje su I_1 i I_2 struje u gornjoj i donjoj grani strujnog kruga, R_1 i R_2 su otpori otporne žice na daščici duljina l_1 i l_2, R_0 je poznati otpor, a R je nepoznati otpor žice čiji ρ želimo odrediti. Sada te dvije jednadžbe stavimo u omjer i sredimo pa dobivamo jednadžbu za izračunavanje nepoznatog otpora R:

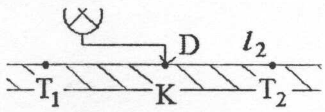
$$R = \frac{R_0 \cdot R_2}{R_1} \qquad (3)$$

Za otpore R_1 i R_2 možemo pisati:

$R_1 = \rho_ž\, l_1/S$ i $R_2 = \rho_ž\, l_2/S$ (S je površina presjeka žice) (4)

Ako jednadžbe (4) uvrstimo u jednadžbu (3), za nepoznati otpor R dobivamo:

$$R = \frac{R_0 \cdot l_2}{l_1} \qquad (5)$$



Slika 2.

Prilikom pomicanja klizača K primjećujemo da žaruljica ne svijetli na većem području npr. od točke T_1 do T_2 , pa položaj točke D gdje kroz most ne teče struja odredimo kao polovište dužine $\overline{T_1T_2}$ (Slika 2.). Budući da je žica namotana na daščicu, umjesto duljina l_1 i l_2 možemo brojiti namotaje (N_1 i N_2) od rubova daščice do točke D, pa je nepoznati otpor:

$$R = \frac{R_0 \cdot N_2}{N_1} \qquad (6)$$

(6 bodova)

Pomoću 3 poznata otpornika napravimo 6 mjerenja otpora R.

Podatke prikažemo tabelarno i napravimo račun pogreške za ρ.

Br. mjerenja	R_0/Ω	l_1/cm ili N_1	l_2/cm ili N_2	R/Ω	ρ/Ωm
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

(12 bodova)

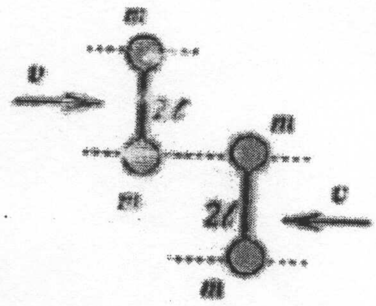
Račun pogreške **(5 bodova)**

Zadatak 1. [18 bodova]

Naboj Q jednoliko je raspoređen po tankom izolirajućem prstenu mase m koji je u početnom trenutku u stanju mirovanja. Do koje kutne brzine će prsten biti ubrzan kada se uključi magnetsko polje B, okomito na ravninu prstena? Zanemarite magnetsko polje koje rotacijom stvara prsten. Također, naboj se ne može gibati u prstenu.

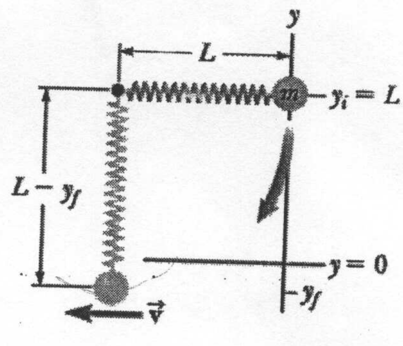
Zadatak 2. [18 bodova]

Dvije identične bućice (uteg) gibaju se jedna prema drugoj na horizontalnom zračnom stolu (slika). Svaku od njih možemo promatrati kao dvije točkaste mase m spojene šipkom zanemarive mase duljine $2l$. Na početku ne rotiraju. Opišite gibanje bućica nakon što se elastično (savršeno) sudare. Hoće li doći do još kojeg sudara? Skicirajte brzine središta masa bućica kao funkciju vremena (uključivši u obzir i više sudara ukoliko dolazi do njih).



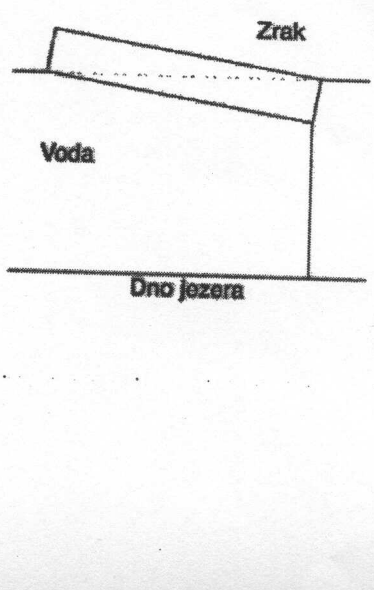
Zadatak 3. [17 bodova]

Sustav se sastoji od vertikalne opruge zanemarive mase čija konstanta je k = 1250 N/m, a duljina L = 1.5 m, te predmeta mase m = 5 kg koji je pričvršćen za njen kraj (slika). Predmet se podigne na razinu gdje je drugi kraj opruge pričvršćen i to tako da je opruga nerastegnuta, na položaj $y_i = L$, i zatim se pusti tako da se njiše poput njihala. Izračunajte koordinatu najnižeg položaja (y_f) i brzinu predmeta kada prolazi kroz taj položaj. (Uputa: pretpostavite da se kuglica u položaju na slici giba po kružnici.)



Zadatak 4 [17 bodova]

Komad daske pluta na površini jezera kao na slici. Pričvršćen je za dno jezera pomoću užeta koje je privezano za jedan vrh daske i zbog toga pluta tako da se dijagonala poprečnog presjeka podudara s površinom jezera (slika). Izračunajte omjer gustoća daske i vode.



RJEŠENJA:

Zadatak 1 [18 bodova]

Promjenjivo magnetsko polje inducira električno polje u prstenu. Zamislimo prsten podijeljen u male dijelove, svaki duljine Δs i označimo tangencijalnu komponentu induciranog električnog polja s E_t (u općenitom slučaju E_t se može mijenjati od točke do točke).

Naboj na malom dijelu prstena je

$\Delta Q = Q\frac{\Delta s}{2\pi r}$, **[2 boda]**

gdje je r radijus prstena.

Sila koja djeluje na taj dio prstena je $\Delta F_t = \Delta Q E_t$, **[2 boda]**

a rezultantni zakretni moment je $\Delta\tau = r\Delta F_t$. **[2 boda]**

Ukupni zakretni moment koji djeluje na prsten je

$\tau = \sum \Delta\tau = \sum rQ\frac{\Delta s}{2\pi r}E_t = \frac{Q}{2\pi}\sum E_t\Delta s.$ **[3 boda]**

Uočimo da izraz $\sum E_t\Delta s$ predstavlja induciranu elektromotornu silu po prstenu, koja je izravno proporcinalna brzini promjene magnetskog toka, vrijedi sljedeće:

$\sum E_t\Delta s = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\pi r^2\frac{\Delta B}{\Delta t}.$ **[3 boda]**

Kao posljedica zakretnog momenta, prsten – čiji je moment tromosti je $I = mr^2$ - se počinje rotirati kutnim ubrzanjem α. **[2 boda]**

U vremenskom intervalu Δt njegova kutna brzina promijeni se za

$\Delta\omega = \alpha\Delta t = \frac{\tau}{I}\Delta t = \frac{Q}{2\pi}\left(-\pi r^2\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)\frac{1}{mr^2}\Delta t = -\frac{Q}{2m}\Delta B.$ **[2 boda]**

Budući da se magnetsko polje mijenja od 0 do B, konačna kutna brzina prstena biti će

$\omega = -\frac{QB}{2m}.$ **[2 boda]**

Opaske: (*i*) Negativan predznak pokazuje da je smjer vektora kutne brzine suprotnog smjera magnetskoj indukciji ukoliko je Q pozitivan.

(*ii*) Zanimljivo je uočiti da konačna kutna brzina ne ovisi o radijusu prstena, vremenu u kojem se magnetski tok mijenja ili čak o načinu na koji se magnetski tok povećava s vremenom.

(*iii*) U računu je zanemareno magnetsko polje koje proizvodi rotirajući prsten.

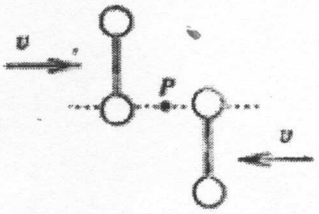
(*iv*) Osim u slučaju cilindrično simetričnog jednolikog polja, nemoguće je odrediti stvarnu vrijednost induciranog električnog polja unutar prstena budući da je geometrijska struktura magnetskog polja nepoznata i ne znamo položaj prstena u magnetskom polju. Možemo odrediti *ukupnu* induciranu elektromotornu silu, ali ne i samo električno polje.

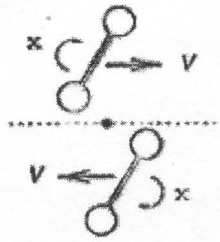
Zadatak 2 [18 bodova]

Budući da se bućice gibaju jedna prema drugoj identičnim brzinama, zbroj njihovih količina gibanja je nula u referentnom sustavu zračnog stola (isto vrijedi za njihovo zajedničko središte masa). U skladu sa zakonom očuvanja količine gibanja, središta masa dvaju bućica *uvijek* se moraju gibati jednakim brzinama u suprotnim smjerovima. **[2 boda]**

Kada se bućice sudare, očuvane su njihove energije i kutne količine gibanja, budući da je sudar savršeno elastičan i ne postoji nikakav vanjski zakretni moment koji bi djelovao. **[2 boda]**

Stanja prije i nakon sudara prikazana su na slici:





(a) prije sudara (b) nakon sudara **[2 boda]**

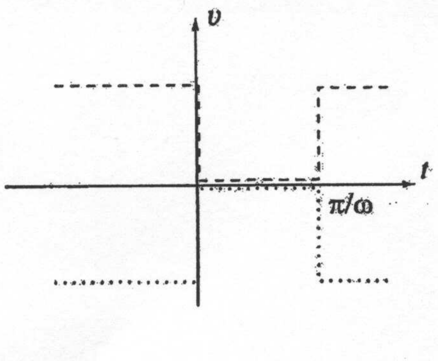
Prije sudara bućice posjeduju samo translacijsku kinetičku energiju, a nakon sudara se pojavljuje i rotacijski član. Kod pisanja jednadžbi za očuvanje energije i kutne količine gibanja, kutnu količinu gibanja računamo u odnosu na točku kontakta, P:

$$2\left(\frac{1}{2}2mv^2\right) = 2\left(\frac{1}{2}2mV^2 + \frac{1}{2}2ml^2\omega^2\right).$$ **[3 boda]**

Ovdje v označava brzinu centara mase bućica prije sudara, V brzinu centara mase bućica nakon sudara i ω kutnu brzinu bućica nakon sudara.
Prije sudara bućice posjeduju samo orbitalni zakretni moment, ali nakon sudara potrebno je dodati član koji opisuje njihovu rotaciju oko središta masa:

$$4lmv = 4lmV + 4ml^2\omega.$$ **[3 boda]**

Netrivijalno rješenje ($V \neq v, \omega \neq 0$) gornjih jednadžbi je $V = 0$ i $\omega = v/l$.
To znači da se središta masa dvaju bućica prestaju gibati nakon sudara, dvije mase koje se sudaraju mijenjaju brzine dok dvije mase koje se ne sudaraju zadržavaju početne brzine. **[3 boda]**
Na ovo se može gledati na sljedeći način: točkaste mase spojene krutom šipkom bez mase ne osjećaju jedna drugu za vrijeme trenutnog sudara. Šipka djeluje silom samo izravno nakon sudara, kada bućica rotira oko stacionarnog središta mase.
Treba imati još jednu stvar na umu: bućice se sudaraju ponovo nakon što su svaka napravile polovicu okrete, odnosno nakon vremena $t = \pi/\omega$.
Koristeći prethodne rezultate, daljnje gibanje se može predvidjeti bez pisanja jednadžbi. Rotacija bućica prestaje, i nadalje se gibaju jednakom brzinom kao i prije sudara. Put je i dalje ravna linija, ali su "okrenuti naopačke". Drugim riječima, bućice provode vrijeme između dva sudara rotirajući oko svojih središta mase. **[2 boda]**
Brzina bućica kao funkcija vremena prikazana na slici:



[1 bod]

Zadatak 3 [17 bodova]

U trenutku kada opruga prolazi kroz vertikalan položaj, predmet se giba po kružnom luku radijusa L-y_f. Također, koordinata y predmeta u tom položaju mora biti negativna ($y_f < 0$), tako da je opruga rastegnuta i djeluje silom napetosti prema gore većom od težine predmeta. To je nužno da bi ukupna sila na predmet djelovala prema točki gdje je opruga pričvršćena i davala nužno centripetalno ubrzanje u tom položaju. **[2 boda]**

Drugi Newtonov zakon primijenjen na predmet u ovom položaju kaže:

$\sum F_y = -ky_f - mg = \frac{mv^2}{L-y_f}$. **[3 boda]**

Zakon očuvanja energije kaže sljedeće:

$$E = KE_i + PE_{g,i} + PE_{el,i} = KE_f + PE_{g,f} + PE_{el,f} =$$

$= 0 + mgL + 0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy_f + \frac{1}{2}ky_f^2$, **[3 boda]**

gdje su KE, P_{eg} i P_{el} redom kinetička energije, potencijalna gravitacijska energija i potencijalna elastična energija, a v tražena brzina predmeta kada prolazi kroz najniži položaj.

Drugu jednadžbu možemo napisati: $mv^2 = 2mg(L - y_f) - ky_f^2$. **[2 boda]**

Izlučivanjem člana mv^2 iz prve jednadžbe i izjednačavanjem s prethodnom jednadžbom dobiva se sljedeće:

$$2mg(L - y_f) = -(L - y_f)(ky_f + mg) + ky_f^2,$$

odnosno

$(2k)y_f^2 + (3mg - kL)y_f + (-3mgL) = 0$. **[3 boda]**

Ovo je kvadratna jednadžba u y_f, gdje je:

$2k = 2(1250\ \text{N/m}) = 2500\ \text{N/m}$, $(3mg$-$kL) = 3(5\ \text{kg})(9.8\ \text{m/s}^2) - (1250\ \text{N/m})(1.5\ \text{m}) = -1730\ \text{N}$ i $(-3mgL) = -3(5\ \text{kg})(9.8\ \text{m/s}^2)(1.5\ \text{m}) = -221\ \text{Nm}$.

Rješavanjem kvadratne jednadžbe i zadržavanjem negativnog rješenja (rezoniranje je objašnjeno u uvodu rješenja), dobiva se sljedeće:

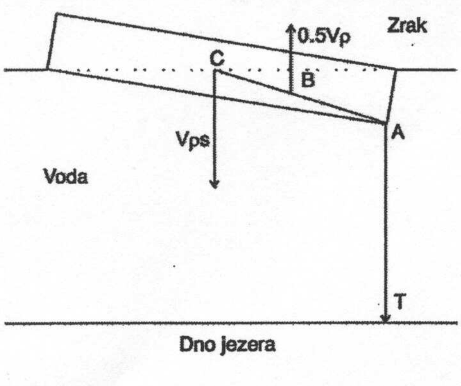
$y_f = -0.110$ m. **[2 boda]**

Uvrštavanjem toga u prvu ili drugu jednadžbu dobiva se za brzinu:

$v = 5.337$ m/s. **[2 boda]**

Zadatak 4. [17 bodova]

Pogledajmo poprečni presjek daske. Neka je C središte horizontalne dijagonale, A točka gdje brid najviše uronjen u vodu, i B težište uronjenog trokuta (slika).



[3 boda]

Neka je Vobujam daske, ρ_s gustoća daske i ρ_0 gustoća vode.

Težina daske je $W_s = V\rho_s g = V\frac{\rho_s}{\rho_0}g\rho_0$. **[2 boda]**

Sila uzgona je $F_u = 0.5V\rho_0 g$. **[2 boda]**

Na dasku djeluju te dvije sile i sila napetosti niti $\boldsymbol{T}$ a da bi daska mirovala njihovi zakretni momenti oko točke A se moraju poništavati. **[2 boda]**

Budući da vrijedi $AB = \frac{2}{3}AC$, izjednačavanjem se dobiva: **[3 boda]**

$V\frac{\rho_s}{\rho_0}g\rho_0\overline{\mathrm{AC}}\cos\alpha = 0.5V\rho_0 g\overline{AB}\cos\alpha,$ **[3 boda]**

odnosno :

$\frac{\rho_s}{\rho_0} = \frac{1}{3}.$ **[2 boda]**

(α je kut trokuta kod vrha A).

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Stubičke toplice, 05. - 08. svibnja 2014.

srednje škole - 3. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK
(30 bodova)

Pribor: Dinamometar, nosač utega s utegom, stativni pribor.

Zadatak: Prigušeno titranje

Postavite stativni pribor tako da dinamometar može slobodno visjeti na šipki. Ne pokušavajte učvrstiti dinamometar tako da bude nepomičan jer nećete dobiti dobra mjerenja.

Na dinamometar objesite nosač utega s utegom. Podjela na dinamometru je u centimetrima. Vrijednosti u Newtonima su prikrivene i ako nekako uspijete očitati težinu utega s dinamometra rezultati se neće uvažavati.

Napravite mjerenja za različite početne amplitude počevši od 1,5 cm i povećavajte ih za 0,5 cm sve do 4 cm. Brojite broj titraja koje napravi uteg do zaustavljanja. Ako ste uteg povukli prema dolje ne morate uzimati da su amplitude negativne, već pozitivne (gornja amplituda). (4 boda)

Izračunati pogreške (samo za mjerenja broja titranja). (2 boda)

(preciznost mjerenja 2 boda)

Grafički prikazati na milimetarskom papiru kako početne amplitude ovise o vremenu zaustavljanja. (Samo gornje amplitude) (9 bodova)

Na milimetarskom papiru iz dobivenih podataka nacrtati krivulju koja pokazuje kako se amplituda titranja smanjuje s vremenom. Za početnu amplitudu uzmite 4 cm. (Samo za gornje amplitude). Takva krivulja zove se anvelopa. (6 bodova)

Naći koeficijent prigušenja. (6 bodova)

Kako težina utega utječe na period titranja utega? Obrazložiti. (1 bod)

Napomena: Kod prigušenog titranja amplituda se smanjuje eksponencijalno s vremenom. Elongacija titranja dana je izrazom:

$$s = Ae^{-\beta t}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_o\right)$$

A je početna amplituda, β je koeficijent prigušenja, φ_o je početni fazni kut, t je vrijeme,T je period titranja. Kod prigušenog titranja period titranja nije jednak periodu titranja T_o kod neprigušenog titranja. Međutim, ako je koeficijent prigušenja mali (kao što je slučaj kod ovih mjerenja) $T \approx T_o$. Pogreška je manja od 1%.

Želimo vam puno uspjeha u rješavanju.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Stubičke toplice, 05. - 08. svibnja 2014.

srednje škole - 3. grupa

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

Mjerenje broja titranja za različite amplitude

U ovom rješenju dan je primjer za jedan dinamometar. Svaki dinamometar ima drugačiji koeficijent prigušenja i rezultati nisu isti za druge dinamometre.

Za svaku zadanu amplitudu trebalo je nekoliko puta ponoviti mjerenja i izračunati srednju vrijednost.

s_o/cm	1,5		2		2,5		3		3,5		4	
	N	ΔN	N	ΔN	N	ΔN	N	ΔN	N	ΔN	N	ΔN
	12	1,0	19	0,3	22	0,9	27	0,3	28	2,1	33	0,7
	13	0,0	19	0,3	23	0,1	26	0,7	31	0,9	35	1,3
	12	1,0	19	0,3	21	1,9	27	0,3	30	0,1	34	0,3
	13	0,0	18	0,7	25	2,1	27	0,3	31	0,9	34	0,3
	13	0,0	19	0,3	23	0,1	28	1,3	30	0,1	33	0,7
	15	2,0	19	0,3	22	0,9	26	0,7	30	0,1	33	0,7
	13	0,0	18	0,7	24	1,1	26	0,7	31	0,9	34	0,3
$\overline{s_o}\,/\,cm$	**13,0**	**15%**	**18,7**	**4%**	**22,9**	**8%**	**26,7**	**5%**	**30,1**	**7%**	**33,7**	**4%**

(6 boda)

Ovisnost amplituda titranja o vremenu zaustavljanja

Treba izračunati period titranja utega na dinamometru. Na dinamometru potrebno je očitati za koliko se produlji opruga kada uteg objesimo na dinamometar.

Opruga se produlji za $\Delta l = 0{,}055 cm$.

Period titranja harmonijskog oscilatora:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$ (1 bod)

m je masa utega, k konstanta elastičnosti opruge.

Kada uteg visi na opruzi prema dolje na uteg djeluje sila teža, a prema gore elastična sila. Rezultantna sila je nula.

$$G = -F'_{el}$$ (1 bod)

G je težina utega:

$$G = mg$$

g je ubrzanje tijela kod slobodnog pada

$$g = 9{,}81 m/s^2$$

F'$_{el}$ elastična sila:

$$F'_{el} = -k\Delta l$$ (1 bod)

Konstanta elastičnosti biti će:

$$k = \frac{mg}{\Delta l}$$

Period titranja biti će:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$$

Period titranja je:

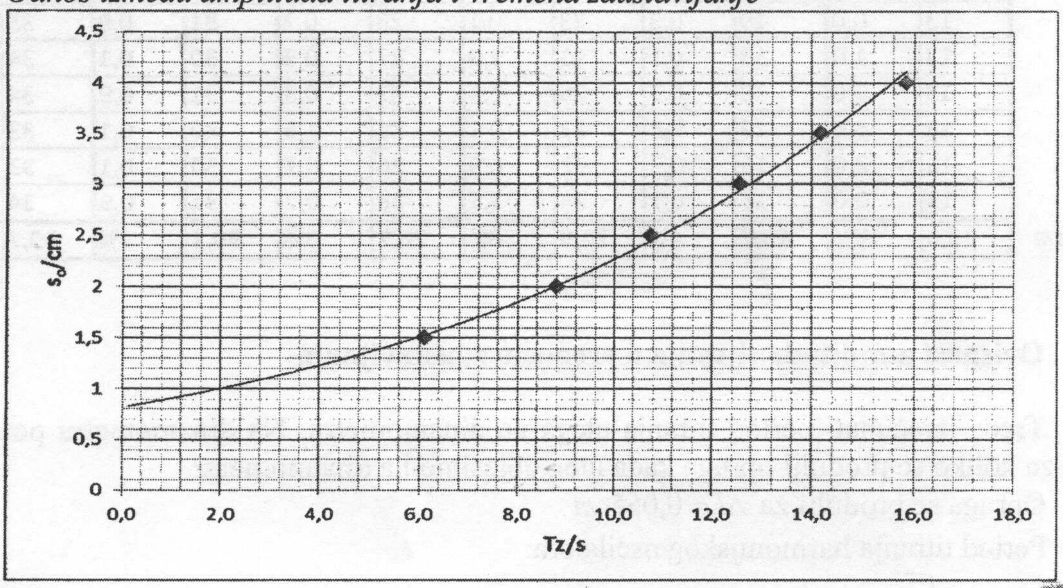
$T = 0{,}47s$ (2 boda)

Ako broj titranja do zaustavljanja pomnožimo s periodom titranja dobit ćemo vrijeme za koje se uteg zaustavio za različite amplitude.

so/cm	N	t_z/s
1,5	13,0	6,1
2	18,7	8,8
2,5	22,9	10,7
3	26,7	12,6
3,5	30,1	14,2
4	33,7	15,9

(1 bod)

Odnos između amplituda titranja i vremena zaustavljanje



(3 boda)

Smanjenje amplitude s vremenom

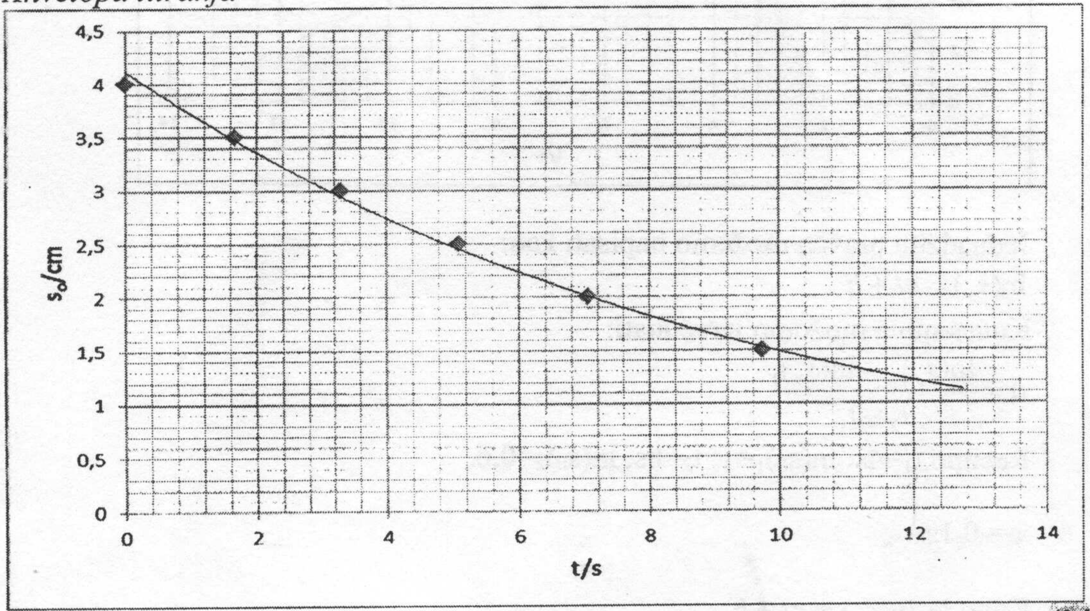
Da bi se nacrtala anvelopa treba uzeti najveću amplitudu 4 cm kao početnu amplitudu A. Početno vrijeme je nula. Ako uteg počinje titrati s amplitudom 4 cm nakon nekog vremena amplituda će se smanjiti na 3,5 cm. Vrijeme od te amplitude do zaustavljanja isto je kao i vrijeme zaustavljanja kada tijelo pustimo titrati s početnom amplitudom 3,5 cm. Vrijeme za koje će amplituda biti 3,5 cm dobit ćemo tako da od vremena zaustavljanja s amplitudom 4 cm oduzmemo vrijeme zaustavljanja s amplitudom 3,5 cm. Tako možemo dobiti i vrijeme kada će uteg početi titrati s drugim amplitudama. (2 boda)

Napomena: Kada uteg pustimo da titra s amplitudom 4 cm možda uopće neće imati amplitudu 3,5 cm (ili neku drugu s kojima ste mjerili). Međutim točka za 3,5 cm nalazit će se na anvelopi. Kada bi pustili uteg da titra s amplitudom 4 cm pa onda s amplitudom od 3,5 cm titranje bi se razlikovalo u početnoj fazi titranja.

so/cm	t/s
4	0,0
3,5	1,7
3	3,3
2,5	5,1
2	7,1
1,5	9,7

(1 bod)

Anvelopa titranja



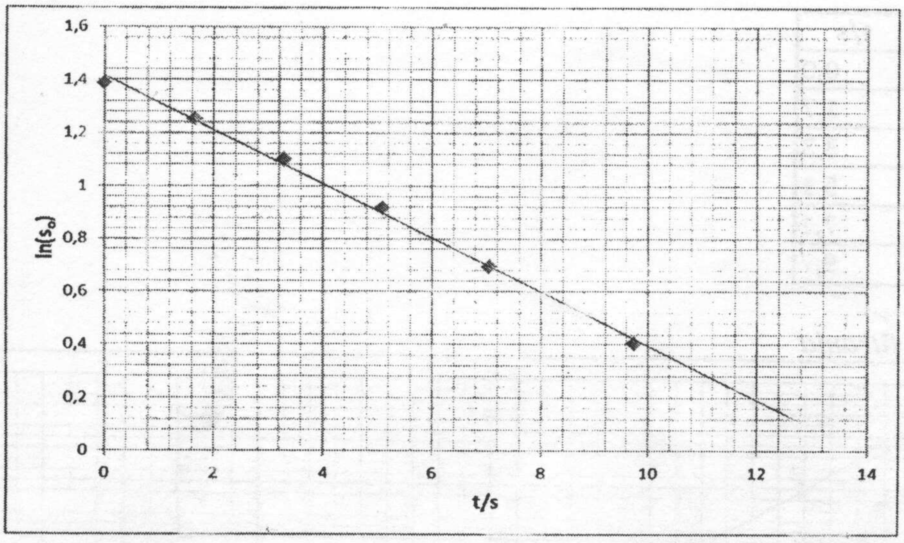
(3 boda)

Koeficijent prigušenja

Koeficijent prigušenja može se dobiti grafički. Pošto se anvelopa smanjuje eksponencijalno, $\ln(s_o)$ u ovisnosti o vremenu trebao bi biti pravac.

t/s	$\ln(s_o)$
0,0	0,41
1,7	0,69
3,3	0,92
5,1	1,10
7,1	1,25
9,7	1,39

(2 boda)



Jednadžbu pravca možemo napisati kao:

$\ln(s_o) = at + b$

Konstantu a možemo izračunati:

$$a = \frac{\ln(s_o)_2 - \ln(s_0)_1}{t_2 - t_1}$$

Recimo t_1=4s, $\ln(s_0)_1$=1; t_2=8s, $\ln(s_0)_2$=0,6.

a=-0,1s^{-1}

Kako je $\ln(s_o) = at + b$

$s_o = e^{at+b} = e^b e^{at} = Ae^{-\beta t} \qquad \beta = -a$

$\beta = 0{,}1 s^{-1}$ **(4 bodova)**

Rezultat se može dobiti i iz izraza

$s_o = Ae^{-\beta t}$

$$\beta = -\frac{\ln\left(\frac{s_o}{A}\right)}{t}$$

međutim, moguće su veće pogreške.

Težina utega ne utječe na period titranja već samo masa. Kada se uteg objesi na oprugu prema dolje na uteg djeluje sila teža, a prema gore elastična sila opruge.

$G = -F'_{el}$

Pomaknemo li uteg iz ravnotežnog položaja djelovat će sila:

$G + F = -F'_{el} - F_{el}$

F je sila kojom smo djelovali na uteg. F'_{el} je povećanje elastične sile.

Pustimo li uteg titrati u svakom trenutku sila teža koja djeluje na uteg G i elastična sila F'_{el} će se poništavati, pa je sila koja uzrokuje titranje sila F_{el} koja se mijenja s elongacijom.

$F = -F_{el}$

$F_{el} = -ks$

Vodoravno položena opruga s utegom koji se po podlozi giba bez trenja titrat će istim periodom kao i obješena opruga.

(1bod)

(preciznost mjerenja 2 boda)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Stubičke Toplice, 5.-8. svibnja 2014.

Srednje škole - 4. grupa

1. zadatak (20 bodova)

Na male predmete može se djelovati silom osvjetljavajući ih nehomogenim laserskim svjetlom, što se često koristi i u biofizici kada na željena mjesta u primjerice stanicama treba postaviti ili pomicati prozirne sitne predmete. Proučite taj koncept računajući silu na uspravnu trostranu prizmu čija je visina b=1mm, a baza jednakokračan trokut čiji je tupi kut 120° i najdulja stranica $2h$=0,02mm. Prizma je od stakla gustoće 2,5g/cm^3 i indeksa loma n=1,5 te se nalazi u zraku indeksa loma 1. Premazana je antirefleksijskim slojem koji osigurava da sva svjetlost prolazi lomeći se bez refleksije. Postavljena je svojom visinom b u horizontalnom smjeru, a stranica $2h$ je u vertikalnom. Laserski snop širi se u horizontalnom smjeru i upada okomito na visinu b na stranu na kojoj je tupi kut, a dimenzije snopa su 1mm u horizontalnom smjeru i 0,08mm u vertikalnom smjeru. Intenzitet laserskog snopa u njegovom središtu je najveći i iznosi I_0, a s udaljenosti od sredine u vertikalnom smjeru opada linearno tako da na udaljenosti $4h$ i $-4h$ pada na nulu, dok mu se u horizontalnom smjeru intenzitet ne mijenja.

a) Izvedi izraz za horizontalnu i vertikalnu komponentu svjetlosne sile na prizmu u ovisnosti o vertikalnom pomaku brida uz tupi kut prizme za y (y<$3h$) od središta snopa i skiciraj te ovisnosti!

b) Kolika je potrebna snaga snopa da bi se prizmu držalo u gravitacijskom polju Zemlje jakosti g=9,81m/s^2 kada je njen brid uz tupi kut pomaknut prema dolje na udaljenost y=$-h$/2=-0,005mm od središta laserskog snopa.

c) Kako biste drugim laserskim snopom na najjednostavniji način uravnotežili horizontalnu svjetlosnu silu ne utječući na vertikalnu? Ne treba računati, nego samo obrazložiti.

2. zadatak (18 bodova)

Okretanjem kristalića bakra mjeri se ovisnost intenziteta difraktiranog snopa o kutu pod kojim je obasjana površina i tako snima difrakcijska slika. Valna duljina zračenja je 154,05pm. Prvi se maksimum javlja za kut između upadne zrake i površine od 12°19'.

a) Koliki je razmak među ravninama atoma na kojima se događa ova difrakcija?

b) Prilikom difrakcije na kristalima nanometarskih veličina difrakcijska linija (ovisnost intenziteta o kutu) proširuje se zbog difrakcije na konačnom broju atomskih ravnina. Izračunaj dimenzije kockastog nano-kristala ako je izmjereno da intenzitet postupno padne na nulu tek kad se kut promijeni za 27' s obzirom na položaj razmatranog maksimuma?

c) Drugi razlog širenja difrakcijske linije jest izobličenje kristala. Pretpostavite da je kristal savinut tako da su atomi umjesto u ravnini smješteni na valjkastu plohu (uzmite najjednostavniji slučaj: os valjka okomita je na snop zračenja). Koliki je polumjer zakrivljenosti izobličenja atomskih ravnina ako se istom maksimumu istog nano-kristala difrakcijska linija zbog izobličenja proširi za dodatnih 11' sa svake strane maksimuma.

U nanokristalnim materijalima obično se javljaju proširenja iz oba, ali i drugih razloga, što analizu čini vrlo složenom.

3. zadatak (17 bodova)

Tipična nuklearna elektrana ima korisnost 1/3 i proizvodi električnu snagu 1000MW. Do fisije urana dolazi nakon što jezgra ^{235}U apsorbira spori neutron. Među fisijskim produktima pronađeno je preko 100 različitih nuklida.

a) Napiši jednadžbu reakcije pri kojoj fisijom nastaje jezgra ^{140}Xe te osim druge jezgre nastaju i dva brza neutrona kinetičke energije 1MeV. Zanemarivši početnu brzinu apsorbiranog neutrona izračunaj energiju oslobođenu u jednoj reakciji! Masa jezgre ^{235}U je 235,043923u, jezgre ^{140}Xe 139,921636u, a masa druge nastale jezgre 93,915360u. Vrijeme poluraspada je mnogo dulje od godine dana.

b) Nakon apsorpcije sporog neutrona (prije nego se dalje raspadne na navedeni način) jezgra ^{235}U se mijenja i postaje pobuđena. Kolika je energija pobuđenja novonastale jezgre ako je njena masa u osnovnom stanju 236,045562u i koja je to jezgra?

c) ^{140}Xe nije stabilna jezgra, već se uzastopnim β^- rapadima prevodi do Ce. Napiši jednadžbe tih raspada! Nakon fisije svake jezgre ^{235}U oslobađa se još ukupno 15MeV pri nizu ovih β^- rapada. Dok je fisiju jezgara ^{235}U moguće kontrolirati i zaustaviti ubacivanjem kontrolnih šipki koje apsorbiraju neutrone, ove β^- raspade nije moguće zaustaviti. Kolika se snaga oslobađa u trenutku nakon zaustavljanja fisije urana? Nemogućnost odvođenja tolike snage bila je uzrokom taljenja/zapaljenja reaktora nuklearke *Otok tri milje* 1979., *Černobil* 1986. i *Fukushima* 2011. godine.

d) Kolika je godišnja potrošnja urana u navedenoj elektrani?

4. zadatak (15 bodova)

Higgsov bozon otkriven je prošle godine u sudarima protona visokih energija na velikom hadronskom sudarivaču u CERN-u.

a) U tom sudarivaču protoni su ubrzani na energiju 7 TeV i dva snopa kruže u suprotnim smjerovima po kružnim stazama opsega 27 km. Obrazloži zašto je takav sudar energijski prikladniji za proizvodnju novih čestica nego kad bi snop dvostruko veće energije protona nalijetao na mirujuće protone! Koliko puta u sekundi proton obiđe taj opseg? Svaki snop sadrži 2808 nakupina (*bunch*), a svaki *bunch* sadrži $1.15\cdot 10^{11}$ protona. Kolika je energija pohranjena u cijelom prstenu ubrzivača i kolika je električna struja protona u svakom smjeru? Koliko je puta energija ubrzanog protona veća od energije mirovanja? Koliko vremena traje obilazak opsega putanje mjereno u sustavu protona?

b) Tek pri tako visokim energijama mogu se pobuditi određene reakcije među kvarkovima i gluonima protona, te izazvati nastanak Higgsova bozona. Pritom je uočeno da dva nova izletjela protona putuju u suprotnim smjerovima i jednakim iznosima brzina. Higgsov bozon se ne može neposredno detektirati jer se vrlo brzo raspada na mnogo načina. Jedan relativno malo zastupljen, ali za analizu jako važan način je raspad na dva fotona. Precizno je izmjerena količina gibanja fotona $3.33\cdot 10^{-17}$ kgms^{-1}. Kolika je masa Higgsova bozona u GeV? Ustanovljena je širina energije (neodređenost energije) Higgsova bozona od 4,21 MeV u skladu sa Standardnim modelom elementarnih čestica. Koliko je vrijeme poluraspada Higgsova bozona?

Koristan izraz: $(1+x)^n \approx 1+nx$ za $x<<1$

Konstante:

- brzina svjetlosti $c=3\cdot 10^8$ m/s
- Planckova konstanta $h=6{,}626\cdot 10^{-34}$ Js
- elementarni naboj $e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ C
- masa protona $m_p=1.67262178\cdot 10^{-27}$ kg
- masa neutrona $m_n= 1.67492735\cdot 10^{-27}$ kg
- masa elektrona $m_e= 9.10938291\cdot 10^{-31}$ kg
- unificirana atomska jedinica mase $u=1{,}66056\cdot 10^{-27}$ kg

PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

http://www.periodni.com/hr/

OZNAČAVANJE SKUPINE IUPAC PREPORUKA (1985.) — 13

OZNAČAVANJE SKUPINE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986.) — IIIA

ATOMSKI BROJ — 5

RELATIVNA ATOMSKA MASA (2) — 10.811

SIMBOL — B

NAZIV ELEMENTA (1) — BOR

SKUPINA

PERIODA	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 H VODIK																	2 4.0026 He HELIJ
2	3 6.941 Li LITIJ	4 9.0122 Be BERILIJ											5 10.811 B BOR	6 12.011 C UGLJIK	7 14.007 N DUŠIK	8 15.999 O KISIK	9 18.998 F FLUOR	10 20.180 Ne NEON
3	11 22.990 Na NATRIJ	12 24.305 Mg MAGNEZIJ											13 26.982 Al ALUMINIJ	14 28.086 Si SILICIJ	15 30.974 P FOSFOR	16 32.065 S SUMPOR	17 35.453 Cl KLOR	18 39.948 Ar ARGON
4	19 39.098 K KALIJ	20 40.078 Ca KALCIJ	21 44.956 Sc SKANDIJ	22 47.867 Ti TITANIJ	23 50.942 V VANADIJ	24 51.996 Cr KROM	25 54.938 Mn MANGAN	26 55.845 Fe ŽELJEZO	27 58.933 Co KOBALT	28 58.693 Ni NIKAL	29 63.546 Cu BAKAR	30 65.38 Zn CINK	31 69.723 Ga GALIJ	32 72.64 Ge GERMANIJ	33 74.922 As ARSEN	34 78.96 Se SELENIJ	35 79.904 Br BROM	36 83.798 Kr KRIPTON
5	37 85.468 Rb RUBIDIJ	38 87.62 Sr STRONCIJ	39 88.906 Y ITRIJ	40 91.224 Zr CIRKONIJ	41 92.906 Nb NIOBIJ	42 95.96 Mo MOLIBDEN	43 (98) Tc TEHNECIJ	44 101.07 Ru RUTENIJ	45 102.91 Rh RODIJ	46 106.42 Pd PALADIJ	47 107.87 Ag SREBRO	48 112.41 Cd KADMIJ	49 114.82 In INDIJ	50 118.71 Sn KOSITAR	51 121.76 Sb ANTIMON	52 127.60 Te TELURIJ	53 126.90 I JOD	54 131.29 Xe KSENON
6	55 132.91 Cs CEZIJ	56 137.33 Ba BARIJ	57-71 La-Lu Lantanoidi	72 178.49 Hf HAFNIJ	73 180.95 Ta TANTAL	74 183.84 W VOLFRAM	75 186.21 Re RENIJ	76 190.23 Os OSMIJ	77 192.22 Ir IRIDIJ	78 195.08 Pt PLATINA	79 196.97 Au ZLATO	80 200.59 Hg ŽIVA	81 204.38 Tl TALIJ	82 207.2 Pb OLOVO	83 208.98 Bi BIZMUT	84 (209) Po POLONIJ	85 (210) At ASTAT	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIJ	88 (226) Ra RADIJ	89-103 Ac-Lr Aktinoidi	104 (267) Rf RUTHERFORDIJ	105 (268) Db DUBNIJ	106 (271) Sg SEABORGIJ	107 (272) Bh BOHRIJ	108 (277) Hs HASSIJ	109 (276) Mt MEITNERIJ	110 (281) Ds DARMSTADTIJ	111 (280) Rg RENDGENIJ	112 (285) Cn KOPERNICIJ	113 (...) Uut UNUNTRIJ	114 (287) Fl FLEROVIJ	115 (...) Uup UNUNPENTIJ	116 (291) Lv LIVERMORIJ	117 (...) Uus UNUNSEPTIJ	118 (...) Uuo UNUNOKTIJ

LANTANOIDI

57 138.91 La LANTAN	58 140.12 Ce CERIJ	59 140.91 Pr PRASEODIMIJ	60 144.24 Nd NEODIMIJ	61 (145) Pm PROMETIJ	62 150.36 Sm SAMARIJ	63 151.96 Eu EUROPIJ	64 157.25 Gd GADOLINIJ	65 158.93 Tb TERBIJ	66 162.50 Dy DISPROZIJ	67 164.93 Ho HOLMIJ	68 167.26 Er ERBIJ	69 168.93 Tm TULIJ	70 173.05 Yb ITERBIJ	71 174.97 Lu LUTECIJ

AKTINOIDI

89 (227) Ac AKTINIJ	90 232.04 Th TORIJ	91 231.04 Pa PROTAKTINIJ	92 238.03 U URANIJ	93 (237) Np NEPTUNIJ	94 (244) Pu PLUTONIJ	95 (243) Am AMERICIJ	96 (247) Cm KURIJ	97 (247) Bk BERKELIJ	98 (251) Cf KALIFORNIJ	99 (252) Es EINSTEINIJ	100 (257) Fm FERMIJ	101 (258) Md MENDELEVIJ	102 (259) No NOBELIJ	103 (262) Lr LAWRENCIJ

(1) Hrvatska nomenklatura anorganske kemije, ed. V. Simeon, Školska knjiga, Zagreb, 1996.

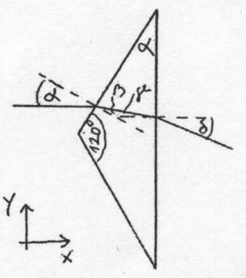
(2) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009) Relativne atomske mase izražene su s pet značajnih znamenki. Za elemente koji nemaju stabilnih nuklida u zagradama je dan maseni broj najstabilnijeg izotopa. Izuzetak su torij, protaktinij i uranij koji imaju karakterističan izotopski sastav na Zemlji.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

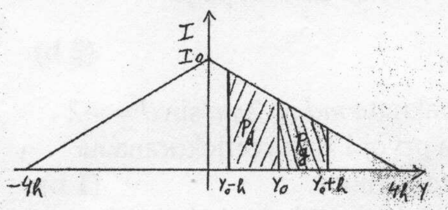
Stubičke Toplice, 5.-8. svibnja 2014.

Srednje škole - 4. grupa – Rješenja i bodovanje

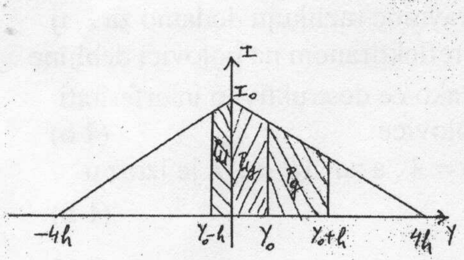
1. zadatak (20 bodova)



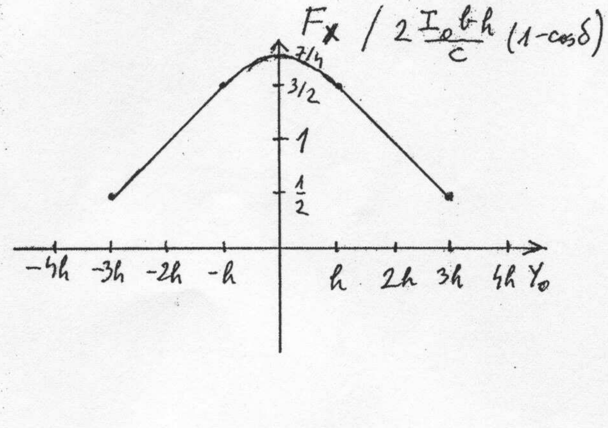
a) Prijenos impulsa sile ovisi o kutu skretanja svjetlosti. Iz zakona loma $n\sin\beta = \sin\alpha$, gdje je kut upada na staklo α jednak šiljastom kutu prizme 30º, slijedi β=19,47º pa je kut upada na drugu plohu $\gamma = \alpha - \beta$=10.53º iz čega se dobije kut δ=15.9º, što je ujedno i ukupni kut skretanja zrake. **(1 b)**
U jedinici vremena dolazi *n* fotona količine gibanja *E/c*, a izlazna količina gibanja mu je $E/c\cdot\cos\delta$ u horizontalnom i $-E/c\cdot\sin\delta$ u vertikalnom smjeru. **(1 b)**
Snaga kojom je obasjana gornja polovica prizme je $P_g=n\cdot E$, **(1 b)**
pa je sila na gornji dio prizme (suprotna od promjene količine gibanja fotona) $\boldsymbol{F}_g=P_g/c((1-\cos\delta)\ \mathbf{i} + \sin\delta\ \mathbf{j})$. **(1 b)**
Analogno je na donji dio prizme $\boldsymbol{F}_d=P_d/c((1-\cos\delta)\ \mathbf{i} - \sin\delta\ \mathbf{j})$. **(1 b)**
Ukupna je sila $\boldsymbol{F}=[(P_g+P_d)(1-\cos\delta)\ \mathbf{i} + (P_g-P_d)\sin\delta\ \mathbf{j}]/c$. **(1 b)**

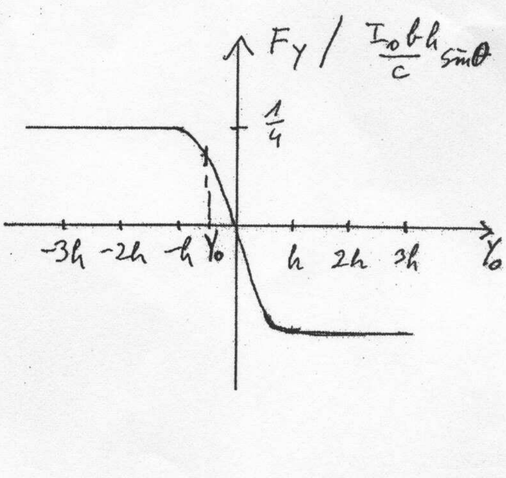


Doprinos upadne snage na element površine ΔS je $\Delta P=I\cdot\Delta S=I\cdot b\Delta y$. Ukupna snaga $b\sum I\cdot\Delta y$ je ustvari površina trapeza u $I(y)$ grafu pomnožena s b. Budući da intenzitet nije homogen, potrebno je uzeti ovisnost intenziteta o y zadanu kao $I=I_0(1-y/4h)$ za $0\leq y\leq 4h$ i $I=I_0(1+y/4h)$ za $-4h\leq y\leq 0$. **(1 b)**
Vrh prizme pomaknut je za y_0 od osi laserskog snopa.
Za slučaj da je cijela prizma u gornjem dijelu snopa ($h\leq y_0\leq 3h$):



$P_g=b\cdot I(y_0+h/2)\cdot h=bhI_0(7/8-y_0/4h)$ i **(1 b)**
$P_d=b\cdot I(y_0-h/2)\cdot h=bhI_0(9/8-y_0/4h)$, pa je sila **(1 b)**
$F_x = 2bhI_0(1-y_0/4h)(1-\cos\delta)/c$ i $F_y = -bhI_0\sin\delta/4c$. **(1 b)**
Za slučaj da je dio donjeg dijela prizme u donjem dijelu snopa ($0\leq y_0\leq h$):
$P_g=b\cdot I(y_0+h/2)\cdot h=bhI_0(7/8-y_0/4h)$, **(1 b)**
dok P_d rastavljamo na dijelove koji dolaze od gornjeg dijela snopa i donjeg dijela snopa:
$P_d=P_{dg}+P_{dd} = b\cdot I(y_0/2)\cdot y_0+b\cdot I((h-y_0)/2)\cdot(h-y_0)=b\cdot y_0\cdot I_0\cdot(1-y_0/8h)+b\cdot(h-y_0)\cdot I_0\cdot(1-(h-y_0)/8h)=$
$b\cdot h\cdot I_0\cdot(7/8+y_0/4h-y_0^2/4h^2)$ **(1 b)**
Sila je $F_x = bhI_0(7/4-y_0^2/4h^2)(1-\cos\delta)/c$ i $F_y = -bhI_0\cdot(y_0/2h)\cdot(1- y_0/2h)\cdot\sin\delta/c$. **(1 b)**

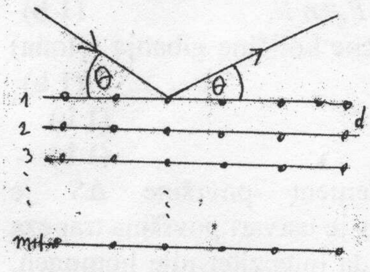




(1 b)

b) Za negativne pomake y_0 rješenje je simetrično ovome gore, pa izračunamo F_y ($y_0=h/2$) i uzmemo obrnut predznak. Tako je $F_y = bhI_0\cdot(1/4)\cdot(1-1/4)\cdot\sin\delta/c$. **(2 b)**
Težina prizme je $mg=\rho Vg=\rho\cdot g\cdot b\cdot h\cdot h\cdot \mathrm{tg}30^\circ=1{,}42\cdot10^{-9}$N, što treba izjednačiti s F_y pa se dobije $I_0=16mgc/3bh\sin\delta=8.27\cdot10^{8}\,\mathrm{W/m^2}$. **(1 b)**
Srednji intenzitet je $I_0/2$ pa je ukupna snaga $P=I_0/2\cdot b\cdot 8h=33{,}08$W **(1 b)**
c) Horizontalna sila može se uravnotežiti homogenim horizontalnim snopom iz suprotnog smjera jer on neće proizvesti vertikalnu silu koliku god horizontalnu proizvodili podešavanjem intenziteta. **(2 b)**

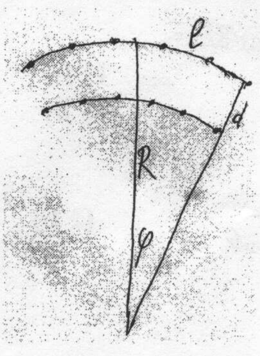
2. zadatak (18 bodova)



a) Braggova jednadžba glasi $2d\sin\theta = k\lambda$, gdje je λ valna duljina zračenja, d je razmak među ravninama, a θ kut između upadne zrake i površine. **(2 b)**
Maksimum pod najmanjim kutem pojavit će se za k=1, pa je

$$d = \frac{\lambda}{2\sin\theta} = 361{,}0\mathrm{pm}$$ **(2 b)**

b) Za prvi maksimum je $2d\sin\theta = \lambda$. Pri istom kutu za ravnine razmaknute md je $2md\sin\theta = m\lambda$. Ako je m ukupni broj razmaka među ravninama, zraka reflektirana na prvoj i zraka reflektirana na zadnjoj ravnini stoga također doprinose Braggovu maksimumu pri istom kutu. **(1 b)**
Prvi minimum pri kutu $\theta+\Delta\theta$ javlja se kada se zrake s prve i zadnje ravnine razlikuju dodatno za λ, tj. kada je $2md\sin(\theta+\Delta\theta) = m\lambda + \lambda$ jer će tada prva zraka sa zrakom reflektiranom na polovici debljine interferirati destruktivno budući da se razlikuju u putu za $\lambda/2$, a isto tako će destruktivno interferirati sve zrake iz gornje polovice kristala s pripadnom zrakom iz donje polovice. **(4 b)**
Oduzimanjem te dvije jednadžbe dobije se $2md(\sin(\theta+\Delta\theta) - \sin\theta) = \lambda$, a za $\Delta\theta << \theta$ je izraz u zagradi $\Delta\theta\cos\theta$, gdje je $\Delta\theta=0{,}00785$rad **(1 b)**
Stoga je debljina (dimenzija) kristalića $D = md = \dfrac{\lambda}{2\Delta\theta\cos\theta}$ =10,04nm. **(3 b)**



c) Okretanjem kristala za φ na obje strane događat će se još uvijek difrakcija, pa polovica duljine nano-kristala daje luk l povezan s polumjerom zakrivljenosti R, tako da je $l=R\,\varphi$, gdje je φ=0,0032rad. Stoga je polumjer $R=l/\varphi=D/2\varphi$=1569nm. **(5 b)**

3. zadatak (17 bodova)

a) Jednadžba fisije: ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \to {}^{140}_{54}\mathrm{Xe} + {}^{94}_{38}\mathrm{Sr} + 2\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$ **(2 b)**

Oslobođena energija: $\Delta E = (m_{\mathrm{U}} + m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Xe}} - m_{\mathrm{Sr}} - 2m_{\mathrm{n}})c^2 = 2{,}96 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{J} = 185\mathrm{MeV}$ **(2 b)**

b) Apsorpcija neutrona: ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \to {}^{236}_{92}\mathrm{U}^*$, gdje * označava da je nastala pobuđena jezgra energije više od energije osnovnog stanja za iznos energije pobuđenja koja prema zakonu očuvanja energije iznosi $E^* = (m_{\mathrm{U}235} + m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{U}236})c^2 = 1{,}05 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J} = 6{,}563\mathrm{MeV}$, gdje su $m_{\mathrm{U}235}$ i $m_{\mathrm{U}236}$ mase nepobuđenih jezgara. **(4 b)**

c) Niz β^- raspada od Xe do Ce:

${}^{140}_{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{55}\mathrm{Cs} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{56}\mathrm{Ba} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{57}\mathrm{La} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{58}\mathrm{Ce}$ **(3 b)**

Odnos snage oslobođene β^- raspadima i ukupne oslobođene snage je $\frac{P_\beta}{P} = \frac{15\mathrm{MeV}}{(15+185)\mathrm{MeV}}$ gdje je 15MeV energija oslobođena u jednom nizu β^- raspada, a (15+185)MeV ukupna energija oslobođena fisijom jedne jezgre urana i β^- raspadima. **(2 b)**

Slijedi $P_\beta = \frac{15}{200} P = \frac{15}{200} \cdot 3000\mathrm{MW} = 225\mathrm{MW}$, gdje je 3000MW izračunato iz proizvedene električne snage od 1000MW uz korisnost 1/3. **(2 b)**

d) Broj jezgara urana raspadnutih u godinu dana je $\frac{3000\mathrm{MW} \cdot 1\mathrm{god}}{200\mathrm{MeV}} = 2{,}96 \cdot 10^{27}$ **(1 b)**

Masa tih jezgara je $2{,}96 \cdot 10^{27} \cdot 235{,}0439u = 1155\mathrm{kg}$. **(1 b)**

4. zadatak (15 bodova)

a) Sudar u kojem središte mase miruje ima najveću energiju na raspolaganju za tvorbu novih čestica jer nakon sudara nastale čestice ne moraju odnijeti dio energije putem gibanja. **(2 b)**

Iz $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ dobije se $v \approx c$ (na devet decimalnih mjesta), **(1 b)**

pa je vrijeme obilaska putanje $T = l/v = 90\mu\mathrm{s}$, odnosno 11111 obilazaka u sekundi. **(1 b)**

Ukupna pohranjena energija snopova je 723,3MJ. **(1 b)**

Struja je naboj po jedinici vremena $I = Ne/T = 0{,}204\mathrm{mA}$. **(1 b)**

$E/mc^2 = 7438$. **(1 b)**

Vlastito vrijeme obilaska protona $T' = T\sqrt{1 - v^2/c^2} = T\frac{mc^2}{E} = 90\,\mu\mathrm{s}/7438 = 12{,}1\mathrm{ns}$ **(2 b)**

b) Budući da nastali protoni imaju ukupnu količinu gibanja nula, kao i oni prije reakcije, to znači da Higgsov bozon miruje. **(2 b)**

On se raspada na dva fotona, koji odlete istim količinama gibanja odnosno energijama, pa je energija mirujućeg Higgsova bozona $E_{\mathrm{H}} = 2 \cdot E_{\mathrm{f}} = 2 \cdot p \cdot c = 2 \cdot 10^{-8}\mathrm{J} = 125\mathrm{GeV}$. **(2 b)**

Iz relacije neodređenosti $\tau \cdot \Delta E = \hbar$ slijedi vrijeme poluraspada $\tau = 1.56 \cdot 10^{-22}\mathrm{s}$. **(2 b)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Stubičke Toplice, 5. – 8. svibnja 2014.

Srednje škole – 4. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Pribor:

- svijeća
- ravnalo, kratko
- ravnalo, dugo
- mjerna vrpca
- kvadrat platna marame
- leća
- četiri kvačice za rublje
- škare
- bijeli papir A4
- srednje tvrdi karton
- prozirnica
- tri flomastera u boji
- selotejp
- šibice

Zadatak:

1. Odredite valnu duljinu svjetlosti pomoću naznačenog pribora tako da:

I.

a) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka .... 2 boda
b) napravite odgovarajuću skicu s naznačenim fizikalnim veličinama 2 boda
c) ukratko opišete način vršenja mjerenja .... 2 boda
d) tablično prikažete rezultate za minimalno pet mjerenja s istom pukotinom .... 3 boda
e) provedete račun pogreške koji uključuje srednju vrijednost, maksimalno pojedinačno odstupanje, maksimalnu relativnu pogrešku i zapis točnog rezultata. .... 4 boda

II.

f) ponovite eksperimentalni postupak iz prvog zadatka za svjetlost propuštenu kroz dva različita filtra:
- uz opis kako ste pripremili filtre .... 2 boda
- tablični prikaz rezultata mjerenja .... 3 boda
- proveden račun pogreške .... 4 boda

III.

g) analizirate dobivene eksperimentalne rezultate:
- odredite utjecaj širine pukotine na rezultate mjerenja .... 2 boda
- što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata 3 boda
- eksperimentalni rezultati u odnosu na teorijske vrijednosti .... 3 boda

---

Ukupno: .... **30 bodova**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Stubičke Toplice, 5. – 8. svibnja 2014.

Srednje škole – 4. grupa

Eksperimentalni zadatak - rješenje

1. Odredite valnu duljinu svjetlosti pomoću naznačenog pribora tako da:
I.

a) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka ... 2 boda

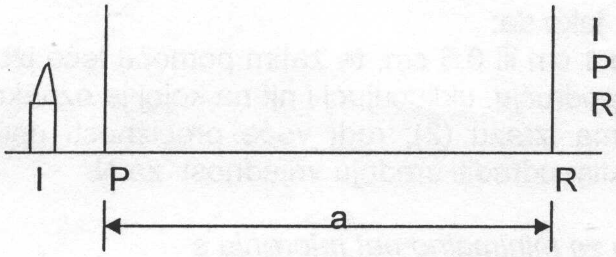
Obzirom da je izvor svjetlosti svijeća, u zadatku pod I. načelno određujemo valnu duljinu kontinuiranog spektra tako da koristimo optičku rešetku kroz koju promatramo usku pukotinu iza koje se nalazi naš izvor svjetlosti:

$$n\lambda = (d \cdot s) / a \qquad (1)$$

$n = 1,2,3$ - redni broj opažanog maksimuma na ogibnoj slici

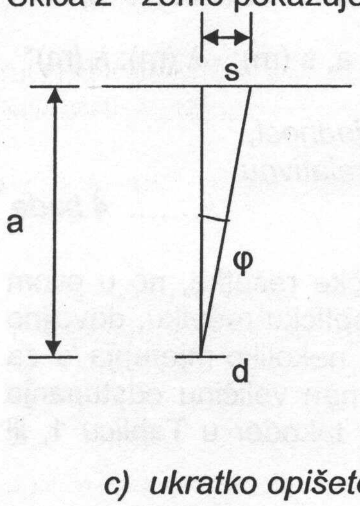
b) napravite odgovarajuću skicu s naznačenim fizikalnim veličinama ... 2 boda

Skica 1- pokazuje osnovni raspored korištenih eksperimentalnih elemenata:



I - izvor svjetlosti, svijeća
P - pukotina (mjeri se s)
R - optička rešetka (određuje se d)

Skica 2 - zorno pokazuje fizikalne veličine koje mjerimo:



s - udaljenost prvog maksimuma od pukotine
a - udaljenost optičke rešetke od pukotine

d – konstanta optičke rešetke:

$$d = D / N \qquad (2)$$

D - jedinična duljina
N - broj zareza po jediničnoj duljini

c) ukratko opišete način vršenja mjerenja ... 2 boda

Eksperimentalne elemente pripremimo na sljedeći način:

- bijeli papir izrežemo u obliku pravokutnika širine kratkog ravnala; na sredini označimo mjesto na kojem pomoću škara prorežemo pukotinu približne širine 1 mm (poželjno je da duljina pukotine bude veća, kako bi u donjem dijelu bio načinjen otvore za škare, a da se u gornjem dijelu dobije približno ravna pukotina; pukotina može biti uža i šira, ovisno o vještini rezanja škarama, kao što papir može biti različite duljine – predloženi način idealan je da se mjerna skala koja se nalazi na kratkom ravnalu i papir s pukotinom pričvrste zajedno);

- drugi način da se napravi pukotina je da se pripreme dva pravokutnika i pomoću selotejpa pričvrste na kratkom ravnalu tako da je razmak između njih 1 mm ili, ovisno o vještini postavljanja, 0,5 mm;
- za optičku rešetku od kartona se pripremi odgovarajući okvir na koji se, pomoću selotejpa, pričvrsti prema veličini okvira odrezani komadić platna marame (mjerenja je moguće izvesti tako da se marama drži i u ruci, ali tada je umanjena preciznost određivanja veličine 'a');
- pripremljeni elementi postavljaju se na ravnu podlogu kako je naznačeno na Skici 1: udaljenost 'a' mjeri se velikim ravnalom ili mjernom vrpcom (preporuka da iznosi između 30 i 60 cm); udaljenost 's' očitava se izravno pri promatranju pukotine kroz optičku rešetku (prati se prvi maksimum; u slučaju praćenja minimuma, u izraz (1) unijeti uvjet za minimum: $(2n – 1) \lambda/2$;
- papir s pukotinom i mjernom skalom u obliku kratkog ravnala kao i optičku rešetku okomito na podlogu postavljamo pomoću kvačica za rublje (preporuka; mjerenja će biti lakša i preciznija ako od točke koja će predstavljati položaj svijeće po stolu olovkom označite pravac na koji postavljate pukotinu i optičku rešetku; svijeću staviti na papir kako se ne bi oštetio stol!);
- NAPOMENA: paziti da svijeća ne bude preblizu papiru s pukotinom; obzirom na visinu svijeće, prepoloviti je škarama, tj. svakako izravnati donju plohu!

Konstantu optičke rešetke odredimo tako da:

- na komadiću platna označimo 1 cm ili 0,5 cm, te zatim pomoću leće izbrojimo koliko ima niti na označenom području, uključujući i nit na kojoj je oznaka;
- račun za 'd' provedemo prema izrazu (2); radi veće preciznosti uputno je napraviti nekoliko brojanja i zatim odrediti srednju vrijednost za N.

d) tablično prikažete rezultate za minimalno pet mjerenja s istom pukotinom .... *3 boda*

Tablica 1 sadrži: - Redni broj mjerenja; - mjerene veličine: d, a, s (m); - λ (m); λ_i (m)*

e) provedete račun pogreške koji uključuje srednju vrijednost, maksimalno pojedinačno odstupanje, maksimalnu relativnu pogrešku i zapis točnog rezultata. .... *4 boda*

Račun pogreške može se odnositi i na određivanje 'd' optičke rešetke, no u ovom slučaju, obzirom na određivanje veličine 's' viziranjem kroz optičku rešetku, dovoljno je Tablicu 1 popuniti s nekoliko različitih vrijednosti 'a' i 's', tj. nekoliko mjerenja 's' za isti 'a', te provesti navedeni račun, pri čemu je korisno odmah veličinu odstupanja pojedinačnog rezultata od srednje vrijednosti λ_i (m)* uvrstiti također u Tablicu 1, ili napraviti novu tablicu.

Srednja vrijednost: $\bar{\lambda} = \Sigma \lambda_i / n$, n – broj mjerenja (3)

Apsolutna vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja:

$|\Delta \lambda_{max}|$ ~ prema λ_i (m)*

Relativna maksimalna pogreška: $r_m = [\,(\,|\,\overline{\Delta \lambda_{max}}\,| / \lambda\,) \cdot 100\,]\ \%$ (4)

Zapis točnog rezultata: $\lambda = (\,\overline{\lambda} \pm \Delta \lambda_{max}\,)\ m$ (5)

II.

f) ponovite eksperimentalni postupak iz prvog zadatka za svjetlost propuštenu kroz dva različita filtra:
- uz opis kako ste pripremili filtre ... *2 boda*

Veličinu prozirnice oblikovati prema veličini papira s pukotinom, kako bi pomoću istih kvačica bilo moguće pridržati prozirnicu, papir s pukotinom i kratko ravnalo kao mjernu skalu. Pomoću flomastera (markera) obojati jednolično prozirnicu u onom dijelu gdje se nalazi i pukotina (pretpostavka je da će u izboru biti crvena i plava boja kao krajnje boje vidljivog područja).

- tablični prikaz rezultata mjerenja ... *3 boda*

Tablica 2 sadrži iste veličine, uz naznaku boje korištenog filtra, tj. mogu se načiniti i dvije tablice.

- proveden račun pogreške ... *4 boda*

Na isti način kao pod točkom e) – u ovako osmišljenom eksperimentalnom radu posebno nas zanima zapis rezultata za valnu duljinu crvene i plave svjetlosti, koji sadrži i maksimalnu granicu pogreške, $\Delta \lambda_{max}$.

III.

g) analizirate dobivene eksperimentalne rezultate:
- odredite utjecaj širine pukotine na rezultate mjerenja ... *2 boda*

Ovdje se ne traži analiza odnosa širine pukotine i ogibne slike, već jednostavna činjenica da bi precizna mjerenja uvijek trebala dati rezultate valne duljine u intervalu vidljivog područja spektra elektromagnetnog zračenja.

- *što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata* ... *3 boda*

Traži se sažet opis stečenog eksperimentalnog iskustva; potrebno je navesti minimalno tri veličine koje utječu na preciznost (npr. koje se nepreciznosti javljaju kod određivanja 's', 'a' i 'd' - svakako treba uključiti i način na koji se određuje konstanta optičke rešetke – npr. više mjerenja, statistički precizniji rezultat i sl.).

- eksperimentalni rezultati u odnosu na teorijske vrijednosti .... 3 boda

Eksperimentalni rad pod I. trebao je dati vrijednosti valnih duljina u okviru vidljivog područja spektra elektromagnetskog zračenja: 400 nm do 750 nm; eksperimentalni rad pod II. trebao bi omogućiti točnije pozicioniranje tih vrijednosti za valnu duljinu plave, tj. crvene svjetlosti kao dviju granica vidljivog područja.

Ukupno: .... **30 bodova**