DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

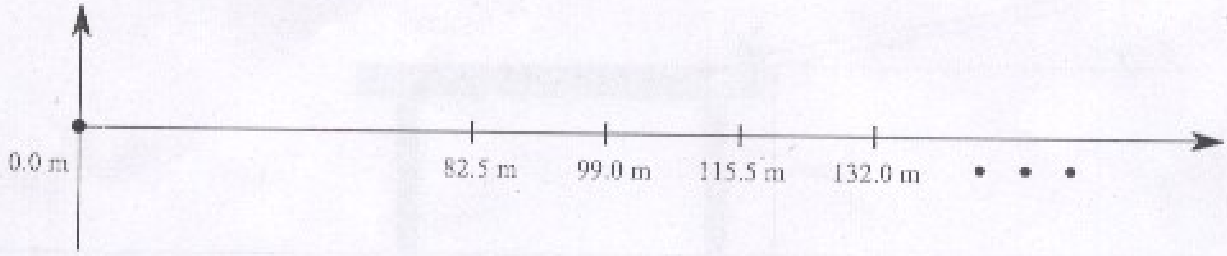
Srednje škole – 1. grupa

Zadatak 1 (17 bodova)

U ishodištu koordinatnog sustava nalazi se sirena koja svakih 1.6 s ispusti kratki zvučni signal. U početku brod miruje na udaljenosti s_0 od sirene. U trenutku, kada prvi zvučni signal dođe do broda, on se počinje udaljavati od sirene stalnom brzinom. Na slici su označeni uzastopni položaji broda u trenucima detekcije drugog, trećeg, četvrtog i petog zvučnog signala.

a) Izračunajte brzinu broda.
b) Izračunajte početnu udaljenost broda od sirene s_0.

Brzina zvuka iznosi 330 m/s.

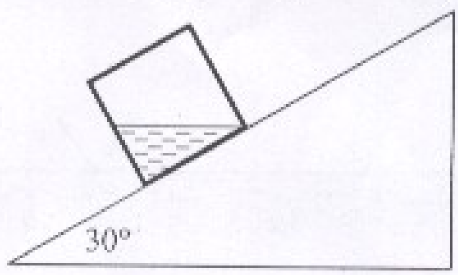


Zadatak 2 (19 bodova)

Šuplja kocka mase 1 kg, zanemarive debljine stijenke i duljine stranice a = 24 cm ispunjena je vodom do razine označene na slici. Kocka miruje na kosini nagiba 30° u odnosu na horizontalu. Koeficijent trenja između kocke i kosine iznosi 0.75. Kocku s vodom treba dovesti u položaj koji je pomaknut za a uz kosinu u odnosu na početni položaj. Izračunajte energiju koju je potrebno utrošiti,

a) ako kocku vrlo polako guramo uz kosinu i
b) ako kocku vrlo polako rotiramo oko jednog njezinog brida.

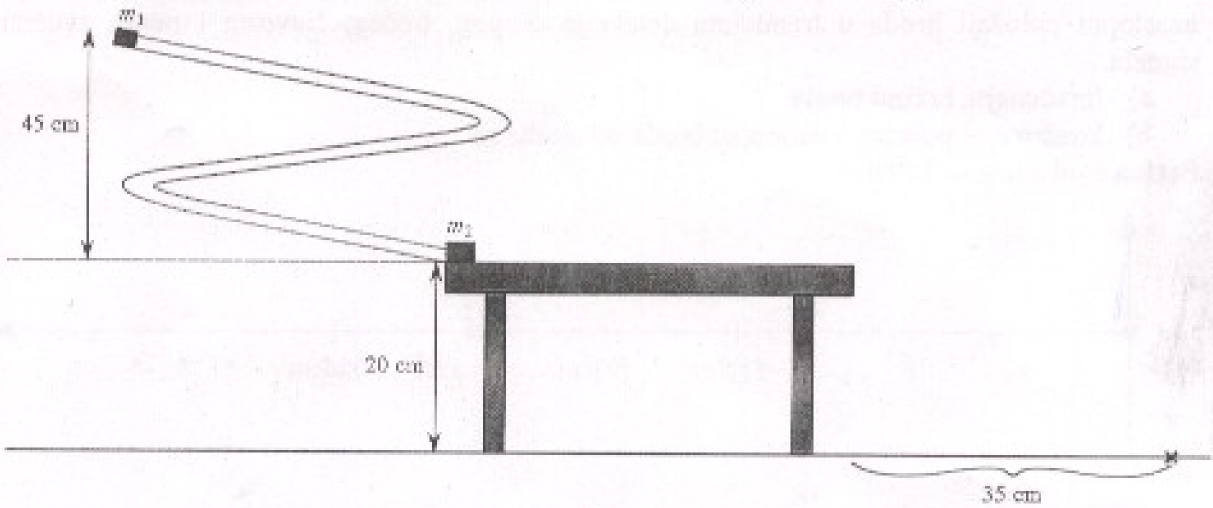
Gustoća vode je 1000 kg/m^3. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje g = 10 m/s^2.



Zadatak 3 (18 bodova)

Malo tijelo mase m_1 pušteno je iz mirovanja s vrha tobogana kao što je prikazano na slici. Tijelo po toboganu klizi bez trenja. Na tobogan se nastavlja horizontalni stol na čijem početku miruje tijelo mase m_2. Tijelo mase m_1 nalijeće na tijelo mase m_2 te se s njim savršeno elastično sudara. Nakon gibanja po horizontalnom stolu duljine 37.5 cm tijelo mase m_2 pada na tlo u točku udaljenu 35 cm od ruba stola. Omjer masa je $m_1 : m_2 = 1:2$. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$. Zanemarite dimenzije tijela m_1 i m_2.

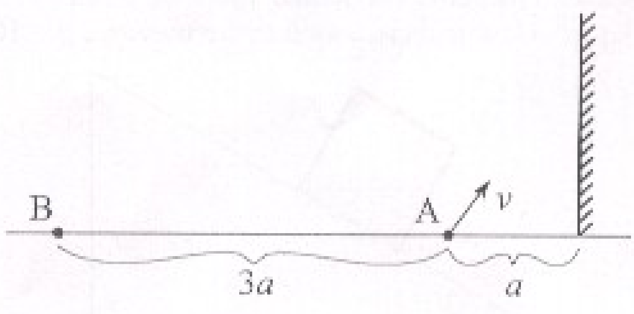
a) Postoji li na stolu trenje? Ako da, izračunajte koeficijent trenja.
b) Izračunajte na kojoj udaljenosti od ruba stola će tijelo mase m_1 pasti na tlo.



Zadatak 4 (16 bodova)

Malo tijelo izbačeno je iz točke A brzinom v prema vertikalnom zidu od kojeg se savršeno elastično odbija. Udaljenost točke A od zida je $a = 2$ m. Izračunajte:

a) minimalnu brzinu v takvu da tijelo padne na tlo u točki B,
b) visinu na kojoj malo tijelo udari o zid i
c) maksimalnu visinu koju malo tijelo postigne za vrijeme leta te horizontalnu udaljenost od zida u istom trenutku.

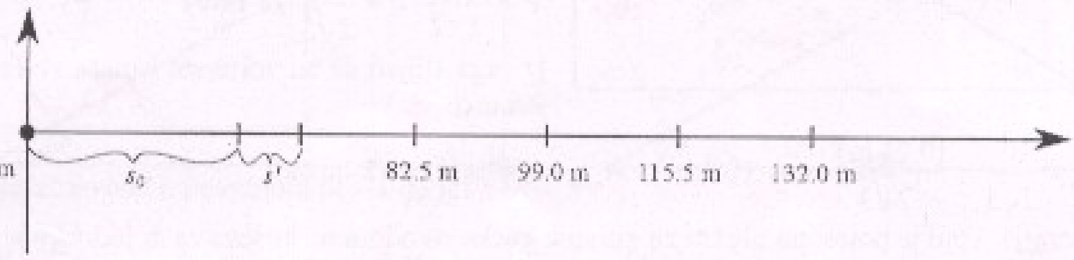


DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – I. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

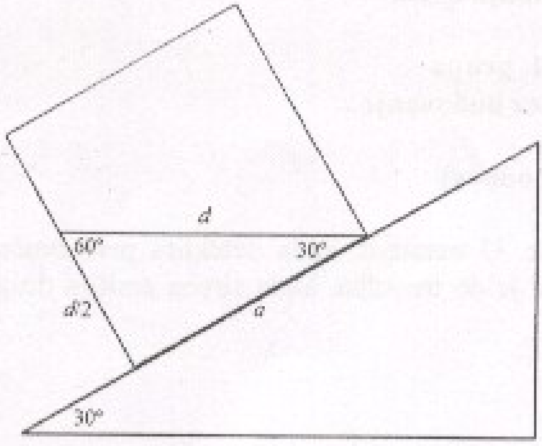
Zadatak 1 (17 bodova)

U početku brod miruje na udaljenosti s_0 od sirene. U trenutku, kada detektira prvi zvučni signal, brod se počinje gibati stalnom brzinom v te je do trenutka, kada sirena emitira drugi zvučni signal, prešao put s'.



Možemo napisati sljedeću jednadžbu:
$s_0 + s' + vt_2 = ct_2 = 82.5\ \text{m}$, **(2 boda)**
gdje je c brzina zvuka, a t_2 vrijeme od emitiranja do detekcije drugog signala.
$$t_2 = \frac{82.5\ \text{m}}{c} = \frac{82.5\ \text{m}}{330\ \text{m/s}} = 0.25\ \text{s}$$ **(1 bod)**
U trenutku, u kojem sirena odašilje treći zvučni signal, brod se nalazi na položaju:
$s_0 + s' + vT$, **(1 bod)**
gdje je $T = 1.6$ s. Možemo napisati sljedeću jednadžbu:
$s_0 + s' + vT + vt_3 = ct_3 = 99\ \text{m}$, **(2 boda)**
gdje je t_3 vrijeme od emitiranja do detekcije trećeg signala.
$$t_3 = \frac{99\ \text{m}}{c} = \frac{99\ \text{m}}{330\ \text{m/s}} = 0.3\ \text{s}$$ **(1 boda)**
Uvrštavanjem vremena t_2 i t_3 dobivaju se sljedeće jednadžbe:
$$s_0 + s' + v(0.25\ \text{s}) = 82.5\ \text{m}$$
$$s_0 + s' + v(1.6\ \text{s}) + v(0.3\ \text{s}) = 99\ \text{m}$$
Oduzimanjem prve jednadžbe od druge dobije se brzina broda:
$$v(1.65\ \text{s}) = 16.5\ \text{m} \Rightarrow v = \frac{16.5\ \text{m}}{1.65\ \text{s}} = 10\ \text{m/s}$$ **(3 boda)**
Za početni položaj broda s_0 i s' vrijedi:
$s_0 = ct'$, $s' = v(T - t')$ **(2 boda)**
Uvrštavanjem u početnu jednadžbu dobije se:
$$ct' + v(T - t') + vt_2 = 82.5\ \text{m}$$
$$(c - v)t' = 82.5\ \text{m} - v(T + t_2)$$
$$(320\ \text{m/s})t' = 82.5\ \text{m} - (10\ \text{m/s})(1.85\ \text{s})$$
$$t' = \frac{64\ \text{m}}{320\ \text{m/s}} = 0.2\ \text{s}$$
Slijedi da je početni položaj broda $s_0 = ct' = (330\ \text{m/s})(0.2\ \text{s}) = 66\ \text{m}$. **(4 boda)**

Zadatak 2 (19 bodova)



Masa vode u kocki jednaka je $m_{voda} = \rho V$, gdje je volumen vode jednak $V = Pa$, a P je površina trokuta. Sa slike se može vidjeti da je hipotenuza trokuta d jednaka:

$$a = \frac{\sqrt{3}}{2} d \;\Rightarrow\; d = \frac{2a}{\sqrt{3}} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Pa je površina trokuta jednaka:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot a = \frac{a^2}{2\sqrt{3}} \quad \textbf{(1 bod)}$$

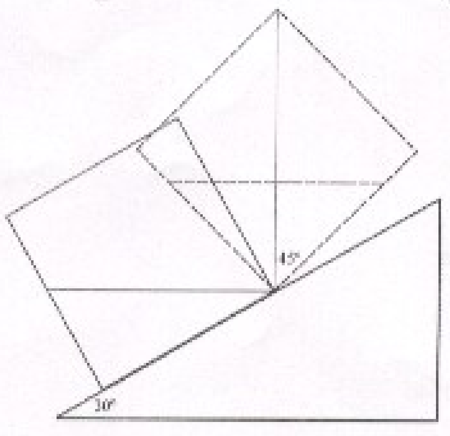
Iz čega slijedi da su volumen i masa vode u kocki jednaki:

$$V = \frac{a^3}{2\sqrt{3}} = \frac{(0.24\ \text{m})^3}{2\sqrt{3}} = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3,\ m_{voda} = \rho V = 4\ \text{kg} \quad \textbf{(2 boda)}$$

Energija, koju je potrebno uložiti za guranje kocke s vodom uz kosinu za a, jednaka je:
$W = mg\Delta h + W_{TR}$, **(1 bod)**
gdje je prvi član promjena potencijalne energije radi podizanja težišta sustava kocka + voda, a drugi član je rad sile trenja. Slijedi:

$$m = m_{kocka} + m_{voda} = 5\ \text{kg},\ \Delta h = \frac{a}{2},\ W_{TR} = F_{TR} a = \mu \frac{\sqrt{3}}{2} mga \quad \textbf{(3 boda)}$$

$$W = \frac{mga}{2}\left(1 + \mu\sqrt{3}\right) = \frac{(5\ \text{kg}) \cdot (10\ \text{m/s}^2) \cdot (0.24\ \text{m})}{2}\left(1 + 0.75 \cdot \sqrt{3}\right) = 13.8\ \text{J} \quad \textbf{(1 bod)}$$



Ako kocku rotiramo oko brida, energija koju treba utrošiti jednaka je promjeni potencijalne energije kocke i vode iz početnog položaja u položaj u kojem se težište nalazi na najvećoj visini (prikazan isprekidanom linijom na slici) **(1 bod)**. Dakle, potrebno je odrediti promjenu visine težišta kocke i vode. Visinu, na kojoj se nalazi težište, određujemo u odnosu na točku O.

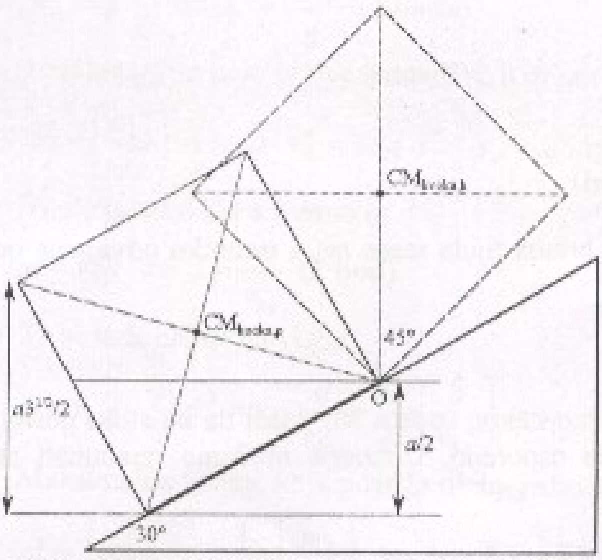
Visina težišta kocke u početnom položaju je:

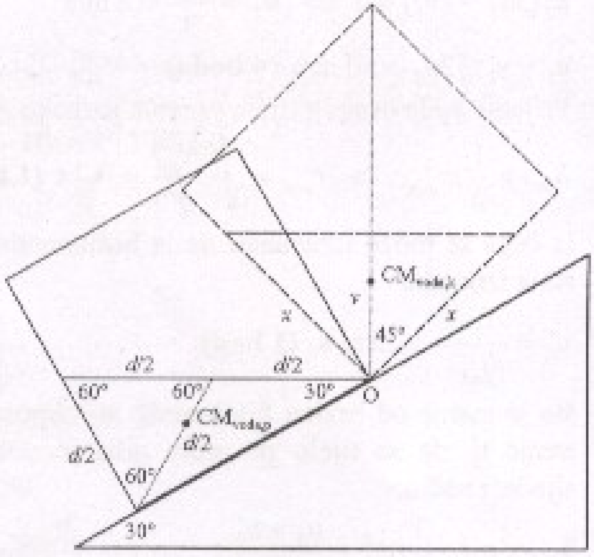
$$h_{kocka,p} = \frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a - \frac{a}{2}\right) = \frac{a}{4}\left(\sqrt{3} - 1\right) = 4.4\ \text{cm} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Visina težišta kocke u konačnom položaju je:

$$h_{kocka,k} = \frac{D}{2} = \frac{\sqrt{2}a}{2} = 17\ \text{cm} \quad \textbf{(1 bod)}$$

$$\Delta h_{kocka,k} = h_{kocka,k} - h_{kocka,p} = (17 - 4.4)\ \text{cm} = 12.6\ \text{cm}$$





Visina težišta vode u početnom položaju je:

$$h_{voda,p} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot\frac{d}{2} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot\frac{a}{\sqrt{3}} = -\frac{a}{6} = -4\ \text{cm}\ \textbf{(2 boda)}$$

Visina težišta vode u konačnom položaju je:

$$P_p = P_k \;\Rightarrow\; \frac{a^2}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2}x^2 \;\Rightarrow\; x = \frac{a}{\sqrt{\sqrt{3}}},\; y = \frac{1}{\sqrt{2}}x = \frac{a}{\sqrt{2\sqrt{3}}}\ \textbf{(2 boda)}$$

$$h_{voda,k} = \frac{2}{3}y = \frac{2}{3}\frac{a}{\sqrt{2\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{2}a}{3\sqrt{\sqrt{3}}} = 8.6\ \text{cm}\ \textbf{(1 bod)}$$

$$\Delta h_{voda,k} = h_{voda,k} - h_{voda,p} = (8.6-(-4))\,\text{cm} = 12.6\ \text{cm}$$

Energija potrebna za rotaciju kocke jednaka je:

$$W = m_{kocka}g\Delta h_{kocka} + m_{voda}g\Delta h_{voda} = 6.3\ \text{J}\ \textbf{(2 boda)}$$

Zadatak 3 (18 bodova)

Najprije treba izračunati iznos i smjer brzine pojedinog tijela nakon sudara. Brzina tijela mase m_1 neposredno prije sudara dobije se pomoću zakona očuvanja energije:

$$m_1 g h_{tobogan} = \frac{1}{2}m_1 v_1^2 \;\Rightarrow\; v_1 = \sqrt{2gh_{tobogan}} = 3\ \text{m/s}\ \textbf{(2 boda)}$$

Za elastični sudar tijela mase m_1 i m_2 vrijedi zakon očuvanja količine gibanja i zakon očuvanja energije:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2\ \textbf{(1 bod)}$$

$$\frac{1}{2}m_1 v_1^2 = \frac{1}{2}m_1 u_1^2 + \frac{1}{2}m_2 u_2^2\ \textbf{(1 bod)}$$

Uvrštavanjem $m_2 = 2m_1$ dobije se:

$$v_1 = u_1 + 2u_2$$

$$v_1^2 = u_1^2 + 2u_2^2$$

Iz prve jednadžbe izrazimo $u_1 = v_1 - 2u_2$ i uvrstimo u drugu:

$$v_1^2 = (v_1 - 2u_2)^2 + 2u_2^2 = v_1^2 - 4v_1u_2 + 4u_2^2 + 2u_2^2$$

$$3u_2^2 - 2v_1u_2 = 0$$

$u_2(3u_2 - 2v_1) = 0 \;\Rightarrow\; u_2 = \dfrac{2v_1}{3} = 2\,\mathrm{m/s}$

$u_1 = v_1 - 2u_2 = -1\,\mathrm{m/s}$ **(4 boda)**

Vrijeme pada drugog tijela sa stola jednako je:

$h_{stol} = \dfrac{1}{2}gt_{pad}^2 \;\Rightarrow\; t_{pad} = \sqrt{\dfrac{2h_{stol}}{g}} = 0.2\,\mathrm{s}$ **(1 bod)**

Iz čega se može izračunati da je horizontalna brzina tijela mase m_2 u trenutku odvajanje od stola iznosila:

$u_2' = \dfrac{l_2}{t_{pad}} = 1.75\,\mathrm{m/s}$, **(1 bod)**

što je manje od brzine tijela mase m_2 neposredno nakon sudara što znači da na stolu postoji trenje tj. da se tijelo po stolu giba jednoliko usporeno. Ubrzanje možemo izračunati na sljedeći način:

$l_{stol} = u_2t - \dfrac{1}{2}at^2 = \dfrac{u_2 + u_2'}{2}t \;\Rightarrow\; t = \dfrac{2l_{stol}}{u_2 + u'} = 0.2\,\mathrm{s}$

$u_2' = u_2 - at \;\Rightarrow\; a = \dfrac{u_2 - u_2'}{t} = 1.25\,\mathrm{m/s^2}$ **(3 boda)**

Koeficijent trenja izračunamo pomoću 2. Newtonovog zakona:

$m_2a = F_{TR} = \mu m_2 g \;\Rightarrow\; \mu = \dfrac{a}{g} = 0.125$ **(2 boda)**

Tijelo mase m_1 će se nakon sudara gibati uz tobogan na kojem će se na određenom mjestu zaustaviti te krenuti ponovo niz tobogan. S obzirom da na toboganu nema trenja, tijelo mase m_1 će u podnožju tobogana imati brzinu po iznosu jednaku onoj koju je imalo neposredno nakon sudara i gibat će se prema desno. Na tijelo mase m_1 također djeluje sila trenja za vrijeme gibanja po stolu te trebamo odrediti brzinu tijela mase m_1 na rubu stola.

$l_{stol} = \dfrac{u_1 + u_1'}{2}t \;\Rightarrow\; t = \dfrac{2l_{stol}}{u_1 + u_1'}$

$u_1' = u_1 - at = u_1 - a\dfrac{2l_{stol}}{u_1 + u_1'}$

$u_1'u_1 + u_1'^2 = u_1^2 + u_1'u_1 - a2l_{stol}$

$u_1'^2 = u_1^2 - a2l_{stol} = 1 - 0.9375\,\mathrm{m^2/s^2} = 0.0625\,\mathrm{m^2/s^2} \;\Rightarrow\; u_1' = 0.25\,\mathrm{m/s}$ **(2 boda)**

Tijelo mase m_1 će pasti na tlo na udaljenosti od ruba stola:

$l_1 = u_1't_{pad} = 5\,\mathrm{cm}$ **(1 bod)**

Zadatak 4 (16 bodova)

Za određenu brzinu v tijelo postiže maksimalan domet, ako je ispaljeno pod kutom 45° **(1 bod)**. Nakon odbijanja od zida horizontalna komponenta brzine promijeni smjer dok je vertikalna komponenta brzine nepromijenjena **(1 bod)**. Gibanje malog tijela ekvivalentno je kosom hicu sa smjerom početne brzine 45° u odnosu na horizontalu i dometom $5a$ **(1 bod)**. Možemo napisati sljedeće jednadžbe:

$v_{0x} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}v_0$, $v_{0y} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}v_0$ **(2 boda)**

$5a = v_{0x}T$ **(1 bod)**

$$v_{0y} = g\frac{T}{2} \Rightarrow T = \frac{2v_{0y}}{g}$$ **(2 boda)**

Uvrštavanjem prve i treće jednadžbe u drugu dobije se:

$$5a = \left(\frac{v_0}{\sqrt{2}}\right)^2 \frac{2}{g} \Rightarrow v_0^2 = 5ag \Rightarrow v_0 = \sqrt{5ag} = 10\,\mathrm{m/s}$$ **(2 boda)**

Tijelo udari o zid u trenutku:

$$a = v_{0x}t \Rightarrow t = \frac{a}{v_{0x}}$$ **(1 bod)**

Te se tada nalazi na visini:

$$h = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_{0y}\frac{a}{v_{0x}} - \frac{1}{2}g\left(\frac{a}{v_{0x}}\right)^2 = a - \frac{ga^2}{v_0^2} = 1.6\,\mathrm{m}$$ **(2 boda)**

Maksimalna visina, koju postiže tijelo, jednaka je:

$$H = \frac{1}{2}g\left(\frac{T}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{v_{0y}}{g}\right)^2 = \frac{v_0^2}{4g} = 2.5\,\mathrm{m}$$ **(2 boda)**

Horizontalna udaljenost od zida u tom trenutku jednaka je $4a - 2.5a = 1.5a = 3$ m **(1 bod)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 1. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Određivanje nepoznate mase

Zadatak

- Odrediti masu drvene kocke

Pribor

- Drvena kugla mase $m_1 = 80$ g
- Drvena kocka nepoznate mase m_2
- Konac
- Mjerna vrpca
- Stativni pribor (stalak, dvije šipke i stegač-koljeno)

U sklopu zadatka treba:

1. Objasniti fizikalne osnove (model) za rješenje zadatka i opisati precizno uz skice koje veličine i kako ćete mjeriti (14 bodova)
2. Napraviti najmanje 10 mjerenja i podatke prikazati tabelarno (10 bodova)
3. Provesti račun pogreške za m_2 (6 bodova)

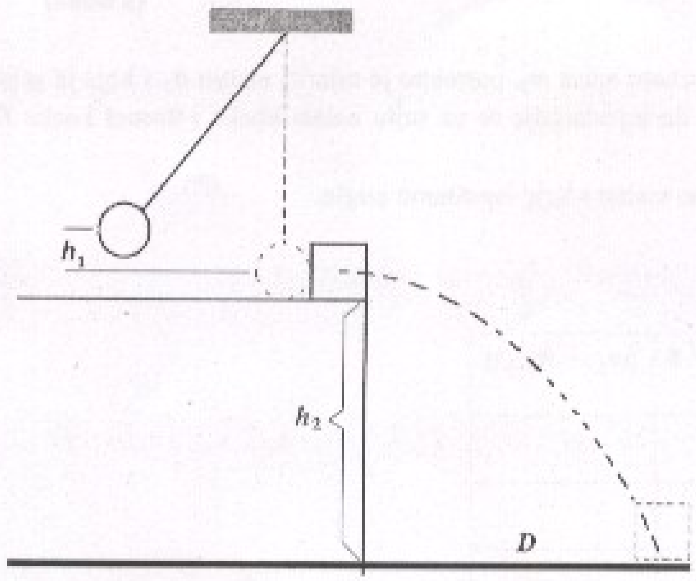
Ukupno eksperimentalni zadatak 30 bodova

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 1. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK - RJEŠENJE



(2 boda)

Zadatak ćemo riješiti koristeći se **elastičnim sudarom kugle i kocke**. U tu svrhu složimo pribor kao što je prikazano na slici. Kocku stavimo na rub stola na visinu h_2 iznad poda, a kuglu objesimo tako da točno dodiruje kocku na sredini kad je kugla u ravnotežnom položaju. Povučemo kuglu u stranu tako da se podigne na visinu h_1 u odnosu na ravnotežni položaj i pustimo je da se sudari s kockom. Nakon elastičnog sudara kocka dobije brzinu v_2'. Njezin nastavak gibanja možemo shvatiti kao horizontalni hitac s početnom brzinom v_2'. **(2 boda)**

Sudar je elastičan pa vrijedi zakon očuvanja količine gibanja:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \qquad (1) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

i zakon očuvanja kinetičke energije:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}, \qquad (2) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

gdje je v_1 brzina kugle neposredno prije sudara, v_1' i v_2' su brzine kugle i kocke neposredno poslije sudara, m_1 = 80 g je masa kugle i m_2 je nepoznata masa kocke.

Iz sustava jednadžbi (1) i (2) dobit ćemo izraz za nepoznatu masu kocke m_2 tako da iz jednadžbe (1) izrazimo brzinu v_1' ($v_1' = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2'}{m_1}$) i uvrstimo u jednadžbu (2) pa dobijemo: **(1 bod)**

$$m_1 v_1^2 = m_1 \left(\frac{m_1 v_1 - m_2 v_2'}{m_1} \right)^2 + m_2 v_2'.$$ Sređivanjem se iz ove jednadžbe dobije: **(1 bod)**

$$m_2 = m_1 \left(\frac{2 v_1}{v_2'} - 1 \right) \qquad (3) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Brzinu kugle v_1 izrazimo iz zakona očuvanja energije: $\frac{m v_1^2}{2} = mgh \quad \Rightarrow \quad v_1 = \sqrt{2gh}$. **(1 bod)**

Brzinu kocke v_2' odredit ćemo iz parametara njezinog gibanja nakon sudara (horizontalni hitac). Ako je visina kocke od podnožja stola h_2 i ako kocka od podnožja stola padne na udaljenost D, onda iz izraza za domet pri horizontalnom hicu $D = v_2' \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$ dobijemo $v_2' = D\sqrt{\frac{g}{2h_2}}$. Uvrštavanjem izraza za v_1 i v_2' u jednadžbu (3) konačno se dobije: **(1 bod)**

$$m_2 = m_1\left(\frac{4\sqrt{h_1 h_2}}{D} - 1\right) \qquad (4)$$ **(3 boda)**

Da bi koristeći jednadžbu (4) odredili nepoznatu masu m_2, potrebno je mjeriti **visinu h_1** s koje je prije sudara ispuštena kugla, **visinu h_2** od poda do mjesta gdje se na stolu nalazi kocka i **domet** kocke D nakon sudara.

Uvjete mjerenja variramo tako da mijenjamo visinu s koje ispuštamo kuglu.

Podatke prikažemo tabelarno

Tablica

Br. mjerenja	h_1 / m	h_1 / m	D / m	m_2 / g	$\lvert m_{2i} - \overline{m}_2 \rvert$ / g
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

(10 bodova)

Na kraju izračunamo provedemo jednostavni račun pogreške:

Srednja vrijednost mase m_2: $\overline{m}_2 = \frac{\sum m_{2i}}{n}$ n je broj mjerenja

Maksimalna apsolutna pogreška: $\lvert\Delta m_2\rvert_{max} = \lvert m_{2i} - \overline{m}_2\rvert_{max}$

Relativna pogreška: $\Delta r = \frac{\lvert\Delta m_2\rvert_{max}}{\overline{m}_2} \cdot 100\%$

Rezultat: $m_2 = \left(\overline{m}_2 \pm \lvert\Delta m_2\rvert_{max}\right)$ g **(6 bodova)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. - 14. svibnja 2015.

Srednje škole - 2. skupina

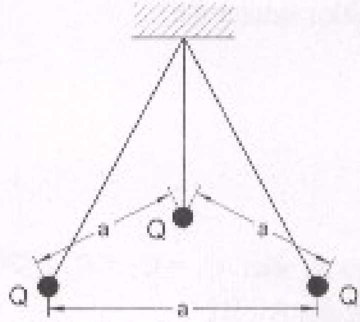
1. zadatak (16 bodova)

Tri jednake kuglice zanemarivih dimenzija obješene su svaka na svoju nit u isto ovjesište i puštene da se slobodno rasporede. Niti su jednake duljine, zanemarive mase i napravljene od izolatora. Položaj naboja prikazan je na slici. Naboji su u ravnini paralelnoj s tlom i čine vrhove jednakostraničnog trokuta duljine stranice a = 0.005 m. Težina i naboj svake kuglice su 0.0007 N i 1 nC.

a) Izračunajte silu napetosti niti

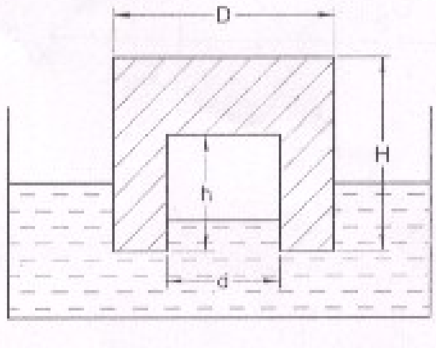
b) Izračunajte duljinu niti

$k = 9\cdot10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$



2. zadatak (19 bodova)

Cilindrična posuda od aluminija, ispunjena zrakom pri atmosferskom tlaku 10^5 Pa, uroni se u vodu s otvorom prema dole. Uz pretpostavku izotermne kompresije zraka tijekom uranjanja, izračunajte konačni tlak unutar posude. Gustoće aluminija i vode su 2700 kg/m^3 i 1000 kg/m^3. Težinu zraka zanemarite. H = 0.1 m, h = 0.08 m, D = 0.1 m, d = 0.08 m.



3. zadatak (18 bodova)

Balon ispunjen helijem pustimo da se slobodno giba. Temperatura i tlak na početnom položaju balona su 100 kPa i 20^0C. Balon se brzo diže i pretpostavite da pri tome nema izmjene topline s okolinom.

a) Pretpostavite da je helij idealni plin čija je adijabatska konstanta 1.7 pa izračunajte njegovu temperaturu kad se nalazi na visini na kojoj tlak iznosi 90 kPa

b) Uzmite u obzir da gustoća zraka opada linearno s povećanjem visine te izračunajte na kojoj se visini (u odnosu na početni položaj) balon nalazi kada tlak iznosi 90 kPa. Gustoća zraka na mjestu početnog položaja balona je 1.2 kg/m^3 i za svakih 10 m smanji se za 0.001 kg/m^3. Uzmite g = 10 m/s^2.

Stijenke balona nisu niti u jednom trenutku zategnute.

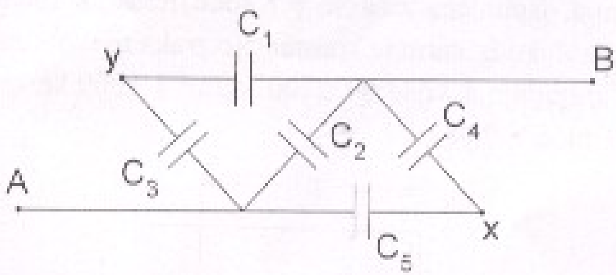
4. zadatak (17 bodova)

Pet praznih kondenzatora spojeno je kao na slici. $C_1 = C_2 = C_3 = 2C$, $C_4 = C_5 = 4C$.

a) Koliki je ukupni kapacitet između točaka A i B?

b) Odredite naboj kondenzatora C_1 ako bateriju napona U spojimo između točaka A i B

c) Koliki bi bio naboj svakog kondenzatora da smo bateriju napona U spojili između točaka X i Y



DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

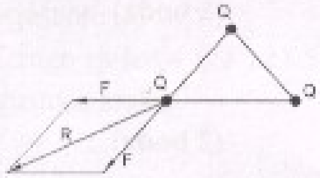
$q = 10^{-9}$ C, $a = 0.005$ m, $k = 9\cdot 10^9$ Nm^{2}C^{-2}, $G = 0.0007$ N

a)Svaka kuglica osjeća djelovanje električne sile(od dva susjedna naboja), gravitacije te silu napetosti niti.

Električna sila susjednog naboja:

$$F = k\frac{q^2}{a^2} \quad (F = 0.000360\ \text{N} = 3.6\ 10^{-4}\ \text{N}) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Rezultantna električna sila (visina jednakostraničnog trokuta stranice F je R/2):



$$\frac{R}{2} = \frac{F\sqrt{3}}{2} \text{ tj. } R = F\sqrt{3} \quad (R = 0.000624\ \text{N} = 6.24\ 10^{-4}\ \text{N}) \qquad \textbf{(3 boda)}$$

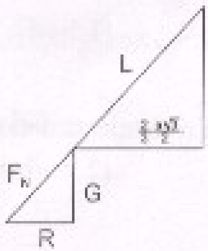
Budući da je ukupna sila na svaki naboj nula, za silu napetosti vrijedi:

$$F_N = \sqrt{G^2 + R^2} \qquad \textbf{(3 boda)}$$

$$F_N = \sqrt{G^2 + 3k^2\frac{q^4}{a^4}} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Konačno: $F_N = 0.000937\ \text{N} = 9.37\ 10^{-4}\ \text{n}$ **(1 bod)**

b) Na temelju sličnosti trokuta:



$$\frac{L}{\frac{2}{3}\frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{F_N}{R} \qquad \text{tj.} \qquad \frac{L}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{F_N}{R} \qquad \textbf{(4 boda)}$$

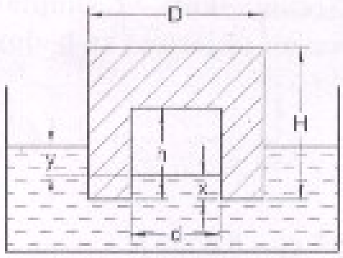
Uvrštavanjem izraza za sile dobiva se:

$$L = \frac{a\sqrt{3}}{3}\sqrt{\frac{G^2 a^4}{3k^2 q^4} + 1} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Konačno: $L = 0.00434$ m **(1 bod)**

2. zadatak (19 bodova)

P_0=100 000 Pa, $\rho = 1000$ kg/m^3, $\rho_{Al} = 2700$ kg/m3, $D = 0.1$ m, $d = 0.08$ m, $H = 0.1$ m, $h = 0.08$ m, $g = 10$ m/s^2



Izotermna kompresija zraka: $p_o V_o = pV$

(*) $$p_o(\frac{d^2\pi}{4}h) = p(\frac{d^2\pi}{4}(h-x)) \quad \text{tj.} \quad p_o h = p(h-x)$$ **(3 boda)**

Suma vertikalnih sila je nula: $G = F_u$ **(2 boda)**

Težina: $$G = V\rho_{Al}g = (\frac{D^2\pi}{4}H - \frac{d^2\pi}{4}h)\rho_{Al}g$$ **(2 boda)**

(10.34 N; *10.15 za g = 9.81 m/s2)*

Sila uzgona: $$F_u = \left[\frac{D^2\pi}{4}(y+x) - \frac{d^2\pi}{4}x\right]g\rho$$ **(3 boda)**

Izjednačavanjem težine i sile uzgona dobije se:

(**) $$\left[D^2(y+x) - d^2x\right] = \frac{\rho_{Al}}{\rho}\left[D^2H - d^2h\right]$$ **(1 bod)**

(***)Izjednačavanjem tlakova: $p_o + yg\rho = p$ **(3 boda)**

Rješavanjem sustava jednadžbi (*), (**) i (***) dobije se kvadratna jednadžba za p:

$$\frac{D^2}{g\rho}p^2 + \left[(D^2-d^2)h - \frac{D^2p_o}{g\rho} - \frac{\rho_{Al}}{\rho}(D^2H - d^2h)\right]p - (D^2-d^2)p_o h = 0$$ **(2 boda)**

$$0.01p^2 - 1010.3p - 288000 = 0$$ **(1 bod)**

$$(0.0102\,p^2 - 1029.66\,p - 288000 = 0 \quad za\ g = 9.81\ m/s2)$$

Jedno rješenje je negativno pa nema fizikalnog smisla, a drugo rješenje je traženo rješenje zadatka:

$p = 101313.9$ Pa *(101289 Pa za g = 9.81 m/s2)* **(2 boda)**

3. zadatak (18 bodova)

p_1 = 100 000 Pa, ρ_1 = 1.2 kg/m^3, T_1 = 20^{0}C = 293.15 K, p_2 = 90 000 Pa, γ = 1.7, α = 0.0001 kg/m^4

a) Adijabatska promjena: $p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma$ **(1 bod)**

Jedn. stanja idealnog plina: $$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$ **(1 bod)**

Kombiniranjem navedenih jednadžbi dobije se tražena temperatura helija:

$$T_2 = T_1\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}-1}$$ **(2 boda)**

$$T_2 = 280.70 \text{ K} \quad (280,56\ za\ T1 = 293\ K)$$ **(2 boda)**

b) Razlika tlakova u točkama čija je visinska razlika h, posljedica je stupca zraka visine h:

(*) $p_1 - p_2 = hg\rho_{sr}$ **(3 boda)**

Budući da gustoća zraka opada linearno, u gornjem izrazu koristi se srednja gustoća ρ_{sr}.

Gustoća zraka na visini y je: $\rho(y) = \rho_1 - \alpha y$, $\alpha = 0.0001\,\mathrm{kg/m^4}$ **(2 boda)**

pa je srednja gustoća: $$\rho_{sr} = \frac{\rho_1 + \rho(y=h)}{2}$$ **(2 boda)**

$$\rho_{sr} = \frac{\rho_1 + \rho_1 - \alpha h}{2} = \rho_1 - \frac{\alpha h}{2}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem srednje gustoće u izraz (*) dobije se kvadratna jednadžba za h:

$$\frac{g\alpha}{2}h^2 - g\rho_1 h + (p_1 - p_2) = 0$$ **(2 boda)**

($0.0005h^2 - 12h + 10000 = 0$ za g=10m/s2 odnosno $0.0004905h^2 - 11{,}77h + 10000 = 0$ za g=9.81 m/s2)

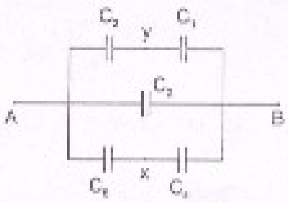
Rješenje je: $h = 864.47\,\mathrm{m}$ za g=10m/s2 ($h = 881.88\,\mathrm{m}$ za g=9,81 m/s2) **(1 bod)**

Drugo rješenje (23 123.5 m, odnosno 23118.1 m) nema fizikalnog smisla jer se za njega dobije negativna gustoća zraka. **(1 bod)**

4. zadatak (17 bodova)

$C_1 = C_2 = C_3 = 2C$, $C_4 = C_5 = 4C$

a)Ekvivalentna shema je:



(2 boda)

Gornja i donja grana (serijski spoj dva kondenzatora):

$$\frac{1}{C_{13}} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} \quad \text{tj.} \quad C_{13} = C$$ **(1 bod)**

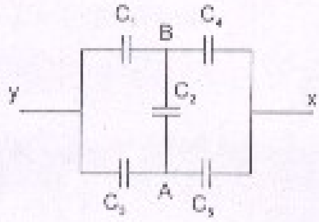
$$\frac{1}{C_{45}} = \frac{1}{4C} + \frac{1}{4C} \quad \text{tj.} \quad C_{45} = 2C$$ **(1 bod)**

Ukupno, paralelni spoj: $C_{AB} = C_{13} + C_2 + C_{45}$ **(1 bod)**

$C_{AB} = C + 2C + 2C = 5C$ **(1 bod)**

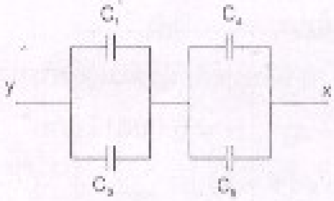
b) Naboj kondenzatora 1: $Q_1 = U_1 C_1 = \frac{U}{2} 2C = CU$ **(2 boda)**

b) Nova shema spoja je:



(2 boda)

Točke A i B su na istom potencijalu: **(2 boda)**



Ukupni kapacitet je: $C_{XY} = \frac{8}{3}C$ **(1 bod)**

pa je ukupni naboj: $Q_{XY} = \frac{8}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_1 = Q_3 = \frac{Q_{XY}}{2} = \frac{4}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_4 = Q_5 = \frac{Q_{XY}}{2} = \frac{4}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_2 = 0$ **(1 bod)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Određivanje gustoće tvari i mase metalnih kuglica

Pribor: Ping-pong loptica potpuno ispunjena tvari nepoznate gustoće, ping-pong loptica koja sadrži nepoznatu tvar i metalne kuglice , čaša bez oznaka volumena , ravnalo , voda

Koristite podatke za gustoće: vode 1.0 g/cm^3 i metalnih kuglica 7.8 g/cm^3.

Zadatak :

1. Odredite gustoću tvari koja u potpunosti ispunjava lopticu
2. Odredite masu metalnih kuglica koje se nalaze unutar loptice

U sklopu zadatka treba:

a) Objasniti teorijsku podlogu mjerenja (5 bodova)

b) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti gustoću materijala (5 bodova)

c) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti masu metalnih kuglica (10 bodova)

d) Napraviti 10 mjerenja , podatke prikazati tablično , odrediti srednju vrijednost gustoće nepoznate tvari ,srednju vrijednost mase metalnih kuglica i odstupanja od srednjih vrijednosti pazeći pritom na pouzdana mjesta. (10 bodova)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK – RJEŠENJE

1. ***Određivanje gustoće tvari koja u potpunosti ispunjava lopticu.***

   a) -Potpunim uranjanjem loptice u čašu s vodom možemo odrediti volumen loptice.
   Zabilježimo razinu vode u čaši , a zatim izmjerimo za koliko se podignula razina vode Δh.
   - Pomoću ravnala izmjerimo promjer čaše $2R$ i izračunamo volumen loptice kad je ona potpuno uronjena $V = R^2\pi\Delta h$.
   -Lopticu koja je potpuno ispunjena tvari stavimo na površinu vode i pričekamo da se loptica smiri , na sličan način kao u prethodnom dijelu zadatka izmjerimo volumen istisnute vode , odnosno volumen uronjenog dijela tijela $V_1 = R^2\pi\Delta h_1$.________________________________**5 bodova**

   b) -Budući je loptica u ravnoteži iznos uzgona jednak je iznosu težine loptice

   $$(1)\ m_1 g = \rho_V g V_1\ ,$$

   gdje je m_1 masa loptice potpuno ispunjene nepoznatom tvari , g akceleracija slobodnog pada , ρ_V gustoća vode.

   -Kako je loptica u potpunosti ispunjena tvari vrijedi

   $$(2)\ m_1 = \rho_N V\ ,$$

   gdje je ρ_N gustoća nepoznate tvari.

   -Koristeći relacije (1) i (2) , za gustoću nepoznate tvari dobivamo:

   $$(3)\ \rho_N = \rho_V \frac{V_1}{V}$$ ________________________________**5 bodova**

2. ***Određivanje mase metalnih kuglica***

   c) -Lopticu koja sadrži metalne loptice stavimo na površinu vode i na isti način kao u prethodnom dijelu zadatka odredimo volumen uronjenog tijela $V_2 = R^2\pi\Delta h_2$.

   -Iz uvjeta ravnoteže dobivamo:

   $$(4)\ m_2 g = \rho_V g V_2$$

   -Za masu druge loptice također vrijedi:

   $$(5)\ m_2 = \rho_N V' + m_K\ ,$$

   gdje su: V'volumen tvari koji djelomice ispunjava lopticu sa metalnim kuglicama , a m_K je masa metalnih kuglica.

   - Dalje vrijedi :

   $$(6)\ V' = V - \frac{m_K}{\rho_K}.$$

   -Iz relacija (1) , (2) , (3) , (4) , (5) i (6) dobiva se :

   $m_K = \frac{\rho_K \rho_V V (V_2 - V_1)}{\rho_K V - \rho_V V_1}$ Ovdje upišite jednadžbu.____________________**10 bodova**

   d) Napravi se više mjerenja , a rezultati se unose u tablicu.________________**10 bodova**

Srednje škole – 3. skupina

Državno natjecanje iz fizike, 11.-14.5.2015., Trogir

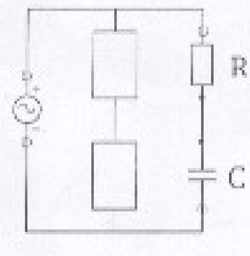
1. zadatak (15 bodova)

Duga crna kutija ima na jednoj strani otvor kroz koji taman može glatko ući kugla. Kutija je postavljena horizontalno na stol i fiksirana na mjestu. Na udaljenosti 1m od otvora kutije nalazi se kugla koja se ispaljuje direktno prema otvoru i giba se bez trenja. Primijećeno je da se, nakon ulaska u kutiju, kugla vrati van nakon $\pi/10$ s, bez obzira na početnu brzinu kugle i to s istom brzinom kojom je i ušla. Što se nalazi u kutiji? Kojom brzinom bi se kugla morala ispaliti prema otvoru kako bi se vratila na početni položaj nakon jedne sekunde? Sad zamislite da kutiju postavite vertikalno s otvorom prema gore. Kugla se drži točno iznad otvora kutije i pusti da u nju padne. Na kojoj razini ispod površine kutije kugla ima najveću brzinu? Do koje razine ispod površine kutije se kugla spusti? Nakon koliko vremena od puštanja ima najveću brzinu, a nakon koliko vremena se vrati van? Pretpostavite da je(su) element(i) u kutiji fizikalno "idealni" i zanemarite dimenzije kugle i trenje u sustavu.

2. zadatak (18 bodova)

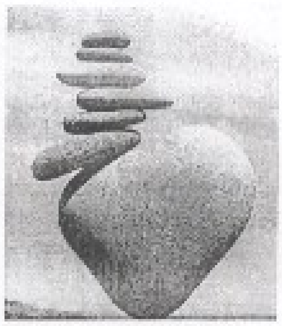
Jedna ideja za mjerenje ubrzanja sile teže koristi Dopplerov efekt. Zamislite zvučnik koji se nalazi na visini h iznad prijamnika. U trenutku $t = 0$s zvučnik se istovremeno aktivira i pusti u slobodan pad bez trenja. Odredite ovisnost frekvencije mjerene na prijamniku f_p kao funkcije t, ako vam je poznato da je prva frekvencija koju prijamnik detektira jednaka f_0. Skicirajte graf funkcije f_p/f_0 za slučaj h = 45m i odredite vremenski interval za koji dobivena ovisnost ima smisla. Napokon, u izrazu za frekvenciju na prijamniku iskoristite jednakost $(1 \pm x)^m \cong 1 \pm mx$, koja vrijedi za bilo koji broj m, ukoliko je $x \ll 1$, te predložite kako pomoću dobivenog izraza mjeriti ubrzanje sile teže.

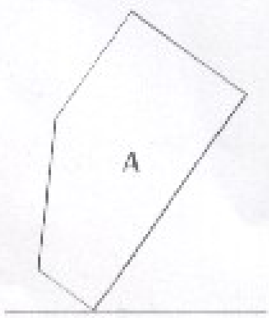
3. zadatak (18 bodova)



Na izvor izmjeničnog napona frekvencije f spojena su 4 elementa kao na slici. U desnoj grani nalaze se otpornik otpora R i kapacitor kapaciteta C, dok se u lijevoj grani nalaze 2 nepoznata elementa (svaki element je ili jedan otpornik, zavojnica ili kapacitor). Odredite o kojim se elementima radi i koliki su im iznosi ukoliko znate da je impedancija čitavog kruga realna za sve frekvencije izvora. Odredite iznos impedancije kruga u tom slučaju.

4. zadatak (19 bodova)





Posljednjih godina vrlo popularna aktivnost je tzv. slaganje kamena (slika). Odredimo fizikalni uvjet labilne ravnoteže za vrlo jednostavne modele slaganja. Radi jednostavnosti pretpostavimo da je kamenje plošno. Zamislimo kamen oblika pravokutnika duljina stranica $2a$ i $2b$ koji želimo postaviti na jedan od njegovih vrhova. Pod kojim kutem u odnosu na horizontalu mu mora stajati dulja stranica kako bi bio u ravnoteži? Sad zamislimo da pravokutniku odrežemo jedan vrh oblika pravokutnog trokuta stranica a i b. Takvo tijelo sad želimo postaviti na vrh kao na skici **A**. Koliki kut mora zatvarati dulja stranica s horizontalom kako bi tijelo bilo u ravnoteži?

Srednje škole – 3. skupina
Državno natjecanje iz fizike, 11.-14.5.2015., Trogir
RJEŠENJA

1. zadatak (15 bodova)

Ako primjetimo da se kugla uvijek vrati van nakon istog vremena, možemo zaključiti da je u kutiji opruga, jer znamo da je period titranja neovisan o početnoj brzini kugle. **(2 boda)** Opruga se proteže duž cijele kutije i u ravnotežnom je položaju, jer inače bi vremena za različite upadne brzine bila različita. **(1 bod)**

Neka se kugla nalazi na 1m od otvora u kutiju. Ako se vrati na isto mjesto nakon 1s, u kutiji provodi $\pi/10$ s, a vani 1- $\pi/10 = (10-\pi)/10$ s. **(1 bod)** Vani se uvijek giba jednolikom brzinom, a prevaljuje 2m. Stoga je

$$v_0 = \frac{2\text{m}}{\frac{10-\pi}{10}\text{s}} = \frac{20}{10-\pi}\frac{\text{m}}{\text{s}}.\ \textbf{(2 boda)}$$

Kad kuglu pustimo iz vertikalnog položaja, na nju djeluju sila teža i sila opruge. **(1 bod)** Primijetimo da u početnom trenutku sustav nije u ravnotežnom položaju. Kugla je najbrža kad prolazi položajem ravnoteže, tj. kad je ukupna sila na nju jednaka nuli, tj. kad je $mg = k\Delta y$. **(1 bod)** Slijedi da je:

$$\Delta y = \frac{mg}{k}\ \textbf{(1 bod)}$$

Kako je period titranja jednak $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, a u horizontalnom slučaju kugla u kutiji provede pola perioda, vrijedi:

$$\Delta y = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 10\left(\frac{\pi/5}{2\pi}\right)^2 = 10\text{cm}\ \text{ispod vrha kutije.}\ \textbf{(2 boda)}$$

Najniža razina do koje se spusti može se naći iz zakona očuvanja energije ($mg\Delta y_0 = \frac{1}{2}k\Delta y_{kon}{}^2$) ili se može primijetiti da je položaj ravnoteže 10cm ispod vrha kutije, pa je onda najniža razina do koje se kugla spusti 20cm ispod vrha kutije, s obzirom na to da je krenula iz amplitudnog položaja. **(2 boda)**

Napokon, kako je period titranja jednak $T = \pi/5$ s, kugla ima najveću brzinu za $T/4, 3T/4 \ldots = \frac{2k-1}{4}T$ s, **(1 bod)** a van se vrati nakon $T, 2T \ldots = kT$ s, pri čemu je $k \in N$. **(1 bod)**.

2. zadatak (18 bodova)

Neka zvuk dođe do detektora u trenutku t. Zvuke je doputovao od izvora, koji je do tad pao za $\frac{gt_i^2}{2}$, i prešao udaljenost jednaku ct_z **(1 bod)**. Vrijedi:

$$t = t_i + t_z$$
$$h = \frac{1}{2}gt_i^2 + ct_z\ \textbf{(1 bod)}$$

Sustav riješimo po vremenu izvora jer u konačnici želimo dobiti brzinu izvora, koja je jednaka $v_i = gt_i$. Rješavanjem sustava slijedi:

$$\frac{1}{2}gt_i^2 + c(t - t_i) - h = 0$$
$$t_i^{1,2} = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)}}{g}\ \textbf{(2 boda)}$$

$$v_i = c \pm \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)} = c - \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)} \text{ (1 bod)}$$

Odabrali smo fizikalno prihvatljivo rješenje, jer znamo da brzina izvora raste s vremenom i da je manja od brzine zvuka.

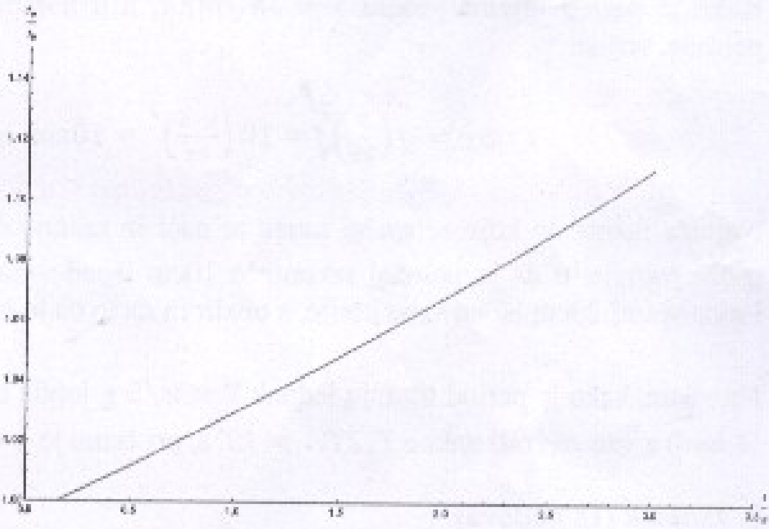
Frekvencija na prijamnika kao funkcija vremena na prijamniku jednaka je

$$f_p = f_i \frac{c}{c-v_i} = f_i \frac{1}{\sqrt{1-\frac{2g}{c^2}(ct-h)}} \text{. (2 boda)}$$

Prvi zvuk doputuje na detektor nakon $t = h/c$ i ima frekvenciju f_0. Uvrštavanjem slijedi da je $f_i = f_0$(**1 bod**), pa je konačan izgled ovisnosti frekvencije na prijamniku o vremenu jednak:

$$f_p = f_0 \frac{1}{\sqrt{1-\frac{2g}{c^2}(ct-h)}} \text{. (1 bod)}$$

Ova jednakost ima smisla samo u posebnim granicama. Vrijeme očito mora biti veće ili jednako $t = h/c$, jer to je vrijeme potrebno da zvuk uopće dođe do prijamnika **(1 bod)**. Gornja granica na vrijeme ovisi o početnoj visini izvora. Može se desiti ili a.) da brzina izvora postane veća od brzine zvuka ili b.) da zvučnik doleti do detektora i počne se od njega udaljavati **(2 boda)** . U oba slučaja dobivena jednakost gubi smisao. Uvjet a.) najranije je zadovoljen je za $v_i = c$, što se postiže za $t_{gor(a)} = \frac{c}{2g} + \frac{h}{c}$, **(1 bod)** a uvjet b.) zadovoljen je za $t_{gor(b)} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. **(1 bod)** U slučaju $h = 45$m prvi će biti zadovoljen uvjet b.) za 3 sekunde. Graf se crta od t = 0.15s do t = 3s i dan je na slici. **(1 bod)**



Napokon, napravimo razvoj dobivene funkcije. Vrijedi da je:

$$f_p = f_0\left(1-\frac{2g}{c^2}(ct-h)\right)^{-1/2}$$

$$f_p \cong f_0\left(1+\frac{1}{2}\frac{2g}{c^2}(ct-h)\right)$$

$$f_p \cong f_0\left(1+\frac{gt}{c}-\frac{hg}{c^2}\right)$$

$$f_p \approx f_0\left(1+\frac{gt}{c}\right) \text{ (2 boda)}$$

Vidimo da je ovisnost približno linearna (što se i vidi iz grafa). Nagib pravca na slici iz jednakosti je jednak g/c. Mjerenjem ovisnosti frekvencije o vremenu i poznavanjem brzine zvuka mogli bi iz nagiba pravca izračunati ubrzanje sile teže. **(1 bod)**

3. zadatak (18 bodova)

Kako su u strujnom krugu 2 paralelno spojene grane, pogodono je promatrati admitanciju pojedine grane, jer se u paralelnom spoju admitancije jednostavno zbrajaju. Uvjet za realnost impedancije jednostavno se pretvara u uvjet na realnost admitancije **(2 boda)**. Admitancija desne grane jednaka je:

$$Y_d = \frac{1}{R+\frac{1}{i\omega C}} = \frac{R+\frac{i}{\omega C}}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \text{ (2 boda)}$$

Da bi cijeli sklop imao realnu impedanciju, lijeva grana mora imati imaginarni dio admitancije koji će poništiti imaginarni dio admitancije desne grane. **(1 bod)** Lako se vidi da predznaci imaginarnih dijelova moraju biti suprotni, pa u lijevoj grani mora biti zavojnica kojoj ćemo zadati induktivitet L. **(1 bod)** Nadalje, da bi se imaginarne admitancije potpuno poništile za sve frekvencije, lijeva grana mora imati realni dio (kad bi imala samo imaginarni, odnos realnog i imaginarnog dijela lijeve grane bio bi stalan, a u desnoj bi se mijenjao s frekvencijom izvora). **(1 bod)** Stoga, drugi element je otpornik, kojem ćemo zadati iznos R_2. **(1 bod)** Admitancija lijeve grane je:

$$Y_L = \frac{1}{R_2 + i\omega L} = \frac{R_2 - i\omega L}{R_2^2 + (\omega L)^2} \textbf{ (2 boda)}$$

Ako postavimo uvjet da su imaginarni dijelovi admitancija suprotnih predznaka i istih iznosa, slijedi:

$$\frac{\omega L}{R_2^2 + (\omega L)^2} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \textbf{ (1 bod)}$$

$$\frac{L/R_2^2}{1 + (\omega L)^2/R_2^2} = \frac{C}{1 + R^2(\omega C)^2} \textbf{ (1 bod)}$$

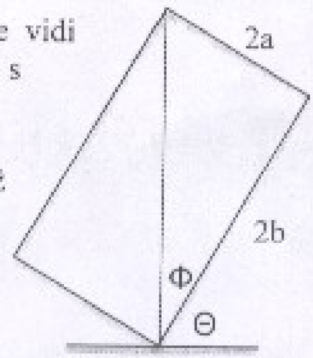
Ova će jednakost biti zadovoljena za svaku frekvenciju ako vrijedi da je $RC = L/R_2$ (iz nazivnika) i $C = L/R_2^2$ (iz brojnika) **(2 boda)**. Vidi se da će to biti zadovoljeno za $R_2 = R$ i $L = CR^2$ **(1 bod)**. Dakle, nepoznati elementi su otpornik otpora R i zavojnica induktiviteta CR^2. Iznos impedancije kruga se nađe iz poznate admitancije ili direktnim izračunavanjem:

$$\frac{1}{Z} = Y_L + Y_D = \frac{R}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} + \frac{R}{R^2 + (\omega C R^2)^2} \text{ (jer znamo da se imaginarni dijelovi ponište) } \textbf{(1 bod)}$$

što nakon dosta sređivanja daje $Z = R$. **(2 boda) Napomena:** alternativna rješenja zadatka, koja koriste impedanciju boduju se analogno ovom bodovanju (2 boda uvjet, 2 boda impedancija lijeve grane itd.)

4. zadatak (19 bodova)

Općenito, za tijelo u ravnoteži je zbroj svih sila jednak nuli i zbroj svih zakretnih momenata jednak nuli. **(1 bod)** Ako neko tijelo postavimo na vrh, vidimo da je to zadovoljeno jedino ako mu je centar mase iznad uporišta, jer jedino su tad zakretni momenti sile teže i reakcije podloge jednaki nuli. **(2 boda)** Postavimo pravokutnik na vrh tako da mu je centar mase iznad uporišta i odredimo kut pod kojim stoji.



Vrijedi da je $\phi + \theta = \pi/2$, **(1 bod)** a iz trokuta s označenim stranicama se vidi da je $\mathrm{tg}\phi = a/b$, **(1 bod)** pa vrijedi da je kut koji pravokutnik zatvara s horizontalom jednak $\theta = \mathrm{arctg}(b/a)$. **(1 bod)**

Ako se prevokutniku odreže pravokutni trokut, pomakne mu se centar mase duž dijagonale. **(1 bod)** Odredimo pomak centra mase. Centar mase trokuta nalazi se u njegovom težištu, koje je na 2/3 visine težišnice. **(1 bod)** U ovom slučaju težišnica je jednaka četvrtini dijagonale pravokutnika, pa se težište nalazi na

$$x_{tr} = \frac{2}{3}\frac{d}{4} = \frac{d}{6} \textbf{ (2 boda)}$$

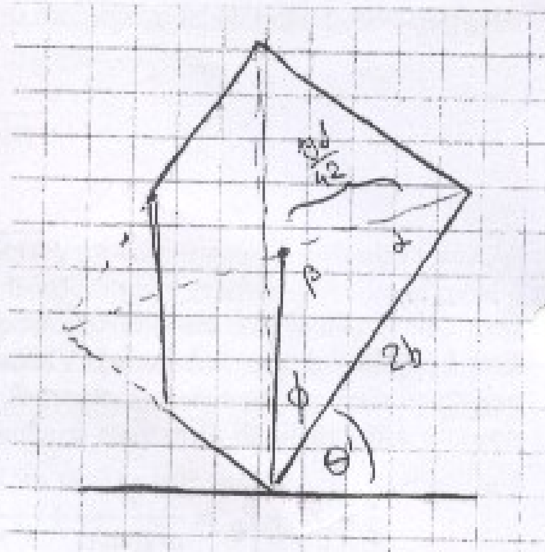
od vrha pravokutnika. Koordinata x počinje od vrha pravokutnika koji je izrezan i prostire se duž dijagonale pravokutnika do nasuprotnog vrha. Centar mase novonastalog tijela može se naći iz pravila za određivanje centra mase više tijela. **(1 bod)** U ovom slučaju cijeli pravokutnik možemo gledati kao zbroj trokuta i pravokutnika kojem fali vrh:

$$m_{trokut}x_{trokut} + m_{odrezani}x_{odrezani} = m_{pravokutnik}x_{pravokutnik} \textbf{ (1 bod)}$$

Ako uzmemo u obzir da trokut nosi 1/8 mase cijelog pravokutnika, a odrezani dio 7/8 mase **(1 bod)**, slijedi da je:

$$x_{odrezani} = \frac{m_{pravokutnik}\frac{d}{2} - \frac{m_{pravokutnik}}{8}\frac{d}{6}}{\frac{7}{8}m_{pravokutnik}} = \frac{23d}{42} \textbf{ (1 bod)}$$

Dakle, centar mase se pomaknuo udesno po osi x u odnosu na cijeli pravokutnik (gdje se nalazi na $d/2$). Skica je u ovom slučaju nešto drugačija. Odredimo kut koji tijelo zatvara s podlogom. Iz trokuta s označenim kutovima možemo napisati sinusov poučak:



$$2b\sin\phi = \frac{19d}{42}\sin\beta \textbf{ (1 bod)}$$

Iz zbroja kutova u trokutu vrijedi da je $\beta = \pi - (\phi + \alpha)$, pa je $\sin\beta = \sin\phi\cos\alpha + \cos\phi\sin\alpha$. **(1 bod)** Napokon, izrazimo sve pomoću poznatih vrijednosti, pa slijedi:

$$84b\sin\phi = 38\sqrt{a^2+b^2}\left(\sin\phi\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} + \cos\phi\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)$$

(1 bod) Kraćenjem i dijeljenjem s kosinusom dobije se da je

$$\mathrm{tg}\phi = \frac{19a}{23b} \Longrightarrow \mathrm{tg}\theta' = \frac{23b}{19a} \textbf{ (2 boda)}$$

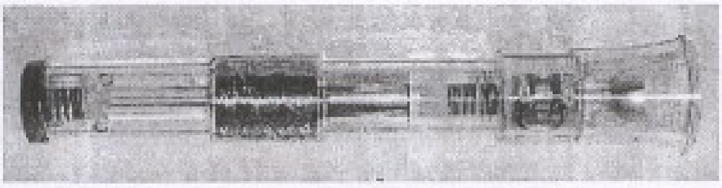
s konačnim rješenjem $\theta' = \mathrm{arctg}(23b/19a)$.

Državno natjecanje i smotra iz fizike
Trogir, 11.-14. Svibnja 2015.

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Na slici je prikazana samonapajajuća LED svjetiljka (može raditi bez baterija).



I. Sastavi takvu svjetiljku na osnovu zadanih elemenata. LED treba svijetliti konstantnim sjajem 30 sekundi.

Pribor:
- zavojnica, magnet, LED
- plastična cijev, spojne žice, gumeni čepovi
- predzgotovljeni elektronički dio (dioda ili diode,otpornik, kondenzator).

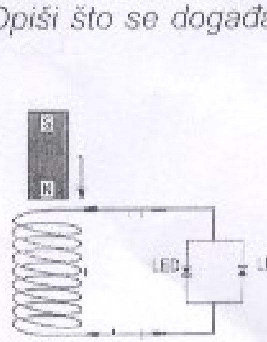
Napomena 1. Elektronički dio se dodaje naknadno i ostaje izvan cijevi.

Prema uputama proizvođača svjetiljka svijetli nakon nekoliko protresanja u horizontalnom smjeru i uključivanja sklopke.

a) Skiciraj i označi moguće osnovne dijelove takve svjetiljke. Poveži međusobno te dijelove.
b) Objasni načelo rada takve svjetiljke. Razmotri ulogu svakog dijela svjetiljke zasebno.
c) Na osnovu očitanih podataka (priloženo uz zadani element na pločici) i mjerenja (multimetar, zaporni sat) usporedi izračunato vrijeme koliko će LED svijetliti sa izmjerenim vremenom. Obrazloži dobivene rezultate.

II. Prvi pokušaj izvedbe svjetiljke ostvari sa zavojnicom koja je postavljena na plastičnu cijev, magnetom, LED i otpornikom spojenim u seriju sa diodom (*zašto?*). Krajeve cijevi zatvori gumenim čepovima. LED se postavlja na jedan od čepova. *Opiši što se događa sa svjetlosti LED tijekom pomicanja magneta u cijevi?*

Postavi cijev sa spojenom zavojnicom, LED i otpornikom u seriju okomito i puštaj magnet slobodno padati kroz cijev i zavojnicu. Pokušaj očitavati pomoću voltmetra napon na krajevima zavojnice. Procijeni uspješnost pokušaja.
Ponovi pokus tako da mjesto voltmetra spojiš paralelno dvije LED različitih boja, suprotno orijentirane.



Na osnovu prethodnih opažanja i teorijskih predviđanja skiciraj graf ovisnosti napona na krajevima zavojnice i vremena prolaza magneta kroz nju. Diskutiraj graf.

III. **1.** Dioda je poluvodički element koji propušta električnu struju samo u jednom smjeru. Tada je propusno polarizirana. Zbog toga je diodu moguće koristiti za ispravljanje izmjenične struje. Da bi se dobilo punovalno ispravljanje potrebno je koristiti 4 diode (na sklopu su dane diode 1N4007). *Skiciraj kako ih u tu svrhu treba spojiti. Protumači ulogu dioda u danom elektroničkom sklopu.*

2. Osim dioda na pločici se nalazi i elektrolitski kondenzator, velikog kapaciteta i malog probojnog napona (vrijednosti treba očitati). *Koja je uloga ovog kondenzatora?*

Napomena 2. Pri spajanju treba paziti jer se radi o polariziranom kondenzatoru. Dio koji se spaja na negativni potencijal je označen minusom (-). Kondenzator se može dodati ako se koristi barem jedna od dioda. Treba paziti da se ne premaši probojni napon.

IV. Ispitaj ovisnost broja pomaka magneta od jednog do drugog kraja cijevi i koliko dugo svijetli LED. Prikaži grafički ovisnost vremena emitiranja svjetlosti LED o broju pomaka magneta. Analiziraj dobiveni graf.
Za nekoliko horizontalnih pomaka svjetiljke prikaži graf pada napona na otporniku R spojenim u seriju sa LED u vremenu u kojem LED posve utrne.
Što se događa sa sjajem LED? Objasni.

V. Što sve utječe na efikasnost svjetiljke? Kako bi se moglo povećati trajanje emitiranja svjetlosti LED? Provjeri neke od mogućnosti eksperimentalno.

VI. Preporuka je proizvođača da se svjetiljka pomiče horizontalno. Zašto ne u okomitom smjeru? Ispitaj i objasni kako smjer pomicanja magneta utječe na rad svjetiljke.

VII. **1.** Krajevi cijevi zatvaraju se gumenim čepovima. Osim što onemogućuju izlazak magneta iz cijevi oni imaju još jednu namjenu. Koju? Objasni što će se dogoditi ako se gumeni čepovi zamijene oprugama. Potvrdi eksperimentalno. Postoji li i neka druga mogućnost (osim opruga)?

2. Pri kojoj frekvenciji pomaka (udaranja magneta o čepove) će LED svijetliti najvećim sjajem? O kakvom se titranju radi? Ako je moguće provjeri pokusom.

Državno natjecanje i smotra iz fizike
Trogir, 11.-14. svibnja 2015.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

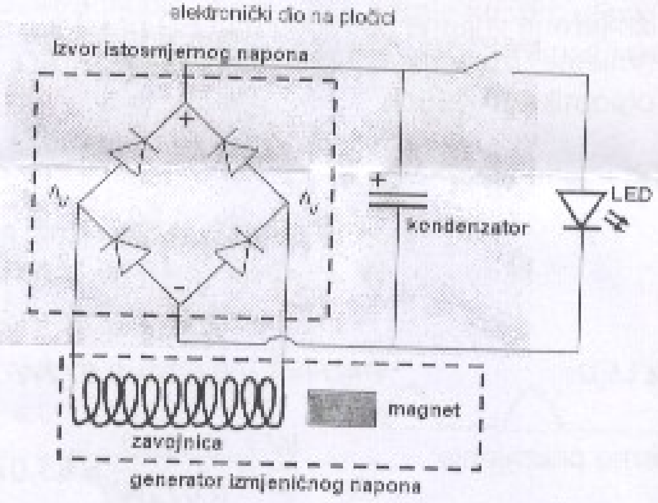
3. skupina

I.

a) **Osnovni dijelovi:**

- Generator izmjenjčnog napona : zavojnica i magnet
- LED
- Ispravljački sklop (diode) – izvor istosmjernog napona
- kondenzator

Cjelovit spoj, svjetiljka – shematski prikaz:



3 boda

Napomena: priznaje se i skica koja ne uključije propisane oznake elektroničkih elemenata (npr. blok dijagram, ispravno povezani i imenovani dijelovi)...

b) Svjetiljka radi na načelu elektromagnetske indukcije (Faradayev zakon):

$$Ui = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Pomicanjem magneta kroz zavojnicu mijenja se magnetski tok (magnetska indukcija). U danim uvjetima magnet se neprestano giba kroz zavojnicu u oba smjera. Zbog promjene magnetskog toka, na krajevima zavojnice se inducira napon.

Ovakav sustav zavojnica-magnet (u kojeme se magnet neprestano giba kroz zavojnicu) tvori generator izmjeničnog napona. Inducirani napon je promjenjive jakosti i polariteta. LED će svjetliti, ali pulsirajuće.
Dobiveni izmjenični signal je potrebno pretvoriti u istosmjerni. Ovo se izvodi pomoću 4 dioda (Graetzov spoj) spojenih na način kako je prikazano u odgovoru na pitanje III.1.
Da bi LED svjetlila i nakon što smo prestali pomicati magnet kroz zavojnicu potrebno je pohraniti energiju gibanja magneta (mehaničku energiju).
Nastali inducirani naponom punit će se kondenzator. Dio energije gibanja magneta pretvara se u energiju električnog polja kondenzatora. Kondenzator sad služi kao izvor napona za LED. Potrebno je koristiti i barem jednu sklopku. Sklopka je otvorena dok se kondenzator puni. Kad se sklopka zatvori kondenzator se preko LED prazni i ona svijetli.
Koristi se kondenzator velikog kapaciteta kako bi se pohranilo dovoljno energije da se može osigurati da LED svijetli neko dulje vrijeme.

c) Primjer razmatranja i mjerenja: **4 boda**

t_{pun}=1min ... vrijeme pomicanja magneta u zavojnici
U = 3,5V ... očitani napon na kondenzatoru
C=1F
t_{exp}=5min ... izmjereno vrijeme potrebno da LED prestane svijetliti (vrijeme izbijanja kondenzatora preko LED i serijski spojenog otpornika R=130Ω)

Energija koju je kondenzator pohranio:

$$W = \frac{1}{2}C\cdot U^2 = \frac{1}{2}\cdot 1F\cdot(3,5V)^2 = 6,125J$$

Izlazna snaga LED: $P=U\cdot I=3,V\cdot 0,02A=0,072W$

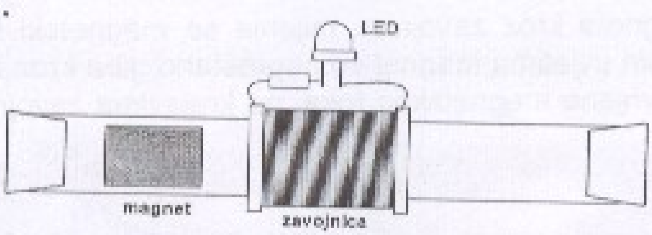
Očekivani vrijeme praznjenja: $t_{praz} = \frac{W}{P} = \frac{6,125J}{0,072W} = 85,07s$

t_{exp}=300s > t_{praz}=85s

2 boda

Snaga LED je samo početno 0.072 W. Nakon izbijanja, napon na krajevima zavojnice pada (Q=CU). Smanjuje se jakost struje (I=U/R) i izlazna snaga (P=UI). Snaga nije konstantna kao što je u terijskoj procjeni uračunato. Kondenzator se postupno puni i prazni. Stoga je izračunatih 6,125 J dostatno za više od 85 s rada LED svjetiljke.

II. Osnovni spoj:

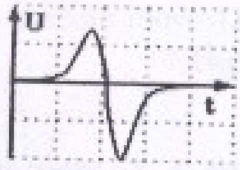


Odgovarajući otpornik je već unaprijed spojen u seriju sa LED. Služi za ograničavanje jakosti struje kako bi se LED zaštitila od prevelike jakosti struje.

1 bod

Svjetlost LED je promjenjivog, pulsirajućeg sjaja. Da bi svjetljila potrebno je cijelo vrijeme pomicati ovakovu izvedbu svjetiljke.

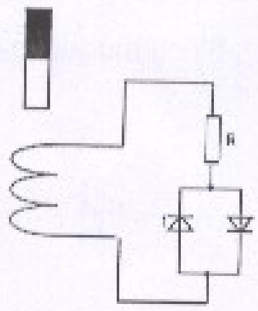
Promjene napona induciranog pri padu magneta kroz zavojnicu je teško očitavati pomoću voltemtra (digitalni multimetar) koji je na raspolaganju. Pomoću osciloskopa bi se uočile ovakve promjene napona na krajevima zavojnice:



Ovaj graf se može skicirati i na osnovu teorijskih predviđanja.

Diskusija grafa:

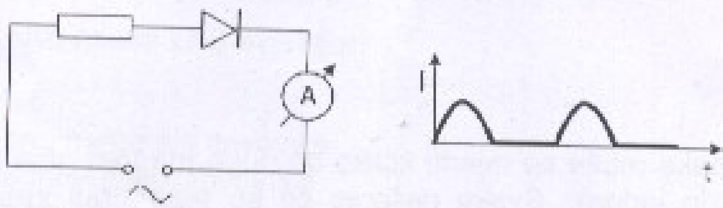
Pri ulasku magneta u zavojnicu povečava se magnetski tok. Kad se cijeli magnet nalazi u zavojnici magnetski tok se ne mijenja. Inducirani napon je 0. Pri izlasku magneta magnetski tok se smanjuje. Nastaje ponovno inducirani napon, ali suprotnog predznaka no pi ulasku magneta u zavojnicu.



Ako se umjesto voltmetra spoje dvije LED paralelno pri ulasku magneta u zavojnicu svijetliti će jedna dioda, a pri izlasku druga dioda.

III.1. **2 boda**

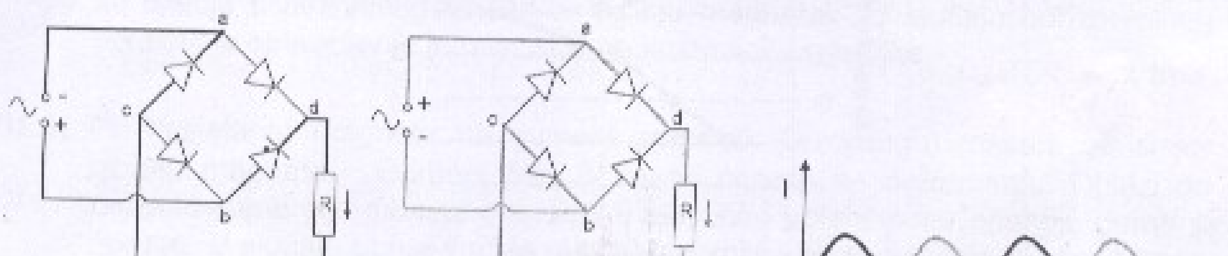
Ako se od 4 ponuđene diode iskoristi samo 1 dioda:



2 boda

U ovakvom strujnom krugu teče pulsirajuća istosmjerna struja, svaka druga perioda se prekida jer dioda ne vodi. Svjetlost koju LED emitira će također pulsirati.

Jedna od mogućnosti dobivanja istosmjernog napona (struje) od izmjeničnog izvora ostvaruje se pomoću 4 diode koje se spajaju na shematski prikazani način:



Kod ovakvog spoja dioda za vrijeme pozitivne poluperiode izmjenične struje struja će teći od trenutno + pola preko acdb prema -. Tijekom negativne poluperiode, struja će teći preko bcda, u istom smjeru. Ako je između točaka a i b doveden izmjenični signal, ovakav spoj ispravlja signal i između točaka c i d (na krajevima otpornika R) se dobiva istosljerni signal (promjenjive jakosti).

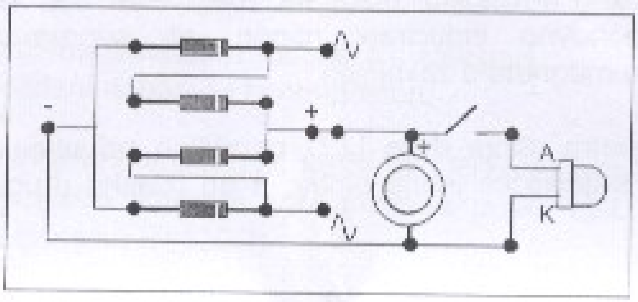
U ovom slučaju dobiven je istosmjerni napon potreban da bi LED svjetlila stalnim sjajem

3 boda

III.2. Kondenzator služi kao izvor napona za LED. Koristi se kondenzator velikog kapaciteta kako bi se pohranilo dovoljno električne energije da se može osigurati da LED svijetli dulje vremena. (odgovor je već dan u I.b)

2 boda

Skica mogućeg spajanja elemenata (i uz zadatak I.a):

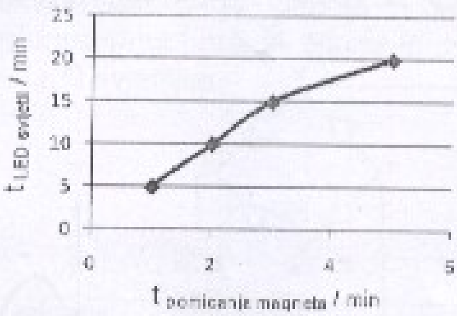


IV.

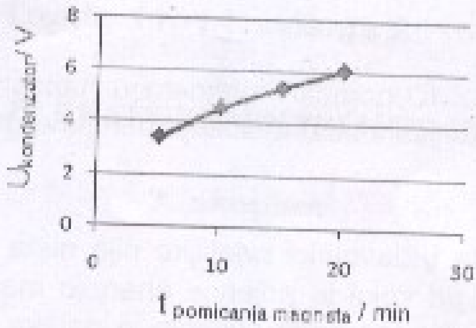
R_{diode}=500Ω
R=130Ω
$I_{LED\ max}$= 20mA

Umjesto broja pomaka može se mjeriti koliko se dugo magnet giba u zavojnici amo tamo. Oblik grafa je jednak. Svako rješenje će se razmatrati zasebno, ovisno o mjernim podacima.

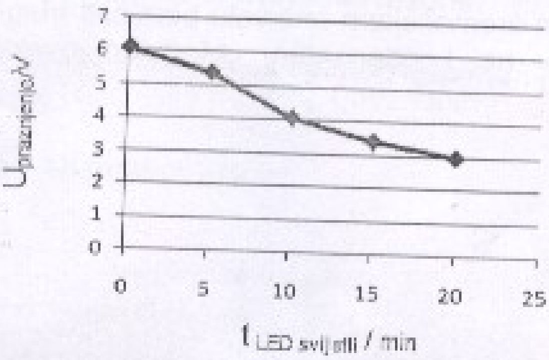
Grafički prikazi mogućih mjerenja sa danim priborom:



Što se dulje vremena pomicao magnet u zavojnici LED svijetli dulje. Međutim, **ovisnost nije linearna**!



Za početni napon od 6,1 V na kondenzatoru nakon 20 min LED prestaje svijetliti:



Sjaj LED je u početku manje više stalan, a kako se kondenzator prazni, sjaj sve brže opada.

4 boda

V. Povećanje efikasnosti LED svjetiljke:

- jači magnet
- povečati broj namotaja zavojnce
- veći poprečni presjek zavojnice
- osigurati da je što manji razmak između magneta i zavojnice

(Mogući su i dodatni odgovori). **2 boda**

VI. Pomiče li se magnet okomito, gore dolje, pri padu u donji dio, veće je opterećenje no u slučaju horizontalnog pomicanja lijevo desno. Na donji čep se djeluje silom većeg iznosa za težinu magneta. U slučaju horizontalnog pomicanja opterećenje je najmanje na kostrukciju svjetiljke.

1 bod

VII.1. Pri nalijetanju magneta na gumeni graničnik (ili oprugu) mijenja se smjer gibanja magneta. Gumeni čep, odnosno opruga se deformiraju. Dolazi do pretvorbe energije gibanja magneta u elastičnu potencijalnu energiju gume ili opruge. U slučaju gume veći je gubitak energije koji se predaje okolini. Ovime se povećava entropija gume. Dio pohranjene energije zbog promjene oblika se sa entropijom predaje okolini. Ostvarena entropija i gubitak energije je znatno veći u slučaju gumenog graničnika no kod opruge. Stoga bi bilo bolje primjenjivati oprugu.

Primjer provjere: za 10 pomaka magneta u horizontalnom smjeru usporediti koliko će vremena svijetliti LED u slučaju primjene gumenih čepova i u slučaju primjene opruga.

2 boda

VII.2. Pomicanje magneta u zavojnici svjetiljke nije ništa drugo no prisilno titranje. Postoji frekvencija pri kojoj je prijenos energije maksimalan (rezonancija). U slučaju primjene gumenog čepa gušenje je daleko veće, tako da ima smisla jedino u slučaju primjene opruga obratiti pažnju na ovo. Pri odeđenoj frekvenciji pomicanja magneta sjaj LED će biti maksimalan.
Eksperimentalna provjera je uz zadani pribor teže izvediva. Jedna moguća provjera: u istom vremenskom intervalu pomicati magnet različitim brzinama i očitavati napon na kondenzatoru. Međutim ovakva mjerenja neće biti ponovljiva.

2 boda

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11.-14. svibnja 2015.

Srednje škole - 4. grupa

1. zadatak (18 bodova)

Dva zrcala dodiruju se duž zajedničkog brida i reflektirajuće ravnine su im nagnute za malo manje od ispruženog kuta. Laserska zraka svjetlosti valne duljine 632nm, koja je okomita na dodirni brid zrcala i u ravnini okomitoj na oba zrcala, upada pod malim kutom dijelom na bliže zrcalo od kojeg se reflektira polovica zrake, a druga polovica zrake reflektira se od drugog zrcala. Te se dvije zrake nakon refleksije preklapaju u određenom prostoru pa dolazi do njihove interferencije i pojave svijetlih i tamnih pruga na zaslonu koji je gotovo okomit na smjer dolaska snopova svjetlosti. Udaljenost zaslona od brida među zrcalima je 2,850m. Da bismo olakšali izračune i izbjegli probleme s teškim određivanjem malih kutova između dvaju zrcala te zrake i zrcala, interferenciju možemo promatrati kao da je posljedica postojanja dvaju virtualnih izvora iza zrcala. Položaj i međusobni razmak dvaju virtualnih izvora odredimo tako što prilikom umetanja sabirne leće žarišne daljine 30cm na udaljenost 2,600m od zaslona dobijemo na zaslonu oštru realnu sliku dvaju virtualnih izvora i središta tih dviju svijetlih točaka međusobno su udaljena 7.7mm.

a) Koliki je razmak središta dvaju susjednih interferencijskih maksimuma (naravno, kad se leća ukloni)?

b) Koliko se ukupno interferencijskih maksimuma vidi na zaslonu kao posljedica specifične geometrije sustava?

2. zadatak (17 bodova)

Svjetleća dioda napaja se izmjeničnim radiofrekventnim naponom frekvencije 50MHz pa je crvena svjetlost valne duljine 632nm koju dioda emitira modulirana tako da se amplituda svjetlosti mijenja u skladu s naponom.

a) Amplitudno moduliranu svjetlost možemo dobiti i superpozicijom dva monokromatska vala različitih i relativno bliskih frekvencija. Dokažite tu tvrdnju i ujedno izračunajte frekvencije tih dvaju svjetlosnih valova te pokažite kolikom brzinom se širi modulacija svjetlosti kroz vakuum!

b) Zraka takve modulirane svjetlosti izlazi iz diode i dolazi do sustava od dva zrcala te se od njih odbija i malo paralelno pomaknuta vraća nazad do detektorske fotodiode koja se nalazi pored svjetleće diode. Fazni pomak između modulacija poslane zrake s diode i primljene zrake na detektoru može se lako mjeriti osciloskopom. Prilikom udaljavanja para zrcala za 1,49m od diode i detektora dolazi do dodatnog faznog pomaka modulacije između poslane i primljene zrake za π. Kolika je brzina svjetlosti određena ovim eksperimentom?

c) Ovakvim postavom može se mjeriti i indeks loma prozirnog sredstva. Komad stakla u obliku kvadra duljine 30cm stavi se na put odlazne zrake i uoči određeni fazni pomak modulacije između poslane i primljene zrake. Potom se staklo ukloni i zrcala udaljavaju od diode i detektora sve dok se ne uoči isti fazni pomak modulacije kakav je bio dok je staklo bilo na putu. Koliki je indeks loma stakla ako je za to zrcala bilo potrebno pomaknuti za 9,3cm?

3. zadatak (18 bodova)

Postoji i sol NaCl koja je radioaktivna, jer u sebi sadrži jezgre ^{22}Na, ali koja ne postoji prirodno, već se dobiva u reaktorima. Vrijeme poluraspada jezgara ^{22}Na je 2,6 godina, i pri raspadu se emitira pozitron. Nastala jezgra je u pobuđenom stanju i ona nakon 3ps emitira γ-foton energije 1,275MeV i prelazi u osnovno stanje. U procesu u reaktoru dobiveno je 15% radioaktivnih ^{22}Na, dok su ostale stabilne jezgre ^{23}Na. Takav NaCl otopi se odmah u vodi i između dva valjkasta komada ispitnog materijala duljina 10cm kapne se tu otopine i pusti neka voda brzo ispari te se valjci spoje tako da je između njih na sredini ostala radioaktivna sol u čvrstom stanju mase 1μg. Pretpostavite da se fotoni i pozitroni gibaju uglavnom okomito na valjkaste pločice. Na krajeve izvan valjkastih pločica materijala postavljeni su detektori γ-fotona.

a) Napišite jednadžbu reakcije raspada ^{22}Na i izračunajte kinetičku energija pozitrona ukoliko jezgra ostaje na svom mjestu, a poznate su mase jezgre ^{22}Na koja iznosi 21,9944364u i jezgre kćeri u nepobuđenom stanju 21,99138511u. Prosječna masa jezgara Cl je 35,453u i one su stabilne, a stabilnih ^{23}Na 22,9898u.

b) Kolika je aktivnost u početnom trenutku i koliko je vremena potrebno prikupljati podatke da bi se dogodilo 10^9 raspada ^{22}Na?

c) Pozitron putuje kroz materijal efektivnom brzinom koja je 100 puta manja od njegove brzine prilikom nastanka. Pretpostavite da u prosjeku jednom naiđe na nano-šupljinu u istraživanom poroznom materijalu i u toj šupljini se privremeno zadrži te potom nastavi dalje do drugog kraja materijala. Anihilacija pozitrona najčešće se dogodi s elektronom prilikom izlaska iz materijala pri čemu nastaju 2 γ-fotona. Koliko vremena se u prosjeku zadržavaju pozitroni u nano-šupljini ukoliko γ-detektor najčešće bilježi vremenski razmak između dolaska fotona energije 1.275MeV (start-signal mjerača vremena) i 0,911MeV (stop-signal mjerača vremena) od 47ns? Zašto je start-signal navedene energije dobar izbor u ovoj mjernoj metodi?

4. zadatak (17 bodova)

Lasersko hlađenje atoma je učinak pri kojem se atomi razrijeđenog plina usporavaju pomoću laserskog snopa. Energija fotona iz snopa podesi se na nešto nižu vrijednost od energije potrebne za pobuđivanje atoma iz osnovnog stanja u prvo pobuđeno stanje. Tada atom koji se giba ususret fotonu može apsorbirati takav foton, a rezultat je njegovo usporavanje. Nakon toga dolazi do povratka atoma u svoje osnovno stanje. Budući da se atomi u plinu gibaju u svim smjerovima, koristi se više laserskih snopova u različitim smjerovima da bi se sve komponente brzine umanjile te tako dobio plin čiji se atomi gibaju znatno umanjenom brzinom.

Promatrajte atome natrija mase $m=3,82\cdot10^{-26}$kg, kod kojih je energija prvog pobuđenog stanja $E=3,36\cdot10^{-19}$J iznad osnovnog stanja, a širina tog stanja je $\Gamma=7\cdot10^{-27}$J, što znači da energija može biti u intervalu od $E-\Gamma/2$ do $E-\Gamma/2$. Pri temperaturi 2,3K karakteristična brzina natrijevih atoma u plinu je 50m/s. Pretpostavite da se atom te brzine giba prema snopu svjetlosti.

a) Kolika mora biti valna duljina svjetlosti da bi atom apsorbirao foton?
b) Kolika će biti promjena brzine atoma apsorpcijom fotona?
c) U kojem intervalu mogu biti brzine atoma da bi oni mogli apsorbirati fotone izračunate energije?
d) Nakon koliko vremena se dogodi prijelaz u osnovno stanje te kvalitativno objasnite kako to da je nakon povratka atoma u osnovno stanje i nakon niza takvih procesa ukupna temperatura smanjena!
e) Na koje valne duljine treba podesiti laser kada se na kraju želi doći do 230μK?

Korisni izrazi: $(1+x)^n \approx 1+nx$ za $x<<1$

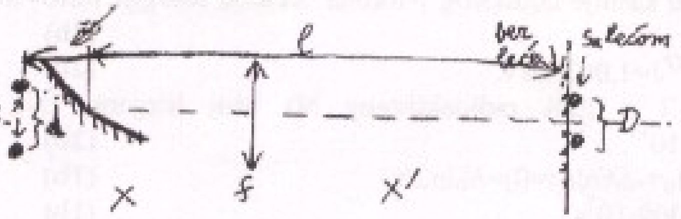
$\sin(\alpha+\beta)=\sin(\alpha)\cos(\beta)+\cos(\alpha)\sin(\beta)$ i $\cos(x)\sin(y)=(\sin(x+y)-\sin(x-y))/2$

Konstante:

- brzina svjetlosti $c=3\cdot10^8$ m/s
- Planckova konstanta $h=6,626\cdot10^{-34}$ Js
- elementarni naboj $e=1,6\cdot10^{-19}$ C
- masa protona $m_p=1.67262178\cdot10^{-27}$ kg
- masa neutrona $m_n=1.67492735\cdot10^{-27}$ kg
- masa elektrona $m_e=9.10938291\cdot10^{-31}$ kg
- unificirana atomska jedinica mase $u=1,66056\cdot10^{-27}$ kg

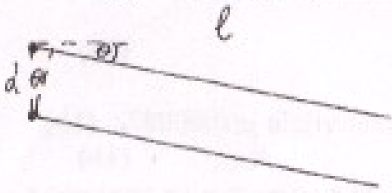
DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Trogir, 11.-14. svibnja 2015.
Srednje škole - 4. grupa – Rješenja i bodovanje

1. zadatak (18 bodova)



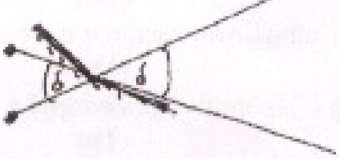
a) Svako zrcalo stvara jednu virtuanu sliku izvora svjetlosti koje pomoću leće možemo projicirati na zaslon, (slika **(2b)**) pa se iz jednadžbi $\frac{1}{x}+\frac{1}{x'}=\frac{1}{f}$ i $\frac{D}{d}=\frac{x'}{x}$ dobiju njihove udaljenosti od leće x i njihova međusobna udaljenost d. **(2b)**

Iz zadanog x'=2,6m i f=0,3m dobije se x=0,339m te potom d=7,7mm·0,339/2,6 = 1mm. **(2b)**



Uvjet za konstruktivnu interferenciju zraka koje se šire iz dva virtualna izvora je $d\sin\theta = k\lambda$, gdje je θ otklon od horizontale. **(2b)**

Položaj k-tog maksimuma na zaslonu udaljenom l=x+x'=2,939m od izvora je $z_k = l\tan\theta_k = k\frac{\lambda l}{d}$ jer je θ mali kut pa je razmak susjednih maksimuma $\Delta z = \frac{\lambda l}{d}$ =1,85mm. **(3b)**



Ista se rješenja dobiju i kada virtualni izvori nisu točno jedan iznad drugog.

b) Interferencija valova iz dvaju izvora može se dogoditi samo gdje se valovi preklapaju u prostoru, a to je unutar kuta δ. **(2b)**

Iz geometrije je $\frac{d}{2} = s\cdot\tan\frac{\delta}{2}$, gdje je udaljenost izvora od brida zrcala s=0,339m-0,25m=0,089m. Slijedi δ=0,644°=0,01123rad. **(2b)**

S druge strane je $\delta\cdot(l-s) = N\cdot\Delta z$ pa je N=17,3 pa je ukupan broj interferencijskih maksimuma 17. **(3b)**

2. zadatak (17 bodova)

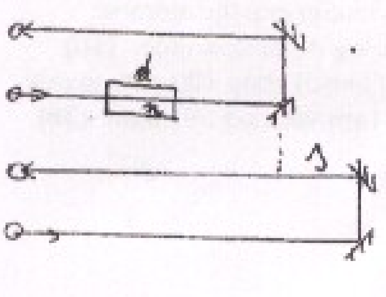
a) Valnu funkciju amplitudno modulirane svjetlosti možemo zapisati E=$E_0\cos(\Omega t$-$Kx)\sin(\omega t$-$kx)$, gdje je Ω=$2\pi F$=3,14·10^{8}s^{-1}, a ω=$2\pi c/\lambda$= 2,98·10^{15}s^{-1}, te K=$2\pi/\Lambda$ i k=$2\pi/\lambda$. **(2b)**

Pomoću formule za umnožak kosinusa i sinusa dobije se
E=E_0/2{sin[(ω+Ω)t-(k+K)x]+sin[(ω-Ω)t-(k-K)x]}. **(2b)**

Moduliranu svjetlost se dakle može shvatiti kao superpoziciju monokromatskih valova kružne frekvencije (2,98·10^{15}+3,14·10^8)s^{-1} i (2,98·10^{15}-3,14·10^8)s^{-1}. **(2b)**

Za prvi val vrijedi ω+Ω=c·(k+K), a za drugi ω-Ω=c·(k-K), gdje je c brzina širenja valova to jest brzina svjetlosti, a oduzimanjem te dvije jednakosti dobije se Ω=c·K, što znači da modulacija također putuje brzinom c. **(2b)**

b) Nakon što je zraka modulirane svjetlosti prešla put $2l$, valna funkcija pri povratku u detektor joj je E=$E_0\cos[\Omega t$-$K(x$+$2l)]\sin[\omega t$-$k(x$+$2l)]$, što zbog stečenog faznog pomaka modulacije za π s obzirom na modulaciju polazne zrake znači da je $2Kl$=π. **(2b)**



Uzimanjem K=$2\pi/\Lambda$ i Λ=c/F dobije se c=$4Fl$=2,98·10^{8}ms^{-1}. **(2b)**

c) Prilikom prolaska kroz staklo fazni pomak modulacije je nKd. **(1b)**

Uklanjanjem stakla na tom se putu dogodi fazni pomak Kd, kojemu treba nadodati još i fazni pomak zbog pomicanja zrcala za s koji iznosi $2Ks$, te skupa čine isti pomak kao u slučaju stakla. **(2b)**

Stoga je nKd=Kd+$2Ks$. **(1b)**

Slijedi indeks loma stakla n=1+$2s/d$=1,62. **(1b)**

3. zadatak (18 bodova)

a) ${}^{22}_{11}Na \to {}^{22}_{10}Ne^{*} + e^{+} + \nu_e$ **(1b)**

Jezgra ostaje na mjestu pa se energija dobivena raspadom pretvori u kinetičku energiju pozitrona i energiju pobuđenja jezgre ^{22}Ne koja je za energiju kasnije izračenog γ-fotona veća od energije mirovanja. Stoga možemo pisati $m_{Na}c^2 = m_{Ne}c^2 + E_\gamma + m_e c^2 + K^+$. **(2b)**

Odatle je kinetička energija pozitrona $K^+ = 1{,}7 \cdot 10^{-13}J=1{,}063$MeV. **(2b)**

b) U početnom trenutku u 1μg mase NaCl s 15% radioaktivnog Na broj jezgara ^{22}Na je $N_0 = 0.15 \cdot m/(0{,}15 m_{Na22}u + 0{,}85 m_{Na23}u + m_{Cl}u) = 1{,}55 \cdot 10^{15}$. **(2b)**

Iz $N(t) = N_0(1/2)^{t/\tau}$ dobije se u početnom trenutku $A_0 = -dN/dt(t=0) = N_0 \ln 2/\tau$. **(1b)**

Za zadani $\tau = 8{,}205 \cdot 10^7$s dobije se aktivnost $A_0 = 1{,}309 \cdot 10^7 \text{s}^{-1}$. **(1b)**

Kako je milijarda raspada vrlo mali broj naspram broja jezgara na početku, to se aktivnost može smatrati konstantnom, i broj raspada u vremenu Δt iznosi $\Delta N = A\,\Delta t$, pa je $\Delta t = 10^9/1{,}309 \cdot 10^7s=76.4$s. **(2b)**

c) Iz $K = E - m_0c^2 = \dfrac{m_0c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - m_0c^2$ dobije se $v = c\dfrac{\sqrt{K^2 + 2Km_0c^2}}{K + m_0c^2}$. **(2b)**

Iz $m_0c^2 = 0{,}911$MeV i izračunatog K dobije se $v = 0{,}887c$. Brzina pozitrona u materijalu je 0,00887c. **(1b)**

Vrijeme putovanja pozitrona tom stalnom brzinom kroz materijal je 37ns. **(1b)**

Foton je krenuo 3ps kasnije od pozitrona i on stigne za 330ps do detektora, što su zanemariva vremena s obzirom na putovanje pozitrona. **(1b)**

Budući da se dolazak pozitrona bilježi 47ns nakon dolaska γ-fotona, to znači da je pozitron zastao u nano-šupljini 10ns. **(1b)**

Korišteni start-signal je prikladan jer polazi gotovo odmah, jako je velike brzine i usporedive je energije s fotonom nastalim anihilacijom pa se može koristiti isti detektor. **(1b)**

4. zadatak (17 bodova)

a) Atom mase m prije apsorpcije giba se brzinom v ususret fotonu valne duljine λ. Nakon apsorpcije količina gibanja atoma smanjena je na $mv' = mv - h/\lambda$, to jest brzina je smanjena za $\Delta v = -hf/mc$. **(2b)**

Očuvanje energije glasi: $hf + mv^2/2 = E + mv'^2/2$, gdje je E razlika energija prvog pobuđenog stanja i osnovnog stanja. **(2b)**

Uvrštavanjem v' iz prve u drugu jednadžbu dobije se $hf(1+v/c) = E + h^2f^2/2mc^2$. Zanemarivanjem $hf/2mc^2$, te za $v \ll c$ dobije se $hf = E(1-v/c) = 3{,}36 \cdot 10^{-19}(1-50/300000000)$J, to jest frekvencija je $5{,}071 \cdot 10^{14}$Hz$-8{,}5 \cdot 10^7$Hz, pa energija fotona mora biti niža od E za $5{,}6 \cdot 10^{-26}$J. Valna duljina potrebnog fotona je 591,6nm, to jest točnije za ~0,00001nm viša od toga. **(3b)**

b) Smanjenje količine gibanja atoma jednako je količini gibanja apsorbiranog fotona, pa je promjena brzine $\Delta v = -hf/mc = -0{,}029$m/s. **(2b)**

c) Iz dobivenog izraza $hf(1+v/c) = E$ treba naći u kojem intervalu smije biti brzina atoma, ako je energija prvog pobuđenog stanja u intervalu Γ. Slijedi da je $hfv_i/c = \Gamma$, iz čega se dobije širina intervala brzine $v_i = c\Gamma/hf = 6{,}25$m/s. **(3b)**

d) Iz relacije neodređenosti slijedi da se prijelaz u osnovno stanje dogodi nakon $t = h/\Gamma = 1{,}5 \cdot 10^{-8}$s. **(2b)**

Smanjenje brzine pri apsorpciji puno je manje od intervala u kojem smije biti brzina da bi apsorpcija bila moguća, što govori da će isti atom moći mnogo puta apsorbirati foton te se tako znatno usporiti. Svaki od tih procesa rezultira usporavanjem jedne komponente brzine svakog atoma, a nakon emisije atom se odbija u nasumičnim smjerovima, zbog čega se ukupna kinetička energija cijelog plina smanjuje. **(1b)**

e) Fotoni su i dalje dominantno određeni energijom E, s time da izraz $\lambda = hc/E(1+v/c)$ zbog 100 puta manje brzine nego pri 2,3K (jer je $v^2 \sim T$) daje da valna duljina treba biti za 0,0000001nm veća od 591,6nm **(2b)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 4. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Pribor:

- plastična posudica
- papimati ubrus
- stiropor
- 6 čačkalica
- 6 pribadača
- ravnalo
- kutomjer
- milimetarski papir
- voda
- ulje

Zadatak:

1. Odredite indeks loma za vodu i ulje 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) napišete izraz za indeks loma i izvedete odgovarajuće izraze za pomak zrake svjetlosti prema skici kao i izraz za pomak zrake svjetlosti koji uključuje i indeks loma .... 2 boda

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

e) tablično prikažete rezultate za minimalno pet mjerenja za vodu .... 3 boda

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

II.

g) ponovite eksperimentalni postupak iz prvog zadatka za ulje uz:
- tablični prikaz rezultata mjerenja .... 3 boda
- proveden račun pogreške .... 4 boda
- priložene eksperimentalne papire za vodu i ulje s označenim fizikalnim veličinama koje ste mjerili .... 2 boda

III.

h) analizirate dobivene eksperimentalne rezultate:
- što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata .... 2 boda
- ukratko komentirate dobivene rezultate za vodu i ulje u odnosu na teorijske vrijednosti .... 2 boda
- zaključno navedete o čemu ovisi pomak zrake svjetlosti kroz planparalelnu ploču, te uz fizikalnu skicu komentirate narav slike kroz npr. prozorsko staklo .... 2 boda

---

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

Natjecateljima želimo uspješan rad!

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 4. grupa

Eksperimentalni zadatak - rješenje

1. Odredite indeks loma za vodu i ulje pomoću naznačenog pribora tako da:
I.
a) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka .... 2 boda

Planparalelnu ploču čine dva međusobno paralelna ravna dioptra, razmaknuta za udaljenost d.

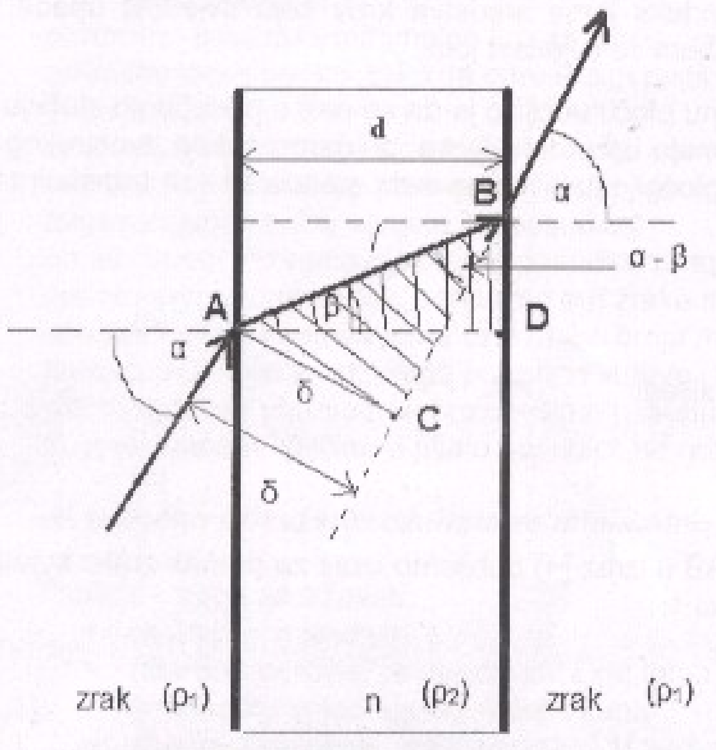
Ravni dioptar predstavlja granicu između dva optički prozirna sredstva različitih indeksa loma n_1 i n_2, međusobno odvojenih ravninom (npr. zrak i voda).

Općenito dioptar smatramo granicom između dva prozirna, homogena, izotropna sredstva.

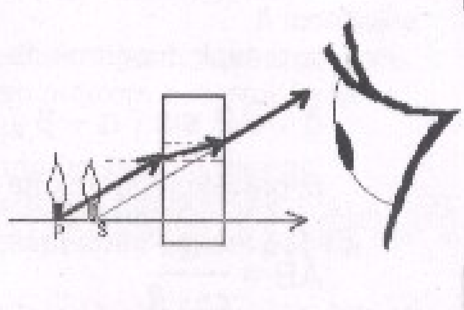
Na dioptrijskoj plohi koja dijeli dva optički različita sredstva (ρ_1 i ρ_2) svjetlost mijenja pravac širenja. Tu pojavu nazivamo lom ili refrakcija svjetlosti (jedan od četiri osnovna zakona geometrijske optike). Lomljena zraka također leži u upadnoj ravnini i zatvara s okomicom na dioptrijsku plohu kut β. Omjera sinusa kuta upadanja α i sinusa kuta loma β stalan je broj koji nazivamo indeksom loma n, što je poznato kao Snelliusov zakon loma (Willebrord Snellius, 1580.-1626., nizozemski matematičar).

Zraka svjetlosti koja pod nekim kutom dolazi na prvi ravni dioptar iz optički rjeđeg sredstva, lomi se prema okomici, dolazi do drugog ravnog dioptra i tada se ponovno lomi, ovaj put, zbog prijelaza iz optički gušćeg u rjeđe sredstvo, prema okomici, pri čemu su ulazna i izlazna zraka međusobno paralelne i pomaknute za veličinu δ.

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



Slika 1. Pomak zrake svjetlosti na planparalelnoj ploči



Slika 2. Narav slike kroz prozorsko staklo

Osnovne fizikalne veličine koje treba naznačiti na skici: upadni i lomljeni kut, debljina ploče i pomak zrake svjetlosti.

c) napišete izraz za indeks loma i izvedete odgovarajuće izraze za pomak zrake svjetlosti prema skici kao i izraz za pomak zrake svjetlosti koji uključuje i indeks loma .... *2 boda*

Snelliusov zakon loma:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \qquad (1)$$

Ako je prvo sredstvo vakuum, tada indeks loma nazivamo apsolutnim indeksom loma n. Prema definiciji apsolutni indeks loma vakuuma je jedan. Kad svjetlosna zraka upada iz vakuuma u bilo koje prozirno sredstvo, lomi se prema okomici, odnosno kut loma β uvijek je manji od upadnog kuta α, što znači da je apsolutni indeks loma broj koji je uvijek veći od jedan ($n > 1$). U obzir treba uzeti kako se upadna zraka na granici dvaju sredstava lomi, ali također i djelomično reflektira po zakonu refleksije. Iz navedenog zaključujemo kako je sredstvo optički gušće što ima veći apsolutni indeks loma.

Ako se lom zrake svjetlosti događa između dva sredstva od kojih niti jedno nije vakuum, tada se indeks loma između ta dva prozirna sredstva naziva relativnim indeksom loma drugog sredstva u odnosu na prvo ($n_{2,1}$). Relativni indeks loma jednak omjeru apsolutnih indeksa loma:

$$n_{2,1} = n_2 / n_1 \qquad (2)$$

Zakon loma možemo napisati i na ovaj način:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \qquad (3)$$

Upadna i lomljena zraka leže u istoj ravnini koja je okomita na graničnu dioptrijsku plohu, pri čemu je n_1 apsolutni indeks loma sredstva kroz koju svjetlost upada, a n_2 apsolutni indeks loma sredstva u kojem se svjetlost lomi.

Prema Slici 1 za planparalelnu ploču uočljivo je da se radi o posebnom slučaju kada dva sredstva s obje strane ploče imaju isti indeks loma, pri čemu nakon dvostrukog loma zraka svjetlosti nakon izlaska iz ploče ostaje sama sebi paralelna, ali translatirana za vrijednost δ.

Iz pravokutnog trokuta ABC proizlazi:

$$\delta = AB \sin(\alpha - \beta) \qquad (4)$$

Iz pravokutnog trokuta ABD slijedi:

$$AB = \frac{d}{\cos \beta} \qquad (5)$$

Uvrštavanjem izraza (5) za AB u izraz (4) dobijemo izraz za pomak zrake svjetlosti kroz planparalelnu ploču prema Slici 1:

$$\delta = d \, \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} \qquad (6)$$

Kut loma β i upadni kut α međusobno su povezani Snelliusovim zakonom loma:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \qquad (7)$$

Za pomak zrake svjetlosti nakon trigonometrijskih transformacija vrijedi slijedeći konačan izraz u kojem je sadržan i zakon loma:

$$\delta = d \sin\alpha \left(1 - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}\right) \tag{8}$$

d) ukratko opišete način vršenja mjerenja .... ***2 boda***

Eksperimentalni set pripremimo na slijedeći način:

- stiropor postavimo na ravnu podlogu stola;
- na stiropor stavimo eksperimentalni milimetarski papir;
- na sredinu papira i stiropora postavimo posudicu koja predstavlja našu eksperimentalnu planparalelnu ploču;
- označimo položaje dva ravna dioptra koji će biti granice dva optička sredstva za primjenu zakona loma (ili cijelu površinu posudice);
- maknemo posudicu, uzmemo eksperimentalni papir i na podlozi stola ravnalom precizno povučemo položaje dva paralelna ravna dioptra;
- vratimo eksperimentalni papir na podlogu od stiropora i na oznake stavimo posudicu koju smo napunili vodom do minimalno 2/3 visine;
- pristupamo viziranju, pri čemu u odabiru imamo pribadače (koje su tanje ali i kraće) i čačkalice (koje su duže i zbog veličine posudice u ovom slučaju praktičnije za korištenje):
    - prvo s jedne strane posudice zabodemo dvije oznake (pribadače ili čačkalice) koje tako čine pravac (zraku svjetlosti) koja dolazi do ravnog dioptra pod kutom α);
    - s druge strane posudice, iza drugog paralelnog ravnog dioptra, u stiropor zabodemo još dvije oznake na taj način da viziranjem kroz jedno oko dobijemo potpuno preklapanje sve četiri oznake (dvije ispred i dvije iza posudice);
- ponovimo postupak minimalno 5 puta, zbog praktičnosti može i na istom milimetarskom papiru, tako da određenim pozicijama oznaka pridružujemo oznake, tj. brojeve;
- za ponavljanje postupka dovoljno je drugu oznaku od posudice pomaknuti za malu vrijednost, pri čemu se povećava ili smanjuje upadni kut, te viziranjem postaviti u odgovarajući položaj oznake iza posudice;
- po završetku mjerenja maknemo posudicu i na eksperimentalnom papiru pomoću pribora ucrtamo okomice, označimo put zrake svjetlosti prilikom dvostrukog loma, upadne kutove i kutove loma uz oznake broja mjerenja;
- pomoću kutomjera izmjerimo potrebne kutove i rezultate upišemo u tablicu;
- zatim papirnim ubrusom dobro osušimo posudicu i postupak ponovimo s odgovarajućom količinom ulja u posudici, na novom eksperimentalnom papiru.

e) tablično prikažete rezultate za minimalno pet mjerenja za vodu .... ***3 boda***

Tablica 1 treba sadržavati:

- redni broj mjerenja
- mjerene veličine za upadni kut i kut loma
- izračunatu vrijednost za indeks loma
- zbog praktičnosti može se uvrstiti u tablicu ili napisati u drugačijem obliku vrijednost svakog pojedinačnog odstupanja dobivenog rezultata u odnosu na srednju vrijednost (točka f)

- također se može zapisati i dobiveni pomak zrake svjetlosti, ali ta vrijednost nije neophodna za cilj praktičnog zadatka, koji se odnosi na određivanje indeksa loma.

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

Srednja vrijednost: $n^* = \Sigma n_i / N$, N – broj mjerenja (9)

Apsolutna vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja:

$|\Delta n_{max}|$ ~ prema: $\Delta n = n_i - n^*$ (10)

Relativna maksimalna pogreška: $r_m = [(|\Delta n_{max}| / n^*) \cdot 100]\ \%$ (11)

Zapis točnog rezultata: $n = (n^* \pm \Delta n_{max})$ (12)

II.

g) ***ponovite eksperimentalni postupak iz prvog zadatka za ulje uz:***

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

= opisano pod e)

- proveden račun pogreške .... ***4 boda***

= opisano pod f)

- uz tablice s rezultatima mjerenja priložite eksperimentalne papire za vodu i ulje s označenim fizikalnim veličinama koje ste mjerili .... ***2 boda***

= opisano pod d) ~ 4., 5., 8. i 10. crtica

III.

h) ***analizirate dobivene eksperimentalne rezultate:***

- što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata ... ***2 boda***

= Očekuje se kratak osvrt na način viziranja, mjerenje kutova, oblik posudice.

- ukratko komentirate dobivene rezultate za vodu i ulje u odnosu na teorijske vrijednosti .... ***2 boda***

= Kratka usporedba eksperimentalnih rezultata u odnosu na poznatu vrijednost indeksa loma za vodu (n = 1,33).

U analizi poželjno spomenuti plastične stijenke posudice, usporediti rezultate za vodu i ulje, odrediti odstupanje u odnosu na poznatu teorijsku vrijednost i sl.

- zaključno navedete o čemu ovisi pomak zrake svjetlosti kroz planparalelnu ploču, te uz fizikalnu skicu komentirate narav slike kroz npr. prozorsko staklo .... ***2 boda***

= Prema slici 1 i izrazima (6) i (8) logično se može zaključiti kako pomak zrake svjetlosti ovisi o upadnom kutu α, debljini ploče d i indeksu loma n planparalelne ploče.

Slika 2 na 1. stranici prikazuje kako kroz prozorsko staklo vidimo virtualne slike realnih predmeta; slike koje dobivamo planparalelnom pločom virtualne su i bliže ploči nego predmet.

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