DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 1. skupina

1. zadatak (18 bodova)

Prednje vjetrobransko staklo automobila zatvara sa horizontalom kut od 30°. Kuglice tuče padaju okomito prema zemlji, a njihova brzina obzirom na promatrača, koji stoji pored ceste, u trenutku udara u staklo automobila iznosi 5 m/s. Izračunajte brzinu kojom se treba gibati automobil da vozač u njemu vidi da se kuglice tuče odbijaju od stakla okomito u zrak. Koliko iznosi brzina kuglica tuče nakon odbijanja u odnosu na promatrača koji stoji pored ceste? Koliku će maksimalnu visinu doseći kuglice tuče nakon odbijanja? Zanemarite otpor zraka.

2. zadatak (17 bodova)

Automobil vozi stalnom brzinom v cestom, koja je nagnuta za 30° u odnosu na horizontalu te ulazi u zavoj polumjera R = 100 m. Izračunajte najveću i najmanju brzinu kojom automobil može voziti u zavoju, a da ostane na istoj visini. Koeficijent trenja između automobila i ceste iznosi $\mu = 0.1$.

3. zadatak (19 bodova)

Kvadar mase M giba se brzinom V_0 = 0.5 m/s po horizontalnoj podlozi. Nasuprot kvadra nalazi se stroj koji ispucava loptice mase m prema kvadru. Stroj ispuca jednu lopticu svake 2 s. Sudari loptica sa kvadrom su plastični tj. nakon sudara loptica i kvadar se gibaju zajedno, a u trenutku sudara brzina loptice je u horizontalnom smjeru i iznosi v_0. Masa kvadra jednaka je $M = 1000m$, a brzina loptica je $v_0 = 40V_0$. Izračunajte koliko je sudara potrebno da se kvadar zaustavi i put koji će kvadar prijeći prije zaustavljanja. Trenje između kvadra i podloge je zanemarivo.

Uputa: zbroj prvih n prirodnih brojeva jednak je $1+2+3+\cdots+n-1+n=\frac{n(n+1)}{2}$

4. zadatak (16 bodova)

Udaljenost između Zemlje i Mjeseca približno je jednaka $R = 60R_Z$, a polumjer Zemlje jednak je R_Z = 6 370 km. Masa Zemlje iznosi $5.97 \cdot 10^{24}$ kg, a masa Mjeseca je približno 81 puta manja od mase Zemlje. Na kojem položaju između Zemlje i Mjeseca je sila na svemirski brod mase m jednaka nuli? Izračunajte najmanju brzinu kojom se može lansirati svemirski brod sa površine Zemlje da dođe na površinu Mjeseca?

$G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

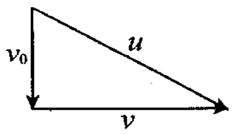
DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 1. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

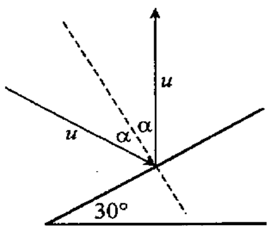
1. zadatak (18 bodova)



Vektor brzine kuglice tuče u trenutku udara u staklo u sustavu automobila prikazan je na slici, a iznos brzine je jednak:

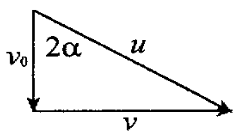
$$u = \sqrt{v_0^2 + v^2}$$

(4)



U sustavu automobila kuglica tuče odbija se pod istim kutem pod kojim i upada. Brzina nakon sudara jednakog je iznosa kao prije sudara, a smjer brzine nakon sudara je okomito prema gore. Sa slike se može vidjeti da je kut $\alpha = 30°$.

(4)



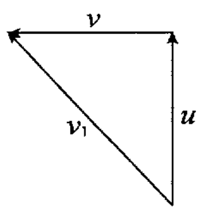
Također slijedi da je kut između brzine u sustavu automobila i brzine u sustavu promatrača prije sudara jednak $2\alpha = 60°$. (2)

Prema tome, brzina automobila i brzina kuglice tuče u sustavu automobila iznose:

$$v = \sqrt{3}v_0 = 8.66 \text{ m/s}$$

$$u = 2v_0 = 10 \text{ m/s}$$

(4)



Brzina kuglice tuče nakon odbijanja u sustavu promatrača jednaka je:

$$v_1 = \sqrt{u^2 + v^2} = \sqrt{4v_0^2 + 3v_0^2} = \sqrt{7}v_0 = 13.23 \text{ m/s}$$ (2)

Maksimalna visina na koji će doći kuglica tuče iznosi:

$$h = \frac{u^2}{2g} = 5.1 \text{ m}$$

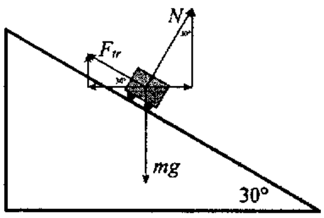
(2)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

2. zadatak (17 bodova)

Ako automobil klizi niz kosinu, na njega djeluju sile prikazane na slici.



Budući da se automobil giba po kružnici, ukupna sila u horizontalnom smjeru jednaka je centripetalnoj sili:

$$m\frac{v^2}{R}=\frac{1}{2}N-\frac{\sqrt{3}}{2}F_{tr} \qquad (2)$$

Iz uvjeta zadatka u okomitom smjeru nema gibanja pa je ukupna sila jednaka nuli:

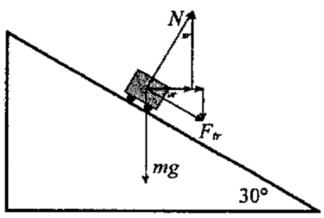
$$\frac{\sqrt{3}}{2}N+\frac{1}{2}F_{tr}-mg=0 \qquad (2)$$

Uvrštavanjem $F_{tr}=\mu N$ dobije se:

$$N=\frac{2mg}{\sqrt{3}+\mu}$$

$$v_{min}=\sqrt{\frac{1-\sqrt{3}\mu}{\sqrt{3}+\mu}Rg}=21.0 \text{ m/s} \qquad (5)$$

Ako automobil klizi uz kosinu, na njega djeluju sile prikazane na sljedećoj slici.



Na sličan način kao u prvom slučaju dobije se sustav jednadžbi:

$$m\frac{v^2}{R}=\frac{1}{2}N+\frac{\sqrt{3}}{2}F_{tr} \qquad (2)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}N-\frac{1}{2}F_{tr}-mg=0 \qquad (2)$$

Rješavanjem se dobije:

$$N=\frac{2mg}{\sqrt{3}-\mu}$$

$$v_{max}=\sqrt{\frac{1+\sqrt{3}\mu}{\sqrt{3}-\mu}Rg}=26.6 \text{ m/s} \qquad (4)$$

3. zadatak (18 bodova)

Primjenjujemo zakon očuvanja količine gibanja za uzastopne sudare kvadra s lopticom. Nakon n-tog sudara kvadar sa lopticama se zaustavlja.

1. sudar: $MV_0 - mv_0 = (M+m)V_1$

2. sudar: $(M+m)V_1 - mv_0 = (M+m+m)V_2$

3. sudar: $(M+m+m)V_2 - mv_0 = (M+m+m+m)V_3$

$$\vdots$$

(n-1) sudar: $(M+(n-2)m)V_{n-2} - mv_0 = (M+(n-1)m)V_{n-1}$

n-ti sudar: $(M+(n-1)m)V_{n-1} - mv_0 = 0$

Zbrajanjem ovih n jednadžbi dobije se:

$$MV_0 - n \cdot mv_0 = 0$$

Slijedi:

$$n = \frac{M}{m}\frac{V_0}{v_0} = 25 \qquad (8)$$

Da bi riješili drugi dio zadatka, trebamo odrediti brzine kvadra (s lopticama) nakon sudara. Iz prve jednadžbe slijedi:

$$V_1 = \frac{MV_0 - mv_0}{M+m} = \frac{1000V_0 - v_0}{1001}$$

Iz druge jednadžbe slijedi:

$$V_2 = \frac{(M+m)V_1 - mv_0}{M+2m} = \frac{MV_0 - 2mv_0}{M+2m} = \frac{1000V_0 - 2v_0}{1002}$$

Općenito:

$$V_k = \frac{MV_0 - k \cdot mv_0}{M + k \cdot m} = \frac{1000V_0 - kv_0}{1000+k} \quad k = 1,2,3,\ldots,24 \qquad (4)$$

Neposredno nakon svakog sudara udaljenost između kvadra i sljedeće loptice jednaka je $v_0\tau$. Vrijeme koje prođe do sudara sa sljedećom lopticom jednako je:

$$v_0\tau = (V_k + v_0)t_k \quad \Rightarrow \quad t_k = \frac{v_0}{V_k + v_0}\tau \qquad (2)$$

Za to vrijeme kvadar prijeđe udaljenost:

$$l_k = V_k t_k = \frac{V_k v_0}{V_k + v_0}\tau$$

Uvrštavanjem izraza za V_k:

$$l_k = \frac{v_0(MV_0 - k \cdot mv_0)}{M(V_0 + v_0)}\tau = \frac{8}{205}(25-k) \text{ m} \qquad (3)$$

Zbrajanjem svih l_k, $k = 1,2,\ldots,24$ dobije se ukupan prijeđeni put:

$$L = l_1 + l_2 + \cdots + l_{24} = \frac{8}{205}(1+2+\cdots+24) = \frac{8}{205}\frac{24 \cdot 25}{2} = 11.7 \text{ m} \qquad (2)$$

4. zadatak (16 bodova)

Na udaljenosti r od središta Mjeseca gravitacijska sila Zemlje jednakog je iznosa i suprotnog smjera od gravitacijske sile Mjeseca:

$$G\frac{mM_Z}{(R-r)^2} = G\frac{mM_M}{r^2} \qquad (3)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$81r^2 = (R-r)^2 \quad \Rightarrow \quad r = \frac{R}{10} = 6R_Z = 3.82\cdot 10^7 \text{ m} \qquad (4)$$

Brzinu svemirskog broda odredimo pomoću zakona očuvanja energije:

$$\frac{mv^2}{2} + U_{poč} = U_{kon}$$

$$\frac{mv^2}{2} - Gm\left(\frac{M_Z}{R_Z} + \frac{M_M}{R-R_Z}\right) = -Gm\left(\frac{M_Z}{R-r} + \frac{M_M}{r}\right) \qquad (5)$$

Sređivanjem se dobije:

$$v^2 = \frac{2GM_Z}{R_Z}\left[1 + \frac{1}{81}\frac{1}{59} - \frac{1}{54} - \frac{1}{81}\frac{1}{6}\right] \qquad (4)$$

$$v = 11.07 \text{ km/s}$$

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 1. skupina
Praktični zadatak

Određivanje mase kolica

Pribor:

- Kolica
- nit
- utezi poznatih masa
- stativ
- šipka
- olovke
- plastelin
- staklena kuglica
- ravnalo

Zadatak:
Pomoću zadanog pribora odredite masu kolica

U sklopu zadatka treba:
1.Objasniti fizikalne osnove i opisati precizno uz skice koje veličine
i kako ćeš mjeriti (15 bodova)
2. Napraviti 5 mjerenja i podatke prikazati tablično (10 bodova)
3.Provesti račun pogreške (izračunati srednju vrijednost i odstupanje od srednje vrijednosti)
(5 bodova)

Napomena: Silu trenja u ovom pokusu možete zanemariti.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.
Srednje škole – 1.skupina
Praktični zadatak
Rješenje i smjernice za bodovanje

Pomoću plastelina i dvije spojene olovke konstruira se kosina koja se učvrsti na kolicima.Kolica se dalje spoje pomoću niti na uteg poznate mase , a uteg se prebaci preko šipke i pusti da pada(vidi sliku).
Kolica ubrzavaju zbog djelovanja sile teže i napetosti niti i vrijedi :

(1) $m_k a = F_n$ (II Newtonov zakon) ; gdje su m_k - masa kolica , a -akceleracija kolica i F_n - napetost niti

Utezi ubrzavaju zbog djelovanja sile teže utega i napetosti niti te vrijedi:

(2) $m_u\, a = m_u g - F_n$; gdje m_u - masa utega

Na kosinu se stavi kuglica i istovremeno se puste kuglica i kolica.Ovisno o masi utega i nagibu kosine (koji se može mijenjati) kuglica će se gibati niz kosinu ili uz kosinu.Cilj je postići granični slučaj tj. treba postići (kombinacijom masa utega i odgovarajućeg nagiba) da se kuglica ne giba niz kosinu dok se kolica ubrzavaju.
Ako promatramo u sustavu kolica (neinercijski sustav) sile koje djeluju na kuglicu su : F_{gkug} - sila teža kuglice , F_p - okomita sila podloge (kosine) na kuglicu i F_i - inercijska sila na kuglicu suprotno od akceleracije sustava tj.kolica. Za granični slučaj (kuglica miruje) vektorski zbroj sila na kuglicu je nula.
Pomoću ravnala izmjeri se duljina kosine L i visina kosine h.
Dalje koristimo sličnost trokuta (vidi sliku) i dobivamo:

$$\frac{F_i}{F_{gkug}} = \frac{h}{L}$$ i dalje uz $F_i = m_{kug} a$ i $F_{gkug} = m_{kug} g$ dobije se :

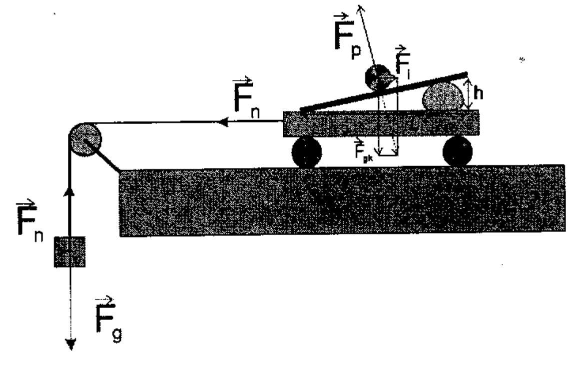
(3) $$\frac{a}{g} = \frac{h}{L}$$

Kombinacijom (1) i (2) dobije se

$$m_k = m_u\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$ i uz (3) konačno se dobije:

$$m_k = m_u\left(\frac{L}{h} - 1\right)$$, dakle mjerenjem L i h može se izračunati masa kolica.

Može se napraviti više mjerenja kombinirajući različite utege i nagibe kosine.



DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (18 bodova)
U posudi oblika kocke stranice a = 20 cm nalazi se voda temperature T_{v0} = 4 °C do visine od h_0 = 15 cm. U posudu je polagano i pažljivo stavljena kocka leda stranice b = 14 cm i temperature T_{l0}= -40 °C. Kolika će masa vode iscuriti iz posude do trenutka postizanja termičke ravnoteže? Kolika će biti masa leda u posudi u tom času?
Gustoća vode na 4 °C je 999.97 kg/m^3 (to je ujedno maksimalna gustoća vode) i zatim linearno pada do 999.84 kg/m^3 na temperaturi od 0 °C. Gustoća leda je najmanja na 0 °C (916.7 kg/m3) i približno linearno raste za 0.025 kg/m^3 hlađenjem leda za 1°C. Specifični toplinski kapacitet vode je c_v= 4184 J/(kg·K), a leda c_l= 2050 J/(kg·K) (pretpostavite da se oba ne mijenjaju s temperaturom). Latentna toplina taljenja leda je L= 3.35·10^5 J/kg. Posuda ima masu 1.60 kg i napravljena je od materijala specifičnog toplinskog kapaciteta c_p= 390 J/(kg·K).

2. zadatak (16 bodova)
Oblak mase M adijabatski se diže od neke točke A u atmosferi do točke B.
(a) Ako su tlakovi u te dvije točke p_A= 105 kPa i p_B = 90 kPa, a temperatura u točki A T_A= 20 °C, izračunajte koju će temperaturu oblak imati u točki B. Adijabatska konstanta γ za zrak je jednaka $\gamma \approx 1.4$.
(b) Pretpostavite da gustoća zraka u atmosferi opada linearno s visinom. Ako je gustoća zraka u točki A jednaka ρ_A= 1.2 kg/m^3, izračunajte razliku u visini između te dvije točke.

3. zadatak (17 bodova)
Dvije identične metalne kugle polumjera R= 10 cm postavljene su jedna iznad druge (na udaljenosti središta od d= 60 cm). Gornja je kugla u početnom trenutku nabijena nabojem Q_0= 0.5 mC, dok je donja nenabijena. Svakih 10 sekundi na gornjoj se kugli kondenzira kapljica vode mase m= 1 g koja zatim padne na donju i pri tome na nju prenese naboj ΔQ= 2 nC. Pretpostavite da se gibanje kapljica dešava isključivo duž spojnica dvije kugle, tj. da je savršeno vertikalno. Nakon koliko vremena kapljica koja pada s gornje kugle neće doseći donju?

4. zadatak (19 bodova)
Električno polje u atmosferi pada s visinom: pretpostavite da je taj pad linearan od površine Zemlje do visine od 10 km gdje električno polje posve nestaje.
(a) Ako je razlika potencijala između površine Zemlje i točke na visini od 10 km jednaka 4·10^5 V, izračunajte električno polje tik uz površinu Zemlje. Polumjer Zemlje je R= 6400 km.
(b) Pretpostavite da je Zemlja savršenog kuglastog oblika i da se naboj koji stvara električno polje izračunato pod (a) nalazi isključivo na površini te kugle. Izračunajte kolika je površinska gustoća tog naboja.
(c) Zbog vodljivosti zraka (koja je malena, ali postoji) i napona spomenutog pod (a), pri vedrom vremenu okomito na površinu Zemlje teče struja gustoće 3.5·10^{-12} A/m^2 (tik uz površinu Zemlje). Izračunajte unutar kojeg vremena bi se površinska gustoća naboja izračunata pod (b) izbila, da ne postoji neki drugi mehanizam kojim se ona održava konstantnom.
(d) Mehanizam kojim se naboj dovodi na površinu Zemlje spomenut pod (c) su udari munja - svaki dan se diljem Zemlje desi prosječno 40000 oluja, a u svakoj od njih desi se prosječno 200 udara munje. Izračunajte kolika se količina naboja prenese prosječno iz atmosfere na Zemlju pri jednom udaru munje.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 2. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (18 bodova)

Stavljanjem leda u vodu voda će se zasigurno ohladiti (a možda i dijelom zalediti), a led zagrijati (a možda i dijelom rastopiti). Iz posude će voda eventualno iscuriti pri I) stavljanju leda u posudu; II) grijanju leda / hlađenju vode; III) promjeni agregatnog stanja – pogledajmo svaki od ova tri procesa zasebno:

I) trenutak stavljanja leda u vodu:

- budući da led ima manju gustoću od vode, dio volumena leda je uvijek iznad površine vode; taj udio nalazimo izjednačavanjem iznosa sile teže i uzgona:

$$m(\text{leda})\cdot g = \rho_v \cdot g \cdot V\,(\text{leda u vodi})$$

$$V\,(\text{leda ukupan})\cdot \rho_l\, g = \rho_v \cdot g \cdot V\,(\text{leda u vodi})$$

$$V(\text{leda u vodi}) = \frac{\rho_l}{\rho_v} V(\text{leda ukupan})$$ 1 1

- na T_l= -40 °C led ima gustoću ρ_l= 916.7 + 40·0.025 = 917.7 kg/m^3
- volumena leda koji će neposredno nakon stavljanja biti u vodi je:

$$V_{l0}(\text{leda u vodi}) = \frac{\rho_l}{\rho_v} V_{l0}(\text{leda ukupan}) = \frac{917.7}{999.97}\cdot 14^3 = 2518.24\ \text{cm}^3$$ 2 3

- dobiveni volumen je ujedno i volumen "istisnute" vode - zbrojimo li ga s početnim volumenom vode i oduzmemo li volumen koji može primiti posuda, dobit ćemo volumen vode koji će iscuriti iz posude pri samom stavljanju leda:

$$\Delta V_l = V_0 + V_{l0}\,(\text{leda u vodi}) - V(\text{posuda}) = 20\cdot 20\cdot 15 + 2518.24 - 20\cdot 20\cdot 20 = 518.24\ \text{cm}^3$$ 1 4

- masa tog volumena je: ΔM_{vl}= 518.24·10^{-6}·999.97 = 0.5188 kg 1 5
- masa vode preostale u posudi je M_{vl}= (20·20·15 – 518.24) ·10^{-6}· 999.97 = 5.4816 kg, a ukupna masa leda M_{ll}= 917.7·10^{-6}·14^3 = 2.5182 kg 1 6

II) grijanje leda, hlađenje vode:

- toplina koju treba odvesti da bi ohladili vodu na 0 °C:

$$Q_v = M_{v1} c_v\, \Delta T = 5.4816\cdot 4184\cdot 4 = 91740\ \text{J};$$

- toplina koju treba dovesti da bi da bi zagrijali led na 0 °C:

$$Q_l = M_{l1} c_l\, \Delta T = 2.5182\cdot 2050\cdot 40 = 206492\ \text{J};$$

- toplina koju treba odvesti da bi ohladili posudu na 0 °C:

$$Q_p = M_p c_p\, \Delta T = 1.60\cdot 390\cdot 4 = 2500\ \text{J};$$ 1+1 8

- $Q_v+Q_p < Q_l$ pa zaključujemo: voda će se zasigurno ohladiti do 0 °C i početi lediti – konačna temperatura sistema bit će 0 °C; 1 9
- prije početka zaleđivanja vode, voda može iscuriti zbog promjene gustoće i vode i leda. Volumen vode pri padu temperature s 4 °C na 0 °C promijenit će se na:

$$V_{v2} = \frac{m}{\rho_{v2}} = \frac{V_{v1}\cdot \rho_{v1}}{\rho_{v2}} = \frac{5.4816}{999.84} = 5482.48\ \text{cm}^3$$ 1 10

$$\Delta V_{v2} = V_{v2} - V_{v1} = 5482.48 - 5481.76 = 0.72\ \text{cm}^3$$ 1 11

Dakle, zbog ovog efekta iz posude bi iscurilo 0.72 cm^3 vode.

No, istovremeno s hlađenjem vode, dešava se zagrijavanje leda. Zagrijavanjem ledu pada gustoća pa se smanjuje njegov volumen unutar vode i time spušta nivo vode. Volumen leda koji će na 0 °C biti u vodi je

$$V_{l2}(\text{leda u vodi}) = \frac{\rho_l}{\rho_v} V_{l2}(\text{leda ukupan}) = \frac{\rho_l}{\rho_v}\frac{M_l}{\rho_l} = \frac{2.5182}{999.84}\cdot 10^6 = 2518.60 \text{ cm}^3$$ 1 12

Promjena volumena leda u vodi je:

$$\Delta V_{l2} = V_{l2} - V_{l0} = 2518.24 - 2518.60 = -0.36 \text{ cm}^3$$ 1 13

Dakle, zbog ovog će se efekta smanjiti količina vode koja će iscuriti iz posude pa će pri grijanju leda / hlađenju vode ukupno iscuriti 0.72 – 0.36 = 0.36 cm^3 vode, odnosno ≈0.00036 kg = 0.36 g vode. U odnosu na broj dobiven u dijelu I), riječ je o posve zanemarivoj masi. 1 14

III) otapanje leda:

- dio mase vode koji će se zalediti je:

$$\Delta M_3 = \frac{\Delta Q}{L} = \frac{Q_v + Q_p - Q_l}{L} = \frac{206492 - 91740 - 2500}{335000} = 0.3351 \text{ kg}$$ 1 15

- prelaskom vode u led, pada joj gustoća, odnosno raste volumen, no volumen leda koji je uronjen u vodu je isti kao originalni volumen vode; to se vidi iz:

$$V_{l3}(\text{leda u vodi}) = \frac{\rho_l}{\rho_v} V_{l3}(\text{leda ukupan}) = \frac{\rho_l}{\rho_v}\cdot\frac{M_3}{\rho_l} = \frac{M_3}{\rho_v}$$ 2 17

U konačnom stanju imat ćemo M_3= 2.5182+0.3351= 2.8533 kg leda temperature 0 °C, te vodu iste temperature koja do vrha puni posudu. Voda je iz posude uglavnom iscurila samo pri stavljanju leda u nju i to ukupno ≈520 g. 1 18

2. zadatak (16 bodova)

(a) Adijabatska promjena definirana je s:

$$p_A V_A^\gamma = p_B V_B^\gamma$$ 2 2

Pretpostavimo da se oblak ponaša kao idealan plin; tada za njega vrijedi jednadžba stanja:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$ 1 3

Kombiniranjem ova dva izraza, možemo iz njih eliminirati (nepoznate) volumene:

$$\left(\frac{p_A V_A}{T_A}\right)^\gamma = \left(\frac{p_B V_B}{T_B}\right)^\gamma$$

$$p_A^{1-\gamma} T_A^\gamma = p_B^{1-\gamma} T_B^\gamma$$

$$\left(\frac{T_B}{T_A}\right)^\gamma = \left(\frac{p_A}{p_B}\right)^{1-\gamma}$$

$$\frac{T_B}{T_A} = \left(\frac{p_A}{p_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \left(\frac{p_B}{p_A}\right)^{1-1/\gamma}$$ 3 6

Uvrštavanjem se dobiva:

$$T_B = T_A\left(\frac{p_B}{p_A}\right)^{1-1/\gamma} = 293.15\left(\frac{90000}{105000}\right)^{1-1/1.4} = 280.52\,\mathrm{K} \quad 1$$ 7 8

Temperatura u točki B je 280.52 K, odnosno 7.4 °C. 1

(b) Razlika tlakova između točke A i B posljedica je postojanja stupca zraka visine Δh između te dvije točke (hidrostatski tlak). Budući da gustoća linearno pada s visinom, vrijedi:

$$p_A - p_B = \rho_{sr}\cdot g\cdot \Delta h \quad 1\ 1$$ 10

gdje je ρ_{sr} dan s:

$$\rho_{sr} = \frac{\rho_A + \rho_B}{2} \quad 1$$ 11

Gustoću u točki A znamo (zadana je), a gustoću u točki B izračunat ćemo iz jednadžbe stanja idealnog plina:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$\frac{p_A M}{T_A \rho_A} = \frac{p_B M}{T_B \rho_B} \quad 1\ 1$$ 13

$$\rho_B = \rho_A \frac{p_B\cdot T_A}{p_A\cdot T_B} = 1.2\cdot\frac{90000\cdot 293.15}{105000\cdot 280.52} = 1.075\,\mathrm{kg/m^3} \quad 1$$ 14

Srednja gustoća između točaka A i B je tada:

$$\rho_{sr} = \frac{\rho_A + \rho_B}{2} = \frac{1.2 + 1.075}{2} = 1.138\ \mathrm{kg/m^3} \quad 1$$ 15

Sada možemo izračunati visinsku razliku između točaka A i B:

$$\Delta h = \frac{p_A - p_B}{\rho_{sr}\cdot g} = \frac{105000 - 90000}{1.138\cdot 9.81} = 1345\,\mathrm{m} \quad 1$$ 16

Dakle, točka B se nalazi 1345 m iznad točke A.

3. zadatak (17 bodova)

Na početku je donja kugla slabo (ili nimalo) nabijena pa kapljice vode (s nabojem) na nju padaju bez problema. No svaka kapljica donosi naboj na donju kuglu i u jednom će času odbojna sila između kapljice vode i kugle u blizini kugle postati veća od sile teže – za potpuno zaustavljanje kugle potrebno je da ta odbojna sila bude dovoljno velika da poništi prije dobivenu brzinu kuglice.

Zadatak se najlakše rješava preko zakona očuvanja energije. Električna potencijalna energija kapljice računa se iz izraza: 1

$$U_e = -k\frac{q\Delta q}{r} \quad 1$$ 2

Neka se u danom času na gornjoj kugli nalazi naboj Q_1, a na donjoj Q_2 (mora vrijediti: $Q_1 + Q_2 = Q_0$). 1 U času odvajanja kapljice s gornje kugle, ukupna je njena energija:

$$E_1 = +k\frac{Q_1\Delta q}{R} + k\frac{Q_2\Delta q}{d-R} + mg(d-2R) \quad 3$$ 5

Neposredno pred sudar s donjom kuglom, kapljica ima energiju:

$$E_2 = +k\frac{Q_1\Delta q}{d-R} + k\frac{Q_2\Delta q}{R} + \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$ 8

Promatramo situaciju u kojoj se kapljica zaustavlja prije sudara s donjom kuglom (dakle v= 0). Izjednačavanje E_1 i E_2 uz taj uvjet daje:

$$+k\frac{Q_1\Delta q}{R} + k\frac{Q_2\Delta q}{d-R} + mg(d-2R) = +k\frac{Q_1\Delta q}{d-R} + k\frac{Q_2\Delta q}{R} \quad (3)$$ 11

Sređivanjem:

$$-kQ_1\Delta q\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d-R}\right) - kQ_2\Delta q\left(\frac{1}{d-R} - \frac{1}{R}\right) = mg(d-2R)$$

$$k\Delta q\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d-R}\right)(Q_2 - Q_1) = mg(d-2R)$$

Uz $Q_1 + Q_2 = Q_0$, dobiva se:

$$k\Delta q\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d-R}\right)(2Q_2 - Q_0) = mg(d-2R) \quad (1)$$ 12

$$2Q_2 - Q_0 = \frac{mg(d-2R)}{k\Delta q\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d-R}\right)} = \frac{0.001\cdot 9.81\cdot(0.6-2\cdot 0.1)}{9\cdot 10^9\cdot 2\cdot 10^{-9}\left(\frac{1}{0.1} - \frac{1}{0.6-0.1}\right)} = \frac{0.003924}{144} = 2.73\cdot 10^{-5}\,\text{C} = 0.0273\,\text{mC}$$

$$Q_2 = \frac{Q_0 + 0.0273}{2} = \frac{0.5 + 0.0273}{2} = 0.2636\ \text{mC} \quad (1)$$ 13

$$Q_1 = Q_0 - Q_2 = 0.5 - 0.2636 = 0.2364\ \text{mC} \quad (1)$$ 14

Na donjoj je kugli, dakle, sakupljen naboj od Q_2= 0.2636 mC za što je bilo potrebno ukupno N kapljica:

$$N = \frac{Q_2}{\Delta Q} = \frac{0.2636\cdot 10^{-3}}{2\cdot 10^{-9}} = 131800 \quad (2)$$ 16

Sve skupa je trajalo:

$$T = N\cdot 10s = 1322500s \approx 15.3\,\text{dana} \quad (1)$$ 17

4. zadatak (19 bodova)

(a) Budući da je pad električnog polja linearan, vrijedi:

$$U = E_{sr}d \quad (1)$$ 1

gdje je E_{sr} dan s:

$$E_{sr} = \frac{E_0 + E_{ion}}{2} = \frac{E_0}{2} \quad (1)(1)$$ 3

jer je E_{ion}=0. Dobiva se, dakle:

$$U = \frac{E_0}{2}d \;\Rightarrow\; E_0 = \frac{2U}{d} = \frac{2\cdot 400000}{10000} = 80\ \text{V/m} \quad (1)$$ 4

(b) Polje uz površinu nabijene kugle računa se iz:

$$E = k\frac{Q}{R^2} \quad (2)$$ 6

Uvrstimo li za polje vrijednost dobivenu pod (a), dobiva se:

$$Q = \frac{E_0 R^2}{k} = \frac{80 \cdot \left(6400 \cdot 10^3\right)^2}{9 \cdot 10^9} = 360000\,\text{C}$$ (1) 7

Podijelimo li to s površinom Zemlje, dobit ćemo za površinsku gustoću naboja: 10

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2} = \frac{360000}{4\pi\left(6400 \cdot 10^3\right)^2} = 7.07 \cdot 10^{-10}\,\text{C/m}^2$$ (3)

(c) Ukupnu struju dobit ćemo množenjem gustoće s površinom Zemlje: 12

$$I = J 4\pi R^2 = 3.5 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi\left(6400 \cdot 10^3\right)^2 = 1800\,\text{A}$$ (2)

Za poništavanje naboja Q= 360000 C, potrebno je vrijeme: 14

$$T = \frac{Q}{I} = \frac{360000}{1800} JA = 200s$$ (2)

(1) 15

(d) Olujama se, dakle, prosječno svake sekunde dovodi 1800 C naboja na Zemlju. Dnevno se dešava 40000 · 200= 8000000 munja, što daje 8000000/(24· 60 · 60)≈ 93 munja svake sekunde. Da bi dobili ukupni preneseni naboj od 1800 C, u svakom udaru munje more se prinijeti 1800/93≈ 19 C naboja... 17 19

(1)+(1)

(2)

TOTAL: 18
16
17
19
70

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 2. skupina

Praktični zadatak

Određivanje Boltzmanove konstante k

Zadatak

Pomoću danog pribora odrediti vrijednost Boltzmanove konstante k

Pribor

- Boca od 1.87 L
- Injekcijska šprica s iglom
- Čep s rupom i cjevčicom
- Manometar
- Gumeno crijevo
- Termometar
- Eter ($\rho_{et.} = 710$ kg/m^3, $M = 74.12$ g/mol)

Zadatci

- Teorijski objasniti postupak mjerenja te izvesti izraz pomoću kojeg ćeš odrediti Boltzmanovu konstantu k. (8 bodova)
- Skicirati uređaj i opisati tok izvođenja pokusa (Koje veličine se mjere i kako?) (8 bodova)
- Napraviti 5 mjerenja i podatke prikazati tabelarno. (8 bodova)
- Provesti račun pogreške. (6 bodova)

Ukupno: 30 bodova

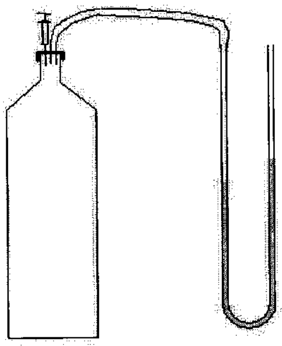
DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 2. skupina

Praktični zadatak

Rješenje i smjernice za bodovanje

Pribor složiti kao što prikazuje slika:



Medicinsku špricu s iglom, u kojoj je eter, zabodemo u čep tako da igla uđe u bocu. Pri tome manometar mora biti u ravnoteži, što znači da je tlak u boci jednak atmosferskom prije uštrcavanja etera.

Ako sada iz šprice uštrcamo u bocu malo etera (npr 0.2 ml), on će u boci brzo ispariti pa će se povećati tlak u boci. Razlika tlakova koju će pokazivati manometar:

$$p = \rho_{vode} g h \qquad (1) \qquad \text{(3 boda)}$$

(ρ_{vode} je gustoća vode, g je akceleracija slobodnog pada, a h razlika visina stupaca vode u manometru) bit će jednaka (prema Daltonovom zakonu) parcijalnom tlaku para etera u boci. Boltzmanovu konstantu možemo odrediti pomoću jednadžbe stanja plina:

$$pV_B = NkT \quad \Rightarrow \quad k = \frac{pV_B}{NT} \qquad (2)$$

Ovdje je V_B volumen boce, N je broj molekula uštrcanog etera, a T je temperatura plina u boci koja je približno jednaka temperaturi okoline. (3 boda)

Broj molekula etera N možemo odrediti prema jednadžbi:

$$N = nN_A = \frac{m_{et}}{M} N_A = \frac{\rho_{et} V_{et}}{M} N_A . \qquad (3) \qquad \text{(3 boda)}$$

Uvrštavanjem (1) i (3) u jednadžbu (2) dobivamo:

$$k = \frac{\rho_v g h V_B M}{\rho_{et} V_{et} N_A T} . \qquad (3) \qquad \text{(4 boda)}$$

Znači, potrebno je mjeriti razliku visine stupaca vode u manometru h, volumen uštrcanog etera V_{et} (pomoću mjerne skale na injekcijskoj šprici) i temeperaturu zraka T, te pomoću jednadžbe (4) izračunati Boltzmanovu konstantu k.

(3 boda)

Napraviti 5 mjerenja i podatke prikazati tabelarno. (8 bodova)

Te provesti račun pogreške. (6 bodova)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

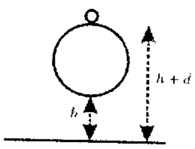
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 3. skupina

1. zadatak (17 bodova)

Marlena marljivo trenira za svjetsko prvenstvo u biljaru. Jedan od udaraca koji trenira je ovaj - biljarska kugla polumjera a i mase m miruje na stolu. Udarena je biljarskim štapom tako da kreće brzinom u_0 i rotacijom unatrag („backspin") ω_0 oko horizontalne osi okomite na smjer gibanja. Ono što Marlenu zanima, da bi dovela udarac do savršenstva, je kako daljnje gibanje ovisi o omjeru $u_0 / a \cdot \omega_0$? Diskutirajte! Još jedna stvar koja ju muči je (neovisno o prvom problemu) – na kojoj visini treba udariti kuglu tako da bi se ona zakotrljala bez klizanja po stolu (štap se prilikom udara nalazi u horizontalnom položaju)?

2. zadatak (18 bodova)



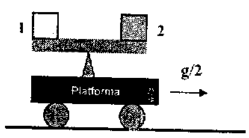
a) Teniska loptica mase m na vrhu je košarkaške lopte mase M ($M >> m$). Dno donje lopte jest na visini h od poda, a ona ima visinu d. Lopte se u nekom trenutku puste da slobodno padaju. Na koju će visinu odskočiti teniska loptica?

b) Poopćite slučaj na N lopti s masama $m_1, m_2, ..., m_N$ ($m_1 >> m_2 >> ... >> m_N$) koje su poslagane vertikalno jedna na drugu. Dno prve lopte je na visini h iznad zemlje, a dno N-te lopte na visini $h + l$. Ako se, kao u a) dijelu zadatka, puste da slobodno padaju do koje će visine odskočiti N-ta lopta?

Pretpostavite da se sve lopte elastično odbijaju i zanemarite otpor zraka, promjene gravitacije s visinom i sl.

3. zadatak (17 bodova)

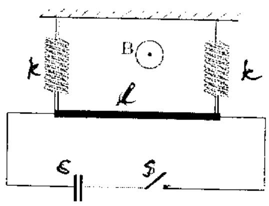
Greda mase M, debljine d i duljine $2L$ nalazi se u stanju horizontalne ravnoteže i postavljena je tako da joj je središte na potpornju koji se nalazi na platformi koja se giba jednolikim ubrzanjem $g/2$. Na njenim krajevima stoje dvije kocke identičnih dimenzija (nepomične u odnosu na gredu), duljine stranica b (slika). Izračunajte omjer gustoća dviju kocaka da bi opisani položaj bio moguć.



Uputa: ($M << m$, $d << b$, tako da se u izvodu svi članovi koji sadrže umnožak $M \cdot d$ mogu zanemariti!)

4. zadatak (18 bodova)

Ravna vodljiva šipka mase m i duljine l stoji u horizontalnom položaju pričvršćena za dvije nevodljive opruge konstanti k, kao što je prikazano na slici. Šipka se nalazi u području jednolikog magnetskog polja **B**. Kondenzator kapaciteta C početno je nabijen na razliku potencijala U. U trenutku $t = 0$ sklopka S je zatvorena i kondenzator se izbija. Šipka počinje oscilirati u vertikalnoj ravnini. Izračunajte amplitudu ovih oscilacija. Pretpostavite da je vrijeme izbijanja kondenzatora mnogo manje od perioda T mehaničkih oscilacija šipke.



DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 3. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (17 bodova)

Brzina točke kontakta između biljarske kugle i stola, v_c, dana je s $u + a\omega$. **[1 bod]**

Sila trenja F = μmg može se uzeti da je konstantna.

Gibanje centra kugle tada je dano s $u = u_0 - \mu g t$, a rotacija oko centra dana je s $\omega = \omega_0 - {a\mu m g t}/{I}$. **[1 bod]**

Budući da je moment tromosti kugle $I = {2ma^2}/{5}$, prethodna jednadžba prelazi u $\omega = \omega_0 - {5\mu g t}/{2a}$. **[1 bod]**

Iz toga se dobiva izraz za ukupnu brzinu točke kontakta $v_c = u_0 + a\omega_0 - {7\mu g t}/{2}$. **[1 bod]**

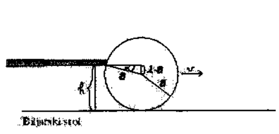
Ovaj izraz jednak je nuli (tj. prestaje klizanje i počinje kotrljanje) kada je $t = \tau = {2(u_0 + a\omega_0)}/{7\mu g}$.

[1 bod]

U trenutku $t = \tau$, u iznosi $u = {(5u_0 - 2a\omega_0)}/{7}$; to daje brzinu kotrljanja nakon što je prestalo klizanje. **[1 bod]**

Ukoliko je ${u_0}/{a\omega_0} < {2}/{5}$, vrijednost je negativna i kugla će se kotrljati unatrag prema štapu. Ukoliko je ${u_0}/{a\omega_0} > {2}/{5}$, kugla će se kotrljati unaprijed. **[2 boda]**

Skica problema



Kad štap udara kuglu, prenosi impuls na kuglu i ona se počinje gibati brzinom v. **[Skica 2 boda]**

Kako bi se ona smjesta počela kotrljati, ta brzina treba biti jednaka obodnoj brzini kugle.

Dakle: $v = \omega a$ **[1 bod]**

Impuls kugle je $\vec{p} = m\vec{v}$. **[1 bod]**

Moment impulsa koji kugla dobije udarcem je $\vec{L} = \vec{a} \times \vec{p}$.

[1 bod]

Iznosom je jednak $L = |a| \cdot |p| \cdot \sin\alpha = a \cdot mv \cdot \frac{h-a}{a} = mv \cdot (h-a)$.

[1 bod]

Također je moment impulsa jednak umnošku momenta inercije i kutne brzine, $L = I\omega$.
[1 bod]

Izjednačavanjem gornje dvije formule dobiva se $I\omega = mv \cdot (h-a)$, tj.

$$h - a = \frac{I\omega}{mv}$$

$$h = \frac{I\omega}{mv} + a$$ **[1 bod]**

Uvrštavanjem poznatih izraza za I i v u prethodnu jednadžbu dobiva se

$$h=\frac{\frac{2}{5}ma^2\omega}{ma\omega}+a=\frac{7}{5}a. \qquad \textbf{[1 bod]}$$

Dakle, da bi se u trenutku udarca kugla samo zakotrljala mora se udariti na visini $h=\frac{7}{5}a$.

2. zadatak (18 bodova)

a) Iz zakona očuvanja energije brzina donje lopte prije udara u pod jednaka je $v=\sqrt{2gh}$. To se lako vidi ako se izjednači početna energija lopte mgh s njezinom konačnom energijom danom s $mv^2/2$.
[2 boda]

Nakon udara donja lopta zadrži svoju brzinu, no promijeni smjer koji je sada prema gore. Istodobno, gornja lopta ima istu brzinu v prema dolje. **[2 boda]**

Kako je relativna brzina između lopta jednaka $2v$, gornja će se lopta odbiti brzinom $2v+v=3v$. Dobiveni rezultat lako se uoči iz sustava u kojem donja lopta miruje. Takav sustav giba se prema gore brzinom v i u njemu gornja lopta dolijeće brzinom $2v$. Kako je sudar elastičan i vrijedi $M >> m$, gornja će se lopta odbiti brzinom $2v$ prema gore. U sustavu nekoga tko promatra izvana, na tu brzinu još treba pridodati brzinu sustava u kojem donja lopta miruje, pa slijedi da je konačna brzina gornje lopte $3v$, kao što se dobilo i prije. **[3 boda]**

Dalje, primjenom očuvanja energije slijedi:

$$\frac{m}{2}(3v)^2+mgd=mgh_k \quad \Rightarrow \quad h_k=d+9h. \qquad \textbf{[3 boda]}$$

Dakle, teniska loptica će odletjeti na visinu $d+9h$.

b) Pretpostavimo da imamo tri lopte. Tada vrijedi:

$$v_3=2v_2+v\left(v=\sqrt{2gh}\right)=2(2v+v)+v=7v.$$

Za četiri lopte će vrijediti analogno $v_4=2v_3+v=2(7v)+v=15v$. **[3 boda]**

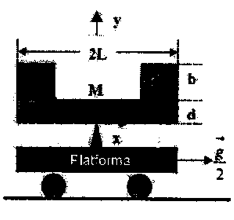
Iz toga se lako vidi da će općeniti izraz za brzinu gornje lopte, u slučaju kada ima N lopti, biti:

$$v_N=\left(2^N-1\right)v. \qquad \textbf{[3 boda]}$$

Visina na koju će odskočiti gornja lopta je $H=l+\frac{\left(\left(2^N-1\right)v\right)^2}{2g}=l+\left(2^n-1\right)^2h$. **[2 boda]**

3. zadatak (17 bodova)

Pogledajmo centar mase ovog sustava. Neka je ishodište Kartezijevog sustava u točki gdje greda dodiruje potporanj (točka 0). Koordinate centra mase dani su s:



$$1.\ y_c=\frac{m_1y_1+m_2y_2+My_3}{m_1+m_2+M}=\frac{m_1\left(d+\frac{b}{2}\right)+m_2\left(d+\frac{b}{2}\right)+M\frac{d}{2}}{m_1+m_2+M},$$

2. $$x_c = \frac{-m_1\left(L-\frac{b}{2}\right)+m_2\left(L-\frac{b}{2}\right)}{m_1+m_2+M} = \frac{(m_2-m_1)\left(L-\frac{b}{2}\right)}{m_1+m_2+M}.$$

[2 boda]

Očito je uvijek $y_c > 0$, a $x_c > 0$ kada je $m_2 > m_1$. **[2 boda]**

U ubrzanom referentnom sustavu ukupni zakretni moment je 0 budući da je u ovom sustavu greda u stanju ravnoteže i obje kocke su nepomične. Inercijalna sila ima smjer suprotan smjeru horizontalnog ubrzanja sustava. **[2 boda]**

Izjednačavanjem zakretnih momenata:

$$(m_1+m_2+M)\frac{g}{2}y_c = (m_1+m_2+M)\,gx_c, \text{ odnosno}$$ **[2 boda]**

3. $y_c = 2x_c$. **[1 bod]**

Jednadžbe 2. i 3. znače da je $x_c > 0$, $m_2 > m_1$, i $\rho_2 > \rho_1$. **[2 boda]**

Iz jednadžbe 3. lako dobiva se:

$$(m_2+m_1)\left(\frac{d}{2}+\frac{b}{4}\right)+\frac{Md}{4} = (m_2-m_1)\left(L-\frac{b}{2}\right).$$ **[2 boda]**

Drugi član na lijevoj strani prethodne jednadžbe može se zanemariti čime se dobiva:

$$(m_2+m_1)\left(\frac{d}{2}+\frac{b}{4}\right) = (m_2-m_1)\left(L-\frac{b}{2}\right).$$ **[2 boda]**

Budući da su obujmi obje kocke jednaki, dolazi se do traženog omjera gustoća:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{L-\frac{3}{4}b-\frac{d}{2}}{L-\frac{b}{4}+\frac{d}{2}} < 1.$$ **[2 boda]**

4. zadatak (18 bodova)

Izbijanje kondenzatora povezano je s električnom strujom I koja teče kroz krug. Trenutna sila koja djeluje na šipku je $F = IBl$, a njen smjer je ili prema gore ili prema dolje, ovisno o polaritetu kondenzatora. **[2 boda]**

U kratkom vremenskom intervalu Δt, za vrijeme kojeg se može pretpostaviti da je električna struja konstantna, impuls sile je

$$F\Delta t = IBl\Delta t = Bl\Delta q,$$ **[2 boda]**

gdje je Δq naboj koji teče kroz krug.

Promjena (linearnog) impulsa šipke tada je

$$\Delta p = m\Delta v = F\Delta t = Bl\Delta q.$$ **[2 boda]**

Za vrijeme izbijanja, ukupna promjena impulsa šipke je

$$p = mv = \sum m\Delta v = \sum Bl\Delta q = Blq,$$ **[2 boda]**

gdje je $q = CU$ ukupan naboj koji je protekao kroz krug (jednak je početnom naboju kondenzatora). **[2 boda]**

Budući da je vrijeme izbijanja kondenzatora veoma malo u usporedbi s periodom mehaničkih oscilacija, F je jedina sila koja obavlja mehanički rad. **[2 boda]**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Šipka na oprugama je njihalo, gdje je ekvivalentna konstanta opruge (paralelni „spoj") jednaka $2k$. **[2 boda]**

Neka je početni položaj – položaj ravnoteže, s početnom potencijalnom energijom nula. Početna kinetička energija povezana s impulsom $F\Delta t$ jednaka je potencijalnoj energiji u ekstremnom pomaku A za vrijeme mehaničkih oscilacija:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}2kA^2.$$ **[2 boda]**

Uvrštavanjem $mv = BlCU$, dolazi se do izraza za amplitudu mehaničkih oscilacija:

$$A = \frac{BlCU}{\sqrt{2km}}.$$ **[2 boda]**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole - 3. skupina
Praktični zadatak

Pribor:

- dva tijela od kojih se svako sastoji od dvije kružne pločice koje su spojene s četiri okrugle šipke
- metalni predmet čiji je bočni profil u obliku slova L
- metalna ploča
- ravnalo
- 8 papira formata A3
- indigo papir
- dva utega za pridržavanje papira.

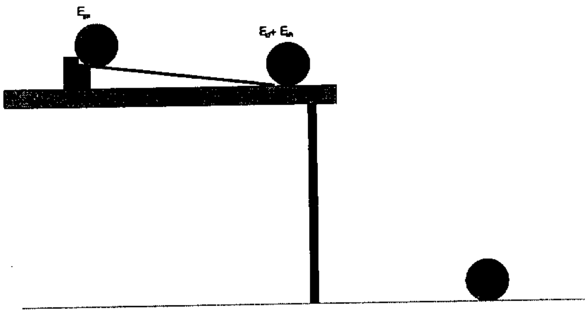
Zadatak: a) Mjerenjem naći kako se odnose momenti tromosti ova dva tijela (omjeri momenata tromosti) ako os rotacije prolazi rubom kružnih pločica i okomita je na površinu pločica.
Riječima opišite ideju mjerenja i postupak mjerenja.

b) Od pribora možemo napraviti kosinu po kojoj će se koturati tijela. Kada ih istodobno spustimo niz kosinu, na ravnom dijelu stola jedno tijelo biti će ispred drugog za neku udaljenost Δs. Možemo načiniti dva različita nagiba. Kako će se odnositi ta udaljenost Δs za dva različita nagiba?

Želimo puno uspjeha u rješavanju.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole - 3. skupina
Praktični zadatak
Rješenje i smjernice za bodovanje



a) Opis ideje i postupak mjerenja (4 boda)
Od pribora se načini kosina. Kosina mora biti paralelna s rubom stola što se može podesiti s ravnalom. Rub kosine ne smije biti na rubu stola jer ćemo umjesto horizontalnog hica dobiti kosi hitac. Na vrh kosine stavimo jedno tijelo. Ono ima gravitacijsku potencijalnu energiju E_{gp}.
Kad tijelo pustimo gravitacijska potencijalna energija pretvarat će se u kinetičku energiju translacije E_{kT} centra mase i kinetičku energiju rotacije E_{kR}. Na ravnom dijelu stola imat će samo kinetičku energiju translacije i rotacije. Njihov zbroj jednak je potencijalnoj energiji tijela na vrhu kosine:

$$E_{gp} = E_{kT} + E_{kR}$$

$$E_{kT} = \frac{1}{2}mv^2,\ E_{kR} = \frac{1}{2}I_c\omega^2 \qquad \text{(2 boda)}$$

gdje je m masa tijela, v brzina centra mase, I_c moment tromosti tijela kada os rotacije prolazi kroz centar mase tijela i okomita je na kružne pločice, ω kutna brzina.

$$v = \omega R \qquad \text{(1 bod)}$$

$$E_{gp} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_c\omega^2$$

$$E_{gp} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_c\frac{v^2}{R^2} \qquad \text{(1 bod)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{gp}}{I_c + mR^2}}$$

Po Steinerovom poučku moment tromosti I za os koja prolazi rubom pločica i okomita je na ravninu pločica je:

$$I = I_c + mR^2 \qquad \text{(2 boda)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{gp}}{I}} \qquad \text{(1 bod)}$$

Kad tijelo dođe do ruba stola dalje će se gibati po putanji horizontalnog hica. Domet horizontalnog hica D možemo izmjeriti tako da na pod stavimo papir i na njega indigo. Kad tijelo padne ostavit će trag na papiru. Važno je točno naći gdje je rub stola s obzirom na papir. Najbolje je na papiru nacrtati crtu, staviti papir uz nogu stola tako da crta bude u nastavku s vanjskim rubom noge stola. Papir učvrstiti s dva utega da se ne pomiče. Ako rub stola nije u ravnini s nogama potrebno je izmjeriti tu razliku i od crte na papiru treba nacrtati drugu, za toliko udaljenu od prve. Trag na papiru je kratka crtica. Za mjerenje treba uzeti sredinu crtice. Jedno tijelo ostavi dva traga. Može se dogoditi da crta koja bi spajala te tragove nije paralelna s rubom papira jer se tijelo malo zakrenulo u letu. Treba spojiti sredine tragova s crtom i naći sredinu te crte. Domet D trebao bi se mjeriti do te sredine.

Domet horizontalnog hica je :

$D = v\sqrt{\frac{2h'}{g}}$, gdje je h' visina stola, a g ubrzanje tijela koje slobodno pada. (2 boda)

Nakon prvog, treba pustiti i drugo tijelo s iste visine kosine i izmjeriti njegov domet. Omjer dometa jednak je:

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{v_1}{v_2}$ (1 bod)

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\sqrt{\frac{2E_{gp}}{I_1}}}{\sqrt{\frac{2E_{gp}}{I_2}}}$$

$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)$ (2 boda)

$\frac{I_2}{I_1} = 1{,}13$ (2 boda)

Mjerenje se može ponoviti s drugom visinom kosine.
Preciznost i kvaliteta mjerenja (3 boda)

b) centar mase tijela giba se jednoliko ubrzano niz kosinu:

$s = \frac{1}{2}vt$, s je duljina kosine, v je brzina na kraju kosine, t je vrijeme spuštanja niz kosinu. (1 bod)

$t = \frac{2s}{v} = \frac{2s}{R}\sqrt{\frac{I}{2E_{gp}}}$ (1 bod)

Vrijeme za koliko će se kasnije spustiti tijelo s većim momentom tromosti biti će:

$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2s}{R\sqrt{2E_{gp}}}(\sqrt{I_2} - \sqrt{I_1})$, (1 bod)

t_2 vrijeme spuštanja tijela s većim momentom tromosti, a t_1 s manjim.
Dok se tijelo s većim momentom tromosti spusti, tijelo s manjim već će biti dalje za

$\Delta s = v_1 \Delta t = \sqrt{\frac{2E_{gp}}{I_1}} R \frac{2s}{R\sqrt{2E_{gp}}}(\sqrt{I_2} - \sqrt{I_1})$ (1 bod)

$\Delta s = 2s\left(\sqrt{\frac{I_2}{I_1}} - 1\right)$ (1 bod)

Iz rezultata se vidi da će udaljenost između tijela biti ista kad se gibaju po ravnoj podlozi bez obzira na nagib kosine. (2 boda)
Prilikom mjerenja treba voditi računa da tijelo ne kreće sa samog vrha kosine zbog *branika* te treba na ploči zacrtati gdje tijelo dodiruje ploču i izmjeriti odatle duljinu kosine. (1 bod)
Dobije se da je $\Delta s = 2{,}6cm$ (1 bod)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole - 4. skupina

Prirodne 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
- unificirana atomska jedinica mase $u=1{,}66\cdot 10^{-27}$kg
- masa elektrona $m_e=9{,}11\cdot 10^{-31}$kg

Uputa:
- za $|x| << 1$ možete uzeti $(1+x)^n = 1+n\cdot x$ za bilo koji realan n i bilo koji predznak od x
- za $|x| << 1$ možete uzeti $\sin x = x$, $\mathrm{tg}x = x$, $\cos x = 1-x^2/2$

1. zadatak (20 bodova)

Temperatura atmosfere iznad tla mijenja se s visinom pa se stoga mijenja i njen indeks loma. Nalaziš se na prostranoj homogenoj ravnici gdje je ovisnost indeksa loma zraka n o visini y iznad tla opisana izrazom $n(y) = 1{,}000293 + 0{,}000005\cdot[1 - \exp(-y/10\text{mm})]$.
a) Promotri dvije zrake svjetlosti koje se šire horizontalno, jedna na visini 5mm, a druga na visini 5,1mm iznad tla. Koliku udaljenost prijeđe gornja zraka svjetlosti za vrijeme dok donja prijeđe 1m?
Za koliko radijana i u kom smjeru će skrenuti horizontalan snop svjetlosti širok 0,1mm koji putuje na toj visini? Pokaži da je promjena kuta θ između zrake i horizontale po pomaku x u horizontalnom smjeru dana izrazom $d\theta/dx = -(1/n)\cdot dn/dy$.
b) Dokaži da umnožak $n\cdot\cos\theta$ mora biti jednak na svim visinama. Pokaži da zraka neće dospjeti u tlo ako postane $\theta = 0$. Ako je $\theta = 0$ za y = 0,1mm, koliki je θ na visini 30mm iznad tla? Pretpostavi da iznad 30mm više nema promjene temperature atmosfere. Ako su ti oči na visini 1,6m od tla, na kojoj najmanjoj udaljenosti na tlu vidiš odraz neba?

2. zadatak (18 bodova)

Dvije vertikalne dipolne antene zrače elektromagnetske valove jednakih valnih duljina λ i jednakih amplituda. Razmak među antenama je d. Promatraj interferenciju na udaljenostima mnogo većim od d. Uzmi da je θ kut između pravca promatranja i pravca koji prolazi simetrično između antena, pa antenu smještenu u $\theta = \pi/2$ nazovi prvom, a onu u $\theta = -\pi/2$ drugom antenom.
a) Pretpostavi da obje antene emitiraju u fazi! Za koji θ je zračenje najintenzivnije ako je $d = \lambda/2$, a za koji θ ako je $d = \lambda$?
b) Za koliki dio perioda treba zračenje iz druge antene zaostajati za zračenjem iz prve da bi promatrač koji se nalazi na $\theta = 210°$ osjetio najintenzivnije zračenje? Ovdje je $d = \lambda/2$.
c) Avion koji leti brzinom 230km/h na udaljenosti 10km od antena u smjeru tangencijalno s obzirom na središte antena mjeri intenzitet zračenja te tako određuje svoj kutni položaj, a iz brzine promjene intenziteta brzinu svoga leta. Antenski operater odluči pomicati fazu prve antene s obzirom na fazu druge da bi zbunio pilota. Kolikom brzinom operater mijenja razliku faza u trenutku kad je avion oko položaja $\theta = 0$ tako da se pilotu čini kao da stoji na mjestu i ne putuje navedenom tangencijalnom brzinom? Ovdje je $d = \lambda/2$ i $\alpha = 0$.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

3. zadatak (20 bodova)

Kad stacionaran slobodan atom emitira foton, mora mu se dogoditi odboj u suprotnom smjeru. Promatraj jezgru željeza ^{57}Fe čija je energija prvog pobuđenog stanja E = 14,4keV iznad osnovnog, a širina tog pobuđenog stanja je $\Delta E = 5 \cdot 10^{-9}$eV.

a) Pokaži da je energija emitiranoga fotona $hf = E(1-E/2Mc^2)$, gdje je M masa jezgre. Izračunaj energiju fotona sa i bez uračunavanja odboja te usporedi njihovu razliku sa širinom pobuđenog stanja pa zaključi može li nastali foton pobuditi drugu mirujuću jezgru ^{57}Fe.

b) Kolikom brzinom se mora gibati druga jezgra ^{57}Fe da se omogući njeno pobuđivanje fotonom emitiranim iz prve jezgre?

c) U Mőssbauerovoj spektrometriji koristi se navedena emisija i apsorpcija da bi se proučavalo međudjelovanje u tvari putem promjene energija tih jezgrinih stanja. Pritom se obje jezgre nalaze u čvrstoj matrici, npr. kristalnoj rešetki. Objasni zašto u tom slučaju učinak odboja ne onemogućuje apsorpciju emitiranog fotona. Jedan od razloga promjene energije jezgrinih stanja jest međudjelovanje elektrona u s-orbitalama s jezgrom konačne veličine. Kolika je promjena razlike energija prvog pobuđenog i osnovnog stanja ako je uzorak potrebno pomicati brzinom 12mm/s prema izvoru fotona energije E da bi se dogodila apsorpcija? Što možeš reći o osjetljivosti ovakvog eksperimenta za mjerenje međudjelovanja?

4. zadatak (12 bodova)

Sve je više znanstvenih rezultata koji upozoravaju na štetnost mobitelskog zračenja, čija je tipična frekvencija 1800MHz. Primjerice, unutar opsežnog međunarodnog projekta "Reflex" uočeno je još 2004. godine da izlaganje elektromagnetskom zračenju iz mobitela uzrokuje poremećaje u strukturi kromosoma i kidanje lanca DNK. To je dodatno poljuljalo dotadašnje vjerovanje da mobitelsko zračenje ispoljava jedino toplinske učinke. Mehanizam spomenutog utjecaja na DNK nije potpuno objašnjen.

Promotri taj problem polazeći od DNK lanca kao jednodimenzionalnog vodiča. Naime, uzmi da je DNK molekula širine 2nm i duljine 0,4μm, te da su one priređene u otopini u obliku gotovo ravnih lanaca. Nadalje, odnedavno je poznato da je električna vodljivost DNK približna vodljivosti grafita. Stoga se neke elektrone u molekuli može promatrati kao čestice mase m_e koje se slobodno gibaju u jednom smjeru unutar duljine lančaste molekule. Kvantna fizika tumači da se može ostvariti samo takvo gibanje za koje je duljina molekule jednaka cjelobrojnom višekratniku polovice deBroglieve valne duljine elektrona.

Izračunaj dopuštene (kinetičke) energije elektrona koji se slobodno giba duž molekule DNK te izračunaj frekvenciju elektromagnetskog vala koji izaziva prijelaz elektrona iz najnižeg stanja u prvo pobuđeno stanje.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.
Srednje škole - 4. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (20 bodova)

a) Za vrijeme Δt gornja zraka prijeđe put $l_g = \frac{c}{n_g}\Delta t$, a donja $l_d = \frac{c}{n_d}\Delta t$,

gdje su $n_g = n(5{,}1\text{mm}) = 1{,}000293 + 1{,}9975 \cdot 10^{-6}$ i $n_d = n(5\text{mm}) = 1{,}000293 + 1{,}9670 \cdot 10^{-6}$. **(2b.)**

Slijedi $l_g = l_d \frac{n_d}{n_g} = l_d - l_d \cdot 3 \cdot 10^{-8}$, tj. gornja zraka prijeđe $3 \cdot 10^{-8}$m manje od donje. **(2b.)**

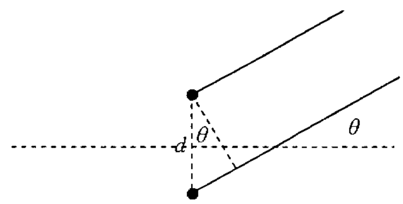
Gornji rub zrake je od donjeg udaljen 0,1mm, a prijeđe $3 \cdot 10^{-5}$mm manje, pa je kut skretanja dan s $\text{tg}\varphi = \varphi = 3 \cdot 10^{-4}$rad. **(1b.)**
Promotri dva sloja, donji indeksa loma n i gornji indeksa $n+\Delta n$. Vremena u kojima zrake svjetlosti prelaze put x su $t_n = (x+\Delta x)n/c$ i $t_{n+\Delta n} = x(n+\Delta n)/c$. Iz $t_n = t_{n+\Delta n}$ slijedi $x\Delta n = n\Delta x$. **(2b.)**

Kut skretanja je $\theta = -\Delta x/\Delta y$, pa je $x\frac{\Delta n}{\Delta y} = -n\theta$. **(2b.)**

Za infinitezimalne pomake i otklone je stoga $\frac{d\theta}{dx} = -\frac{1}{n}\frac{dn}{dy}$. **(1b.)**

b) Za međusobno paralelne slojeve sredstava različitog indeksa loma mora vrijediti $n \cdot \sin\alpha$ = konst, gdje je α kut između zrake i okomice na graničnu plohu unutar sredstva gdje je indeks loma n. Ovdje je $\theta = 90° - \alpha$, pa je $n \cdot \cos\theta$ = konst. **(2b.)**
Ako postane $\theta = 0$, zraka neće ući u tlo, jer skreće prema gore zbog $dn/dy > 0$. **(2b.)**
Iz $n_{01} \cdot \cos\theta_{01} = n_{30} \cdot \cos\theta_{30}$ i $\theta_{01} = 0$ slijedi nakon razvoja po malenim veličinama $\theta_{30} = 3{,}066 \cdot 10^{-3}$rad. **(3b.)**
Udaljenost na kojoj se vidi odraz neba u tlu je $l = h/\text{tg}\theta_{30}$ jer je visina iznad koje se zraka širi pravocrtno zanemariva u usporedbi s visinom očiju h. Slijedi l = 520m. **(3b.)**

2. zadatak (18 bodova)



a) Razlika faza između dvije pristigle zrake je $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin\theta$. **(2b.)**
Za $d = \lambda/2$ uvjet za maksimum je $\pi \sin\theta = n \cdot 2\pi$ pa su jedina rješenja $\theta = 0$ i $\theta = \pi$. **(2b.)**
Za $d = \lambda$ uvjet za maksimum je $2\pi \sin\theta = n \cdot 2\pi$ pa su rješenja $\theta = 0$ i $\theta = \pi$ te $\theta = \pi/2$ i $\theta = -\pi/2$. **(2b.)**

b) Razlika faza između dvije zrake sada je $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin\theta + \alpha$, gdje je α zaostajanje zračenja iz druge za prvom antenom. **(3b.)**
Da bi u $\theta = 210°$ bio maksimum intenziteta, mora biti $\pi \sin 210° + \alpha = n \cdot 2\pi$, čije rješenje je $\alpha = \pi/2$.
Zračenje druge zaostaje za četvrtinu perioda s obzirom na zračenje prve antene. **(3b.)**
c) Brzina promjene faze zbog pomicanja aviona brzinom v mora biti jednaka promjeni faze antena. **(1b.)**

Kad se avion pomakne za kut $\Delta\theta = \frac{v}{r}\Delta t$, faza među zrakama promijeni se za $\Delta\varphi = \pi \sin\frac{v\Delta t}{r}$. **(2b.)**

Pritom razliku faza antena treba promijeniti za $\Delta\Phi = \Omega\Delta t$, gdje je Ω brzina promjene te faze. **(1b.)**

Za $\Delta\theta \ll 1$ je $\sin\frac{v\Delta t}{r} = \frac{v\Delta t}{r}$ pa iz $\Delta\Phi = \Delta\varphi$ slijedi $\Omega = \pi v/r$ = 0,02rad/s. **(2b.)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

3. zadatak (20 bodova)

a) Energija E dobivena prijelazom raspodijeli se na foton i energiju odboja $E = hf + E_{odb}$. **(1b.)**

Očuvanje količine gibanja zahtijeva $\frac{hf}{c} = p_{odb}$. **(1b.)**

Relativistička energija i količina gibanja p_{odb} jezgre mase M povezani su na način $(E_{odb} + Mc^2)^2 = p_{odb}^2c^2 + M^2c^4$. **(2b.)**

Te tri jednadžbe daju $hf = E\frac{E+2Mc^2}{2E+2Mc^2}$, što za $E << Mc^2$ postaje $hf = E\left(1 - \frac{E}{2Mc^2}\right)$. **(2b.)**

Energija fotona bez uračunavanja odboja je $hf_0 = E = 14{,}4\text{keV}$.
Energija fotona u slučaju odboja jezgre je $hf = 14{,}4\text{keV}\cdot(1-1{,}35\cdot10^{-7})$.
Razlika energija je 1,95meV. To je mnogo veće od širine energijskog stanja ΔE, pa je apsorpcija takvog fotona nemoguća. **(2b.)**

b) Giba li se jezgra brzinom u ususret fotonu, zbog Dopplerova učinka bit će mu veća frekvencija, pri čemu je potrebno ostvariti $f_0 = \sqrt{\frac{c+u}{c-u}}f$. **(2b.)**

Zbog bliskosti f i f_0 slijedi $u = c\frac{f_0 - f}{f_0} = \frac{E}{2Mc} = 40{,}5\text{m/s}$. **(3b.)**

c) Kad su obje jezgre u matrici mase mnogo veće od mase jezgre, kinetička energija odboja je zanemariva pa foton ima energiju E koju druga jezgra može apsorbirati. **(2b.)**

Frekvencija apsorbiranog fotona je $f' = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}f$. **(1b.)**

Promjena razlike energija među stanjima uz $v << c$ je stoga $h(f'-f) = h\frac{v}{c}f = E\frac{v}{c} = 5{,}76\cdot10^{-7}\text{eV}$. **(2b.)**

Eksperiment zavaljujući uskoj energijskoj liniji može vrlo precizno mjeriti promjene energija jezgrinih stanja. **(2b.)**

4. zadatak (12 bodova)

deBroglieva valna duljina elektrona je $\lambda = \frac{h}{p}$. **(1b.)**

Može se ostvariti ono gibanje za koje je $\frac{\lambda}{2}\cdot n = L$, gdje je L duljina molekule DNK, a $n = 1,2,3,...$ **(2b.)**

Slijedi da su dopuštene količine gibanja elektrona u lančastoj molekuli DNK $p_n = \frac{h}{2L}\cdot n$. **(2b.)**

Dopuštene energije (samo kinetički doprinos) su $E_n = \frac{p_n^2}{2m_e} = \frac{h^2}{8m_eL^2}\cdot n^2 = 3{,}765\cdot10^{-25}\text{J}\cdot n^2$. **(3b.)**

$E_1 = 3{,}765\cdot10^{-25}\text{J}$, $E_2 = 15{,}06\cdot10^{-25}\text{J}$. **(2b.)**

Frekvencija vala čiji foton izaziva prijelaz među tim stanjima je $f = \frac{E_2 - E_1}{h} = 1700\text{MHz}$. **(2b.)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

Srednje škole – 4. skupina

Praktični zadatak

Pribor:
- staklena čaša
- šivaća igla
- pluteni podložak
- škare
- ravnalo
- bočica s vodom

Zadatak: Uporabom priloženih sredstava treba:

1. Odrediti granični kut totalne refleksije .... 8 bodova
2. Opisati postupak određivanja tražene veličine .... 6 bodova
3. Provesti račun pogreške:
   a) srednja vrijednost .... 2 boda
   b) max. relativna pogreška .... 4 boda
   c) komentar preciznosti mjerenja .... 2 boda
4. Navesti teorijske osnove totalne refleksije i prema eksperimentalnim rezultatima odrediti indeks loma vode .... 8 bodova

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

Natjecateljima želimo uspješan rad!

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Vukovar, 3. - 6. svibnja 2009.

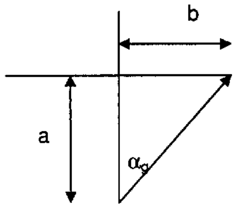
Srednje škole – 4. skupina
Praktični zadatak
Rješenje i smjernice za bodovanje

1.
Tablični prikaz:

Redni broj mjerenja	a/m	b/m	α_g/°

Unesene vrijednosti za a i b minimalno 3 puta ...... 6 bodova
Određen granični kut .... 2 boda
Ukupno ...... 8 bodova

2.



Crtež ..... 2 boda

Pluteni podložak izrežemo u oblik kvadrata /dimenzije prilagodimo tako da podložak stane u čašu/. Podložak kroz sredinu probodemo šivaćom iglom i stavimo u čašu koju smo do vrha napunili vodom. Šivaću iglu pomičemo gore-dolje tako dugo, dok ne iščezne njezin vrh koji je u vodi.

Opis ... 2 boda

Granični kut α_g izračunamo prema:

$$\mathrm{tg}\,\alpha_g = b/a$$

Izraz ...... 2 boda
Ukupno ... 6 bodova

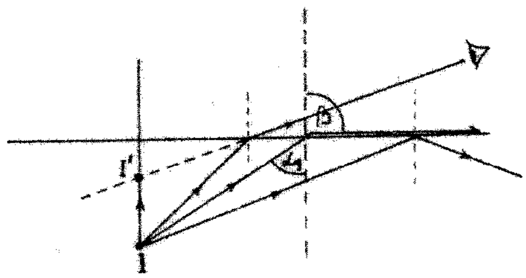
3.

a) Srednja vrijednost za minimalno tri mjerenja:
$\alpha_g' = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) / 3$ ...... 2 boda

b) Max. relativna pogreška:
- odrediti pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti
$\Delta a_i = a_g' - a_i$ ..... 1 bod
- odrediti apsolutnu vrijednost najvećeg pojedinačnog odstupanja
$|\Delta a_{i\,max}|$ ...... 1 bod
- izračunati maksimalnu relativnu pogrešku za eksperimentalna mjerenja:
$r_m = [\,(|\Delta a_{i\,max}| / \alpha_g') \cdot 100\,]\,\%$ ...... 1 bod

c) Usporedba r_m i preciznosti mjerenja ...... 1 bod
Nabrojiti minimalno dva čimbenika koji utječu na točnost rezultata
...... 1 bod
Ukupno ... 8 bodova

4.



Crtež .... 2 boda

Totalna refleksija: zraka svjetlosti upada na graničnu plohu iz optički gušćeg sredstva pod kutom većim od graničnog (kuta loma), te se reflektira po zakonu refleksije svjetlosti. Granični kut loma je kut za koji upadni kut iznosi 90°.

.... 2 boda

Sinus graničnog kuta jednak je recipročnoj vrijednosti indeksa loma gušćeg sredstva.

$$\frac{\sin\alpha_g}{\cancel{\sin 90}} = \sin\alpha_g = \frac{n_{rjeđeg}}{n_{gušćeg}} \quad , \qquad \sin\alpha_g = \frac{1}{n_{sredstva}}$$

Apsolutni indeks loma za vodu za valnu duljinu od 576 nm:
n = 1,33

.... 4 boda

Ukupno .... 8 bodova