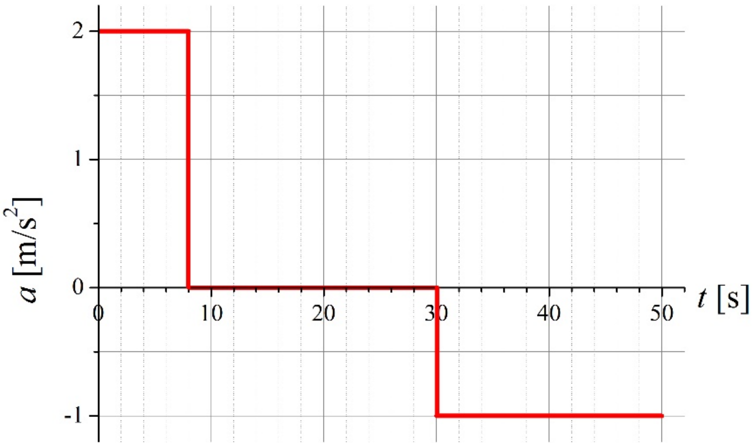
OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2015/2016

Srednje škole – 1. grupa

Zadatak 1 (12 bodova)

Tijelo se giba duž x-osi. U početnom trenutku ($t = 0$) nalazi se u ishodištu koordinatnog sustava ($x = 0$) i miruje. Ovisnost ubrzanja tijela o vremenu prikazana je na sljedećem $a(t)$ grafu.

a) Nacrtajte graf ovisnosti brzine tijela o vremenu ($v(t)$ graf).
b) Odredite konačni položaj tijela.
c) Odredite ukupan prijeđeni put.
d) Izračunajte srednju brzinu po putu.



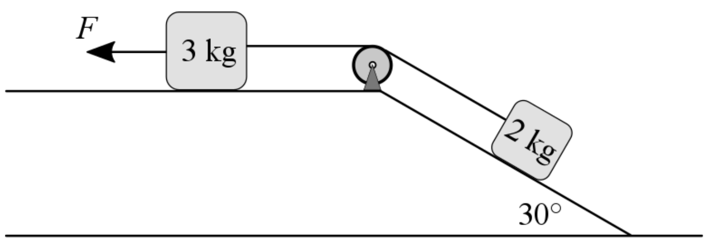
Zadatak 2 (9 bodova)

Dva broda nalaze se na rijeci te istovremeno polaze iz iste točke. Prvi brod giba se nizvodno stalnom brzinom u odnosu na vodu 9 km/h, a drugi uzvodno stalnom brzinom 12 km/h u odnosu na vodu. U određenom trenutku oba broda mijenjaju svoj smjer gibanja tako da se prvi brod sada giba uzvodno, a drugi nizvodno pri čemu brzina brodova u odnosu na vodu ostaje nepromijenjena. Nakon 30 minuta brodovi se opet sreću. Brzina rijeke je 2 km/h.

a) Izračunajte maksimalnu udaljenost brodova.
b) Izračunajte udaljenost od početne točke do točke u kojoj su se brodovi ponovo sreli.

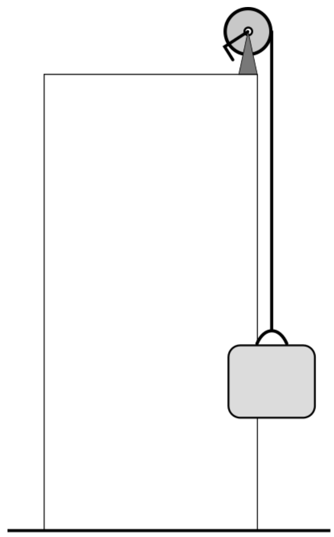
Zadatak 3 (11 bodova)

Dva tijela masa 2 kg i 3 kg povezana su nerastezljivim užetom zanemarive mase preko koloture zanemarive mase kao što je prikazano na slici. Tijelo mase 3 kg vučemo silom F prema lijevo. Sustav se giba prema lijevo stalnom brzinom. Koeficijent trenja između oba tijela i podloge iznosi 0.1. Izračunajte iznos sile F i napetost užeta.



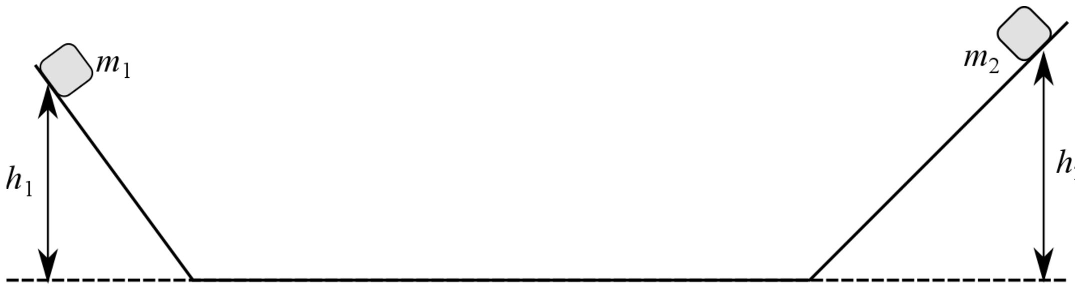
Zadatak 4 (8 bodova)

Teret se spušta stalnom brzinom 2 m/s s vrha zgrade pomoću koloture kao što je prikazano na slici. Masa tereta je 2 t, a maksimalno opterećenje, koje može izdržati uže, iznosi 22 kN. Želimo teret spustiti na tlo tako da mu je brzina u trenutku dodira s tlom jednaka nuli. Na kojoj minimalnoj udaljenosti od tla se teret mora početi gibati jednoliko usporeno? Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10 \text{m/s}^2$.



Zadatak 5 (10 bodova)

Dva tijela masa m_1 i m_2 puštena su s visine h_1, odnosno h_2 bez početne brzine. Tijela se gibaju po kosinama te prelaze na horizontalnu podlogu na kojoj se plastično sudaraju (nakon sudara se gibaju zajedno). Tijela se nakon sudara prvi put zaustavljaju na istom mjestu sa kojeg je ispušteno tijelo mase m_1. Ako je omjer masa m_2:m_1=2:1, odredite omjer visina h_2:h_1. Trenje je zanemarivo.



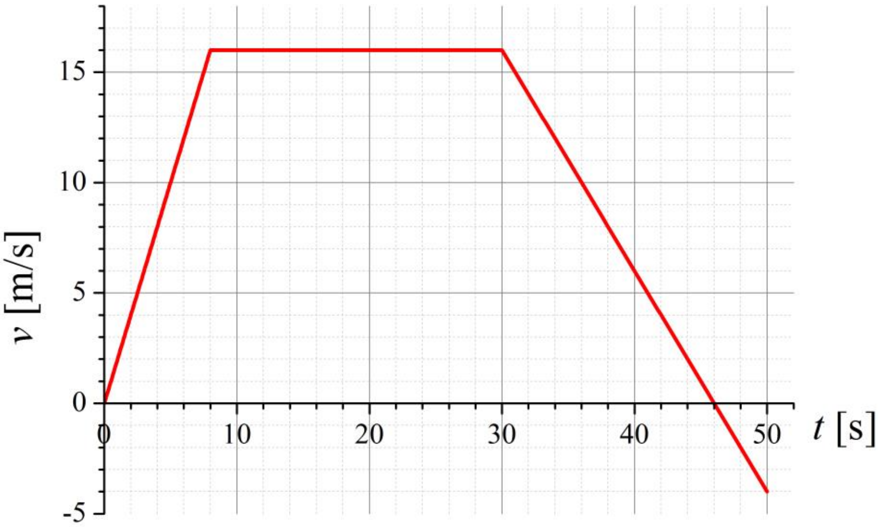
OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2015/2016

Srednje škole – 1. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (12 bodova)

U razdoblju 0 – 8 s tijelo se giba jednoliko ubrzano ubrzanjem a_1 = 2 m/s^2 te mu se brzina mijenja u vremenu kao $v(t) = a_1 t$. Konačna brzina je $v(t$ = 8 s) = 16 m/s. U razdoblju 8 – 30 s tijelo se giba jednoliko po pravcu (ubrzanje a_2 = 0 m/s^2) brzinom 16 m/s. U razdoblju 30 – 50 s tijelo se giba jednoliko ubrzano ubrzanjem u negativnom smjeru x-osi iznosa a_3 = 1 m/s^2 i početnom brzinom u pozitivnom smjeru x-osi 16 m/s. Brzina se mijenja u vremenu kao $v(t)$ = 16 m/s – $a_3(t - t_2)$, gdje je t_2 = 30 s. Konačna brzina jednaka je -4 m/s. **(3 boda)**



(1 bod)

Položaj tijela u t = 8 s:

$x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = \frac{1}{2}(2\text{ m/s}^2)(8\text{ s})^2 = 64\text{ m}$ **(1 bod)**

Položaj tijela u t = 30 s:

$x_2 = x_1 + v_1(t_2 - t_1) = 64\text{ m} + (16\text{ m/s})(22\text{ s}) = 416\text{ m}$ **(1 bod)**

Položaj tijela u t = 50 s:

$x_3 = x_2 + v_1(t_3 - t_2) - \frac{1}{2}a_3(t_3 - t_2)^2 = 416\text{ m} + (16\text{ m/s})(20\text{ s}) - \frac{1}{2}(1\text{ m/s}^2)(20\text{ s})^2 = 536\text{ m}$ **(1 bod)**

Tijelo u trećem razdoblju gibanja mijenja smjer gibanja i to u trenutku:

$0 = 16\text{ m/s} - (1\text{ m/s}^2)(t - 30\text{ s}) \Rightarrow t = 46\text{ s}$ **(1 bod)**

Do tog trenutka tijelo prijeđe put:

$416\text{ m} + (16\text{ m/s})(16\text{ s}) - \frac{1}{2}(1\text{ m/s}^2)(16\text{ s})^2 = 544\text{ m}$ **(1 bod)**

U razdoblju 46 – 50 s tijelo ubrzava u negativnom smjeru x-osi te prelazi put:

$\frac{1}{2}(1\text{ m/s}^2)(4\text{ s})^2 = 8\text{ m}$ **(1 bod)**

Prema tome, ukupan prijeđeni put iznosi 544 m + 8 m = 552 m. **(1 bod)**

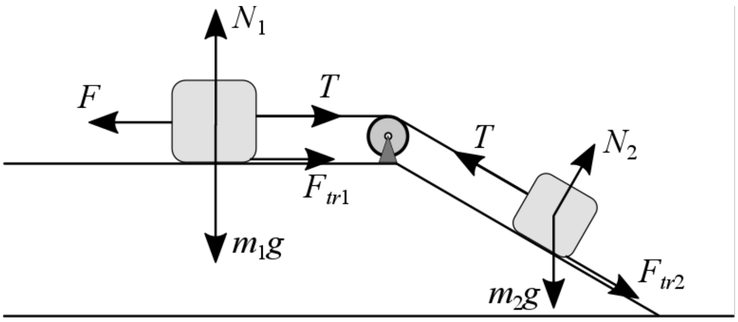
Srednja brzina po putu iznosi:

$\bar{v} = \frac{552\text{ m}}{50\text{ s}} = 11.04\text{ m/s}$ **(1 bod)**

Zadatak 2 (9 bodova)

Put, koji prvi, odnosno drugi brod prijeđe do trenutka promjena smjera brzine, jednak je:
$s_1 = (v_1 + v_0)t$, $s_2 = (v_2 - v_0)t$ **(1 bod)**
Nakon promjena smjera przine pa do trenutka kada se ponovo sretnu brodovi prelaze put:
$s_1' = (v_1 - v_0)t'$, $s_2' = (v_2 + v_0)t'$ **(1 bod)**
Vrijedi:
$s_1 + s_2 = s_1' + s_2'$ **(1 bod)**
Uvrštavanjem gornjih izraza slijedi:
$(v_1 + v_2)t = (v_1 + v_2)t' \Rightarrow t = t' = 15\,\text{min}$ **(2 boda)**
Maksimalna udaljenost brodova jednaka je:
$s_1 + s_2 = (v_1 + v_2)t = 5.25\,\text{km}$ **(2 boda)**
Udaljenost od početne točke do točke u kojoj se ponovo brodovi sreću jednaka je:
$s_1 - s_1' = s_2' - s_2 = 2v_0 t = 1\,\text{km}$ **(2 boda)**

Zadatak 3 (11 bodova)



Skica: **(2 boda)** Ako je zadatak točno riješen bez skice, dodijeliti puni broj bodova.
Budući da se sustav giba stalnom silom, zbroj svih sila na svako pojedino tijelo jednak je nuli.
Za tijelo mase m_1 = 3 kg vrijedi:
$0 = F - T - F_{tr1}$ **(1 bod)**
$0 = N_1 - m_1 g$ **(1 bod)**
Sila trenja jednaka je μN_1 **(1 bod)** pa se uvrštavanjem dobije :
$0 = F - T - \mu m_1 g$
Za tijelo mase m_2 = 2 kg vrijedi:
$0 = T - \frac{1}{2} m_2 g - F_{tr2}$ **(1 bod)**
$0 = N_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} m_2 g$ **(1 bod)**
Uvrštavanjem se dobije:
$0 = T - \frac{1}{2} m_2 g - \mu \frac{\sqrt{3}}{2} m_2 g$
Rješavanjem sustava jednadžbi slijedi:
$F = \left(\mu \left(m_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} m_2 \right) + \frac{1}{2} m_2 \right) g = 14.45$ N za $g = 9.81$ m/s^2 ($F = 14.73$ N za $g = 10$ m/s^2)**(3 boda)**
Napetost užeta jednaka je:
$T = F - \mu m_1 g = 11.51\,\text{N}$ ($T = 11.73$ N za $g = 10$ m/s^2) **(1 bod)**

Zadatak 4 (8 bodova)

Teret se usporava radi djelovanja stalne sile prema gore:

$ma = T - mg$ **(2 boda)**

Maksimalno ubrzane postiže se za maksimalnu napetost užeta. Ubrzanje je jednako:

$$a = \frac{T_{max}}{m} - g = 1\ \mathrm{m/s^2}$$ **(3 boda)**

Maksimalnom ubrzanju odgovara minimalni put, koji teret prijeđe do zaustavljanja. On je jednak:

$$s = \frac{v_0^2}{2a} = 2\ \mathrm{m}$$ **(3 boda)**

Zadatak 5 (10 bodova)

Brzina, kojom se pojedino tijelo giba na horizontalnoj podlozi, dobije se iz zakona očuvanja energije:

$$m_1 g h_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \ \Rightarrow\ v_1 = \sqrt{2gh_1}$$ **(1 bod)**

$$m_2 g h_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \ \Rightarrow\ v_2 = \sqrt{2gh_2}$$ **(1 bod)**

Za sudar tijela vrijedi zakon očuvanja količine gibanja:

$m_2 v_2 - m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$ **(2 boda)**

Za uspon tijela na visinu h_1 vrijedi zakon očuvanja energije:

$$(m_1 + m_2) g h_1 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v^2 \ \Rightarrow\ v = \sqrt{2gh_1}$$ **(2 boda)**

Uvrštavanjem slijedi:

$$m_2\sqrt{2gh_2} - m_1\sqrt{2gh_1} = (m_1 + m_2)\sqrt{2gh_1}$$

$$m_2\sqrt{h_2} = (2m_1 + m_2)\sqrt{h_1}$$

$$\sqrt{\frac{h_2}{h_1}} = \left(2\frac{m_1}{m_2} + 1\right)$$

$$\sqrt{\frac{h_2}{h_1}} = \left(2\frac{1}{2} + 1\right) = 2 \ \Rightarrow\ \frac{h_2}{h_1} = 4$$ **(4 boda)**

OPĆINSKO(GRADSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE – 27. siječnja 2016.

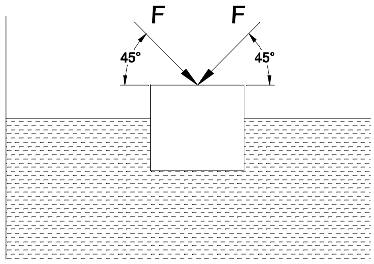
Srednje škole – 2. Skupina

1. zadatak (8 bodova)
U spojenim cilindričnim posudama je živa. Polumjer jedne posude je 5 puta veći od polumjera druge. U užu posudu se nalije voda tako da je visina stupca vode u njoj h = 1.2 m. Za koliko će se nakon ulijevanja vode spustiti razina žive u užoj posudi, a za koliko će se podignuti u široj?
Gustoća žive je 13600 kg/m^3, gustoća vode je 1000 kg/m^3.

2. zadatak (10 bodova)
Kocka volumena $512 \cdot 10^{-6}$ m^3 pliva na vodi tako da je 3/4 volumena uronjeno u vodu.

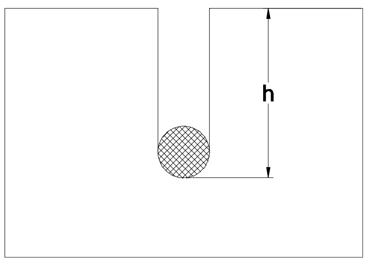
a) Izračunajte gustoću materijala od kojeg je napravljena kocka
b) Kolikim silama F moramo djelovati na kocku u smjeru kao na slici da bismo je potpuno potopili?

Gustoća vode je 1000 kg/m^3.

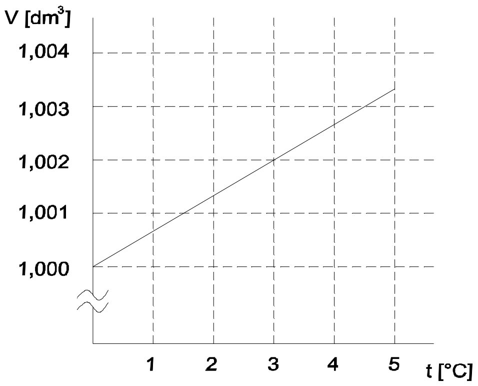


3. zadatak (10 bodova)
Idealni plin mase 10 g pri 7^{o}C ima volumen 4 dm^3. Nakon zagrijavanja pri stalnom tlaku gustoća plina iznosi $8 \cdot 10^{-4}$ g/cm^3. Na koju temperaturu je ugrijan plin? Koliki je rad po svakom molu plina pri tome obavljen? Opća plinska konstanta iznosi 8.314 J/(molK)

4. zadatak (12 bodova)
Željezna kuglica polumjera 2 cm ugrije se na temperaturu 300^{o}C te stavi na površinu velike kocke leda temperature 0^{o}C. Do koje će dubine h kuglica upasti u led, ako je konačni položaj kuglice u ledu kao na slici? Gustoća leda je 920 kg/m^3. Gustoća željeza je 7900 kg/m3. Latentna toplina taljenja leda je $3.3 \cdot 10^5$ J/kg. Specifični toplinski kapacitet leda je 460 J/(kgK). Pretpostavite da je sustav izoliran od okoline i da su gustoća i specifični toplinski kapacitet željeza stalni.



5. zadatak (10 bodova)
Grafiči prikaz ovisnosti volumena etanola o temperaturi je na donjoj slici. Gustoća etanola na 0^oC je $800\ kg/m^3$. Izračunajte gustoću etanola na temperaturi 4.2^oC.



OPĆINSKO(GRADSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE – 27. siječnja 2016.

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. zadatak (8 bodova)

h = 1.2 m, ρ_v = 1000 kg/m^3, ρ_{Hg} = 1000 kg/m^3

Početno su u oba dijela razine žive jednake. Neka se razina žive u užoj posudi spusti za h_1, a u široj podigne za h_2

$$hg\rho_{voda} = (h_1 + h_2)g\rho_{Hg}$$ **(2 boda)**

$$S_1 h_1 = S_2 h_2$$ **(1 bod)**

$$S_2 = 25 S_1$$ **(1 bod)**

Na temelju napisanih relacija: $h\rho_{voda} = (h_1 + \frac{1}{25}h_1)\rho_{Hg}$

$$h_1 = \frac{\rho_{voda}}{\rho_{Hg}} \frac{25h}{26} = 8.48\text{cm}$$ **(2 boda)**

$$h_2 = \frac{1}{25}h_1 = 0.339\text{cm}$$ **(2 boda)**

2. zadatak (10 bodova)

$V = 512\cdot10^{-6}$ m^3, ρ_v = 1000 kg/m^3, α = 45^o

a) $$mg = \frac{3}{4}Vg\rho_v$$ **(2 boda)**

Uzevši u ubzir da je masa tijela $m = V\rho$ za gustoću tijela se dobiva

$$\rho = \frac{3}{4}\rho_v = 750\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$ **(1 bod)**

b) Djelovanjem sila F tijelo je potpuno uronjeno i vrijedi:

$$(V\rho)g + 2F_y = Vg\rho_v$$ **(3 boda)**

$$F_y = \frac{F}{\sqrt{2}}$$ **(2 boda)**

$$F = \frac{1}{2}Vg(\rho_v - \rho)\sqrt{2}$$ **(1 bod)**

$$F = 0.64\sqrt{2}\text{N} = 0.905\text{N}$$ **(1 bod)**

3. zadatak (10 bodova)

m = 0.01 kg, V_1 = 0.004 m^3, T_1=280 K, ρ_2 =0.8 kg/m^3

Prije zagrijavanja: $$pV_1 = nRT_1 = \frac{m}{M}RT_1 \quad \Rightarrow \quad p = \frac{m}{MV_1}RT_1$$ **(2 boda)**

Nakon zagrijavanja: $$pV_2 = \frac{m}{M}RT_2 \ \Rightarrow \ p = \frac{\rho_2}{M}RT_2$$ **(2 boda)**

Izjednačavanje gornjih jednadžbi: $\frac{mRT_1}{MV_1} = \frac{\rho_2 RT_2}{M}$

Tražena temperatura je:

$$T_2 = \frac{mT_1}{V_1\rho_2} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$T_2 = 875\text{K} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Obavljeni rad: $W = p(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1)$ **(1 bod)**

Rad po molu plina: $\frac{W}{n} = R(T_2 - T_1) = 4946.83\text{ J}$ **(2 boda)**

4. zadatak (12 bodova)

$r = 0.02$ m, $t_{Fe} = 300^{o}$C, $t_{led} = 0^{o}$C, $\rho_{led} =$ 920 kg/m^3, $\rho_{Fe} =$ 7900 kg/m^3, λ = 330000 J/kg, c_{Fe} = 460 J/(kg·K)

Toplina koju kuglica predaje ledu: $Q_{Fe} = m_{Fe}c_{Fe}\Delta t_{Fe}$ $\quad \Delta t_{Fe} = t_{Fe} - t_{led}$ **(1 bod)**

$$Q_{Fe} = (\frac{4}{3}r^3\pi\rho_{Fe})c_{Fe}\Delta t_{Fe} \qquad (36514.43\text{ J}) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Volumen otopljenog leda: $V = \frac{1}{2}(\frac{4}{3}r^3\pi) + r^2\pi(h - r)$ **(3 boda)**

Toplina potrebna za topljenje leda: $Q_{led} = m_{led}\lambda = V\rho_{led}\lambda$ **(1 bod)**

Izjednačavanjem toplina: $Q_{Fe} = Q_{led}$ **(1 bod)**

$$\frac{4}{3}r^3\pi\rho_{Fe}c_{Fe}\Delta t_{Fe} = \left[\frac{1}{2}(\frac{4}{3}r^3\pi) + r^2\pi(h - r)\right]\rho_{led}\lambda \qquad \textbf{(2 boda)}$$

$$h = r(\frac{4\rho_{Fe}c_{Fe}\Delta t_{Fe}}{3\rho_{led}\lambda} + \frac{1}{3}) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$h = 0.102\text{m} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

5. zadatak (10 bodova)

Na temelju grafa odredi se toplinski koeficijent volumnog širenja:

Koef. smjera pravca je $V_o\alpha_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0.002}{3}\frac{dm^3}{K}$ **(1 bod)**

pa je $\alpha_v = \frac{2}{3}\cdot 10^{-3}K^{-1}$ **(2 boda)**

Volumen na t = 4.2^{o}C je: $V_{4.2} = V_o(1 + \alpha_v t)$ $\quad V_o = 1\text{dm}^3$ **(1 bod)**

Gustoća tijela t = 4.2^{o}C je: $\rho_{4.2} = \frac{m}{V_{4.2}} = \frac{V_o\rho_o}{V_{4.2}}$ **(2 boda)**

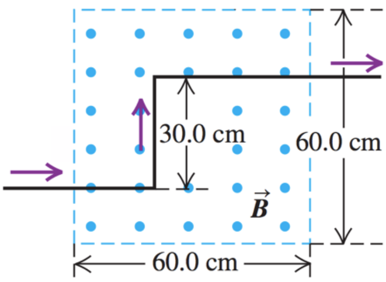
$$\rho_{4.2} = \frac{V_o\rho_o}{V_o(1 + \alpha_v t)} = \frac{\rho_o}{1 + \alpha_v t} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$\rho_{4.2} = 797.8\text{kg/m}^3 \qquad \textbf{(3 boda)}$$

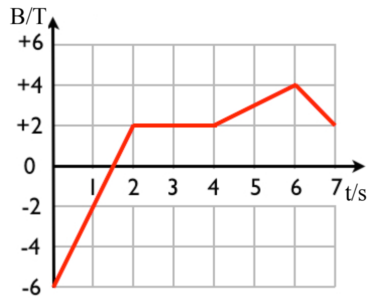
Općinsko natjecanje iz fizike – 3. skupina

1. zadatak (8 bodova)
Magnetsko polje u prostoru potpuno je homogeno, gleda vertikalno prema gore i ima iznos B. U polje ulijeće elektron mase m i naboja $-e$ čija brzina v zatvara kut od 60^0 s horizontalom mjereno od horizontale prema gore. Koliki je iznos sile koja djeluje na elektron? Skicirajte putanju elektrona. Ako kruži (ili djelomično kruži), koliki mu je polumjer kruženja izražen preko zadanih veličina?

2. zadatak (12 bodova)
Dugom žicom s dva ugla teče struja iznosa I = 1A i prolazi kroz magnetsko polje označeno plavom površinom kao na slici. Polje izlazi iz stranice, okomito je na nju i ima iznos B = 1T. Odredite iznos i smjer ukupne sile na žicu. Ne zanimaju nas rotacije te kako će se žica gibati, već samo iznos sile u trenutku na slici. Kako bi se sila promijenila da se cijela žica pomakne udesno za 5cm? Kako bi se promijenila da se žica zarotira za 90^0 (tj. da ulazi u donjem dijelu slike, a izlazi u gornjem)?



3. zadatak (8 bodova)
Kružna petlja polumjera R = 1m nalazi se u homogenom magnetskom polju iznosa B koje je okomito na ravninu petlje. Nacrtajte ovisnosti magnetskog toka i elektromotorne sile u petlji kao funkcije vremena ako se polje mijenja prema dijagramu na slici.



4. zadatak (14 bodova)
Zbog termalnih oscilacija u prostoriji, klatno sata nije uvijek iste duljine. Neka je klatno pravilne duljine i točno pokazuje vrijeme - pomakne sat za jednu sekundu za svakih pola perioda njihanja. Ako se klatno produlji za 5%, koliku grešku u mjerenju vremena čini sat tijekom jednog dana u sekundama (tj. što pokazuje sat nakon 24 puna sata)? Koliku grešku čini ako se skrati za 5%? Sad pretpostavite da klatno može biti ili samo kraće ili samo duže od pravilne duljine za 5% (tj. nikad nije pravilne duljine) i da su promjene od predugog na prekratko klatno i obratno trenutne te da se može opisati kao matematičko njihalo. Koliko sati, minuta i sekundi tijekom dana klatno mora biti prekratko, a koliko predugo, da bi na kraju ipak pokazivalo točno vrijeme tijekom jednog dana?

5. zadatak (8 bodova)
Snop protona masa m_p=1.7 x 10^{-27} kg i naboja e = 1.6 x 10^{-19} C putuje u pozitivnom smjeru osi x brzinom v = 1 km/s i ulijeće u homogeno magnetsko polje koje je okomito na njegov smjer gibanja. Snop izađe iz polja u smjeru okomitom na upadni. Duljina putanje snopa u polju jednaka je s = 1 cm. Koliki je iznos magnetskog polja? Kolikom brzinom protoni izlijeću iz polja?

Općinsko natjecanje iz fizike – 3. Skupina (rješenja)

1. zadatak (8 bodova)

Lorentzova sila je okomita na brzinu i magnetsko polje te stoga ne utječe na komponentu brzine koja je paralelna s poljem (vertikalna komponenta) **(1 bod)**, već samo na horizontalnu komponentu brzine iznosa $vcos(\phi)$ **(1 bod)** koja je iznosom jednaka $vcos(60) = v/2$. **(1 bod)**

Lorentzova sila predstavlja centripetalnu silu i iznosa je

$$\frac{m(v/2)^2}{r} = e(v/2)B \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Elektron opisuje spiralu jer kruži u x-y smjeru i giba se jednolikom brzinom u z smjeru. **(Skica 1 bod).** Polumjer kruženja u x-y smjeru dobija se iz gornje jednadžbe i daje

$$r = \frac{mv}{2eB} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

2. zadatak (12 bodova)

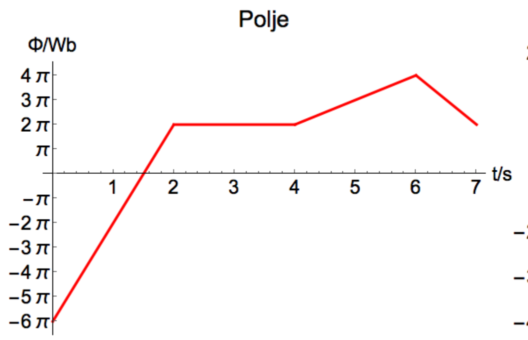
Žica na slici sastoji se od 3 komada koji se mogu promatrati nezavisno. Sila u magnetskom polju koje je okomito na žicu iznosi $F = BIl$ **(1 bod)**. Horizontalno postavljeni komadi žice razmatraju se zajedno i sila na njih iznosi

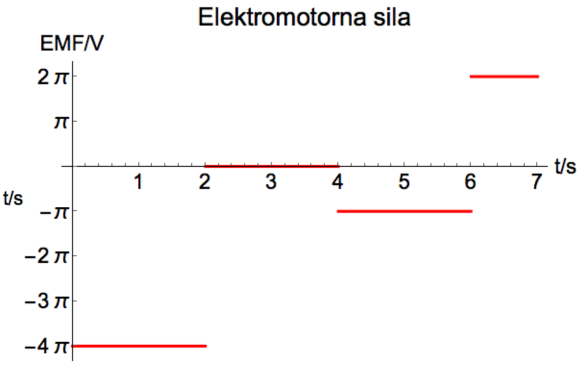
$F_h = F_1 + F_2 = BI(l_{1h} + l_{2h}) = 0.6\ N$ **(1 bod za zbroj, 1 za iznos)**

Na vertikalno postavljeni komad sila iznosi $F_v = BIl_v = 0.3\ N$ **(1 bod)**. Smjerovi sila odrede se pravilom desne ruke i vidi se da su obje sile u ravnini papira te da je sila na horizontalne komade usmjerena prema dolje **(1 bod)**, a na vertikalni komad prema desno **(1 bod)**. Ukupna sila dobija se vektorskim zbrajanjem sila. Iznos ukupne sile jednak je $F_u = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = 0.671\ N$ **(1 bod)**. Smjer sile dobije se trigonometrijski, npr. $tg(\phi) = \frac{0.3}{0.6}$ i nalazi se u četvrtom kvadrantu te je otklonjena od y-osi pod kutom 26.56°. **(2 boda)**. Ako se cijela žica pomakne udesno za 5cm, ni jedna od varijabli koje smo koristili u zadatku se ne mijenja, te ukupna sila ostane ista **(1 bod)**. Rotacijom žice za 90° zarotiraju se svi komadi žice, sve sile na njih **(1 bod)**, pa se i ukupna sila zarotira za 90° te je sad istog iznosa, no u I kvadrantu, s otklonom od 26.56° od x-osi. **(1 bod)**

3. zadatak (8 bodova)

Površina kružne petlje jednaka je $S = r^2\pi = \pi$ **(1 bod)**. Kako je magnetsko polje okomito na ravninu petlje, tok kroz petlju jednak je $\Phi = BS = \pi B$ **(1 bod)**. Graf toka kroz petlju izgledom je identičan grafu polja, no nosi druge jedinice i druge iznose. **(1 bod za dobar izgled grafa, 1 za dobre brojeve i jedinice na osima)**. Napomena: ako učenik nacrta graf koji je simetričan s obzirom na ovaj graf oko osi x (tj. pretvori pozitivan tok u negativan i obrnuto), dobija sve bodove, s obzirom da smjer toka ovisi o dogovorenom smjeru površine petlje. Elektromotorna sila dobija se iz $\epsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ **(1 bod)**. Na dijelovima grafa gdje se tok linearno mijenja u vremenu, elektromotorna sila biti će konstanta, a iznos joj se računa iz nagiba pravca **(1 bod)**. Graf elektromotorne sile dan je na slici **(1 bod za dobar izgled grafa, 1 za dobre brojeve i jedinice na osima)**. Za graf elektromotorne sile vrijedi ista napomena kao i za graf toka.





4. zadatak (14 bodova)

Period titranja klatna iznosi 2 sekunde, ovisi samo o duljini klatna **(1 bod)** i dan je relacijom $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ **(1 bod)**. Ako se klatno produlji 5%, period će se povećati i iznositi $T_{pr} = 2\pi\sqrt{\frac{1.05L}{g}} = \sqrt{1.05}\,T$ **(1 bod)**. Slično tome, skraćivanjem duljine period se smanji i iznosi $T_{sk} = 2\pi\sqrt{\frac{0.95L}{g}} = \sqrt{0.95}\,T$ **(1 bod)**. Tijekom jednog dana, koji traje 24*60*60 = 86400 s, pravilno klatno napravi 43200 titraja, a nepravilna klatna naprave $N_{pr} = \frac{43200}{\sqrt{1.05}} = 42159$ **(1 bod)** titraja, tj. $N_{sk} = \frac{43200}{\sqrt{0.95}} = 44322$ **(1 bod)** titraja. Greška koju načine, tj. koju pokazuju satovi jest 43200-42159=1041 sekundu premalo za produljeno klatno te 44322-43200=1122 sekunde previše za skraćeno klatno **(2 boda)**.

Ako je klatno neki dio dana prekratko, a neki predugo, no na kraju ipak pokazuje točno vrijeme, možemo napisati 2 jednadžbe. Neka predugo klatno napravi x titraja, a prekratko y titraja. Ukupno vrijeme titranja mora biti točno 1 dan:

$$xT_{pr} + yT_{sk} = 86400 = 43200T$$ **(1 bod)**

Osim toga, vrijeme koje se izgubi prilikom titranja produljenog klatna mora se nadoknaditi prilikom titranja skraćenog klatna:

$$x(T - T_{pr}) = y(T_{sk} - T)$$ **(1 bod za ovu ili analognu relaciju)**

Rješavanjem sustava ove dvije jednadžbe s dvije nepoznanice, uz uvažavanje gornjih relacija, dobija se da je

$$x = 43200\frac{1-\sqrt{0.95}}{\sqrt{1.05}-\sqrt{0.95}} = 21870$$ **(1 bod)**

$$y = 43200\frac{\sqrt{1.05}-1}{\sqrt{1.05}-\sqrt{0.95}} = 21330$$ **(1 bod)**

Produljeno klatno titra $21870 T_{pr} = 21870\sqrt{1.05}T = 12h\ 27\ min$ **(1 bod)**, a skraćeno klatno $21330 T_{sk} = 21330\sqrt{0.95}T = 11h\ 33\ min$ **(1 bod)**. Oba su rješenja zaokružena na sekunde.

5. zadatak (8 bodova)

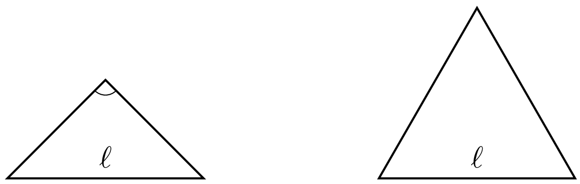
Bez obzira na smjer polja, zadan je uvjet okomitosti polja na smjer gibanja protona, što znači da će sila na protone biti iznosa $F = evB.$ **(1 bod)**. Gibanjem kroz magnetsko polje protoni opisuju kružnicu jer Lorentzova sila djeluje kao centripetalna sila **(1 bod)**. Kako protoni izlaze van u smjeru okomitom na upadni smjer, opisali su četvrtinu kružnice prije izlaska. To znači da je duljina putanje, zadana sa *s* = 1 cm jednaka duljini četvrtine luka kružnice **(1 bod)**. Slijedi da je polumjer kruženja jednak $r = \frac{2s}{\pi} = 0.64\ cm$ **(1 bod)**. S druge strane, polumjer kruženja može se dobiti izjednačavanjem izraza za centripetalnu silu s izrazom za Lorentzovu silu, što daje $r = \frac{mv}{eB}$ **(1 bod)**. Izjednačavanjem ta dva izraza dobija se da je $B = \frac{mv}{er} = \frac{\pi mv}{2es} = 1.67\ mT$ **(2 boda)**. Magnetska sila ne vrši rad na čestice pa protoni zadržavaju svoju prvobitnu kinetičku energiju i izlijeću iz polja istom brzinom kojom su i upali, tj. 1 km/s **(1 bod)**.

Općinsko natjecanje iz fizike

- srednje škole: IV. grupa -

27.01.2016.

1. Trokut načinjen od tri kruta štapa promatran je iz dva različita inercijalna referentna sustava. Mjerenja pokazuju da u sustavu $\mathcal{S}$ trokut miruje, dok se u sustavu $\mathcal{S}'$ giba konstantnom (relativističkom) brzinom $\vec{v}$. Također je ustanovljeno da trokut u ova dva sustava „poprima" drugačiji oblik—u jednom je sustavu trokut pravokutan i jednakokračan [slika a)], dok je u drugom jednakostraničan [slika b)]. Duljina baze trokuta u oba referentna sustava je ista i iznosi $\ell = 1\,\mathrm{m}$.



a) b)

- Odredite i argumentirajte koja slika predstavlja trokut u sustavu $\mathcal{S}$, a koja u $\mathcal{S}'$.
- Skicirajte moguće smjerove vektora brzine $\vec{v}$ u sustavu $\mathcal{S}'$, ako znate da leži u ravnini trokuta, te odredite iznos te brzine v.

[10 bodova]

2. Slika predmeta koji se nalazi na nekoj udaljenosti ispred zakrivljenog zrcala jest uspravna i dvostruko veća od veličine samog predmeta. Ukoliko se predmet dodatno udalji od zrcala za $d = 25\,\mathrm{cm}$, tad njegova slika postaje obrnuta i dvostruko manja od prave veličine.

- O kakvom se zrcalu radi?
- Skicirajte nastanak slike prije i poslije pomicanja predmeta.
- Izračunajte polumjer zakrivljenosti zrcala R.

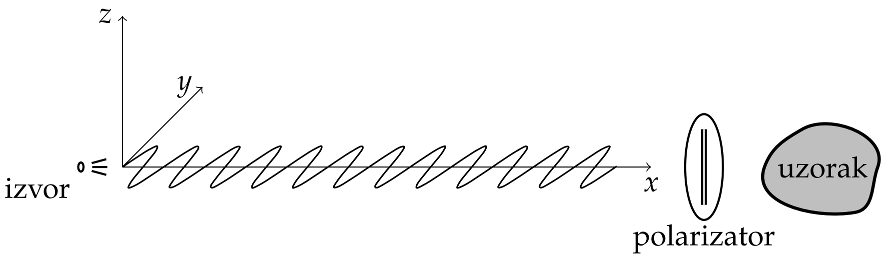
[12 bodova]

3. Koherentna svjetlost frekvencije $f = 7 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}$ upada na dvije pukotine, kao u Youngovom pokusu, te se može opaziti interferencijski uzorak na zaslonu udaljenom $\ell = 1.8\,\mathrm{m}$ od pukotina. Razmak između tamnih pruga iznosi $\Delta x = 4.2\,\mathrm{mm}$.

- Odredite udaljenost d među pukotinama.
- Koliko će iznositi razmak između tamnih pruga Δx ako cijeli eksperimentalni postav uronimo u vodu indeksa loma $n = 1.33$ i ponovimo pokus?

[8 bodova]

4. Da biste istražili optička svojstva nekog uzorka, potrebna vam je svjetlost linearno polarizirana u vertikalnom smjeru. Stoga, tik ispred uzorka, postavite vertikalni polarizator kako biste osigurali ispravnu polarizaciju upadne svjetlosti. Međutim, jedini izvor svjetlosti u laboratoriju emitira isključivo horizontalno polariziranu svjetlost intenziteta $I_0 = 1\,\mathrm{kW/m^2}$, kao na donjoj slici.



- Možete li provesti istraživanje uzorka s gore navedenom aparaturom ako niste u mogućnosti zakretati niti jedan dio eksperimentalnog postava?
- Ukoliko u laboratoriju pronađete još jedan polarizator, čiju os možete zakretati po volji, možete li tada izvršiti eksperiment umetanjem drugog polarizatora između izvora svjetlosti i postojećeg polarizatora? Skicirajte ulogu drugog polarizatora u eksperimentu i odredite maksimalni intenzitet svjetlosti I_{max} kojom uzorak može biti obasjan u ovom slučaju.

[10 BODOVA]

5. Sferna ljuska unutarnjeg polumjera $r = 10\,\mathrm{cm}$ i vanjskog polumjera $R = 20\,\mathrm{cm}$ drži se u toplinskoj ravnoteži na stalnoj temperaturi $T = 323.15\,\mathrm{K}$ pomoću grijača snage P. Pretpostavite da ljusku možemo smatrati savršenim crnim tijelom te da je temperatura okoline $0\,\mathrm{K}$.

- Izračunajte snagu grijača P.
- Dolazi li do emisije elektromagnetskog zračenja s unutarnje strane ljuske? Argumentirajte svoj odgovor. Ukoliko je odgovor bio pozitivan, izračunajte pripadnu emitiranu snagu $P_{\text{šupljina}}$.

[10 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- brzina svjetlosti: $c = 3 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$;
- Stefan-Boltzmannova konstanta: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/(m^2\,K^4)}$.

Općinsko natjecanje iz fizike - rješenja

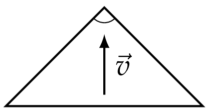
- srednje škole: IV. grupa -

27.01.2016.

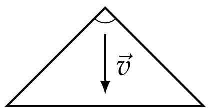
Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. Glavni fizikalni efekt promatran u ovom zadatku je Lorentz-FitzGeraldova kontrakcija duljine koja se opažava kao skraćivanje dimenzija tijela u smjeru gibanja.

   - Promatrajući slike a) i b), jasno je da se, prelaskom iz jednog referentnog sustava u drugi, mijenja visina trokuta, dok baza ostaje ista. Budući je visina trokuta na slici a) manja od visine trokuta na slici b), zaključujemo da slika a) prikazuje referentni sustav $\mathcal{S}'$ u kojem se trokut giba, dok slika b) prikazuje referentni sustav $\mathcal{S}$ u kojem trokut miruje. [2 boda]
   - Kako se kontrakcija duljine manifestira isključivo u smjeru gibanja tijela, a znamo da vektor brzine $\vec{v}$ leži u ravnini trokuta, on mora biti paralelan s visinom trokuta. Imamo, dakle, dvije mogućnosti: brzina je usmjerena od baze prema suprotnom vrhu trokuta i obrnuto:



[1 bod]



[1 bod]

   - Iznos brzine trokuta možemo odrediti iz formule za Lorentz-FitzGeraldovu kontrakciju duljine $h' = h/\gamma$, gdje su h i h' visine trokuta mjereno u sustavima $\mathcal{S}$ i $\mathcal{S}'$, respektivno, a γ je relativistički faktor. [1 bod]

     Visine trokuta su
     $$h = \frac{\sqrt{3}}{2}\ell, \qquad h' = \frac{1}{2}\ell,$$
     odakle slijedi $\gamma = \sqrt{3}$. [2 boda]

     Koristeći definiciju $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, možemo izraziti brzinu trokuta
     $$v = \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} c \qquad [2 \text{ boda}]$$
     $$= \sqrt{\frac{2}{3}} c = 2.45 \times 10^8 \text{ m/s}. \qquad [1 \text{ bod}]$$

2. Zadatak proučava stvaranje slike na zakrivljenom zrcalu unutar paraksijalne aproksimacije geometrijske optike. Koristi se jednadžba zrcala

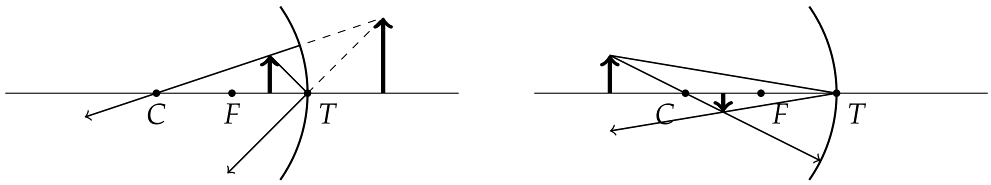
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R},$$

gdje su a i b udaljenosti predmeta, odnosno slike od tjemena zrcala, a R je polumjer zakrivljenosti zrcala. Pratimo konvenciju prema kojoj je a uvijek pozitivan broj, dok je b pozitivan (negativan) ako je slika realna (virtualna). Također, uzimamo $R > 0$ za konkavno, te $R < 0$ za konveksno zrcalo. Povećanje računamo prema formuli

$$m = -\frac{b}{a},$$

tako da $m < 0$ implicira da je slika obrnuta u odnosu na predmet.

- Uvećanu sliku, koju zrcalo stvara prije pomicanja predmeta, moguće je dobiti jedino ako se koristi konkavno zrcalo. [2 BODA]
- Prije pomicanja predmeta, slika je bila uspravna i uvećana, što znači da se predmet nalazio između žarišta F i tjemena T zrcala. Nakon pomicanja predmeta, slika je smanjena i obrnuta, što znači da se sad predmet nalazi iza središta zakrivljenosti zrcala C.



prije pomicanja predmeta [2 BODA] — nakon pomicanja predmeta [2 BODA]

- Množeći jednadžbu zrcala s a možemo izraziti udaljenost predmeta od zrcala preko polumjera zakrivljenosti i faktora uvećanja

$$a = \frac{R}{2}\frac{m-1}{m}. \quad \text{[2 BODA]}$$

Odavde imamo

$$d = a_2 - a_1 = \frac{R}{2}\frac{m_2 - m_1}{m_1 m_2} \quad \rightsquigarrow \quad R = 2d\frac{m_1 m_2}{m_2 - m_1}, \quad \text{[2 BODA]}$$

gdje su m_1 i m_2 uvećanja prije, odnosno nakon pomicanja predmeta. Uvrštavanje $m_1 = 2$, te $m_2 = -1/2$ daje

$$R = \frac{4}{5}d = 20\,\text{cm}. \quad \text{[2 BODA]}$$

3. Zadatak je jednostavna primjena Youngovog eksperimenta na dvije pukotine. Ukoliko su dva koherentna izvora svjetlosti valne duljine λ na međusobnoj udaljenosti d, tada će se na dalekom zaslonu vidjeti interferencijske pruge. Pod pretpostavkom da je zaslon na udaljenosti $\ell(\gg d)$ od izvora, te da su izvori paralelni sa zaslonom, interferencijski minimumi će se pojaviti na položajima

$$x_n = (n + 1/2)\lambda\ell/d, \quad n \in \mathbb{Z},$$

mjereno uzduž zaslona od središnje svijetle pruge.

- Razmak između tamnih pruga je razlika položaja dva susjedna interferencijska minimuma

$$\Delta x = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda\ell}{d}. \qquad [1 \text{ BOD}]$$

Valnu duljinu svjetlosti možemo izračunati iz poznate frekvencije

$$\lambda = c/f. \qquad [1 \text{ BOD}]$$

Kombinirajući ove relacije možemo naći udaljenost među pukotinama

$$d = \frac{c\ell}{f\Delta x} \qquad [1 \text{ BOD}]$$

$$= 184\,\mu\text{m}. \qquad [1 \text{ BOD}]$$

- Brzina svjetlosti u vodi je

$$v_{\text{voda}} = c/n, \qquad [1 \text{ BOD}]$$

pa je valna duljina manja nego u zraku

$$\lambda_{\text{voda}} = \frac{c}{nf} = \frac{\lambda}{n}, \qquad [1 \text{ BOD}]$$

budući da frekvencija svjetlosti ostaje nepromijenjena. Zbog toga se i razmak među prugama smanji

$$\Delta x_{\text{voda}} = \frac{\lambda_{\text{voda}}\ell}{d} = \frac{1}{n}\frac{\lambda\ell}{d} = \frac{\Delta x}{n} \qquad [1 \text{ BOD}]$$

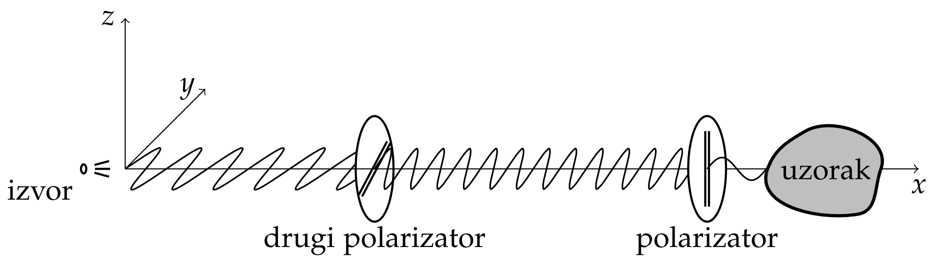
$$= 3.16\,\text{mm}. \qquad [1 \text{ BOD}]$$

4. Fizikalni princip iza ovog zadatka je Malusov zakon koji kaže da će polarizator čija je os postavljena pod kutem θ u odnosu na smjer polarizacije upadnog elektromagnetskog vala intenziteta I_0 propustiti samo onu komponentu vala koja je paralelna s osi polarizatora te će intenzitet izlaznog vala iznositi

$$I = I_0 \cos^2 \theta.$$

- Sa slike u zadatku, jasno je da je svjetlost polarizirana uzduž osi y, dok je polarizator postavljen uzduž osi z. Dakle, kut između osi polarizatora i polarizacije svjetlosti je $\theta = 90°$. Uvrštavanje u Malusov zakon pokazuje da svjetlost neće proći kroz polarizator i doći do uzorka. Prema tome, nije moguće provesti istraživanje uzorka samo s jednim polarizatorom. [1 BOD]
- Drugi polarizator možemo postaviti između izvora svjetlosti i prvog polarizatora tako da mu se os polarizacije nalazi u yz ravnini i zatvara kut θ s osi y, odnosno kut $90° - \theta$ s osi z. Na taj ćemo način zakrenuti smjer polarizacije svjetlosti s osi y u yz ravnini te će izlazna svjetlost imati i z komponentu koju će polarizator ispred uzorka propustiti. [2 BODA]

  Skica eksperimenta s dva polarizatora:



[2 BODA]

Koristeći dva polarizatora na gore navedeni način, možemo odrediti intenzitet svjetlosti koja upada na uzorak,

$$I = I_0 \cos^2 \theta \cos^2(90° - \theta) = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\theta. \qquad [2 \text{ BODA}]$$

Lako je vidjeti da ovaj izraz postiže maksimum za

$$\theta = 45°, \qquad [1 \text{ BOD}]$$

kad vrijedi

$$I_{\max} = \frac{I_0}{4} \qquad [1 \text{ BOD}]$$

$$= 250\,\mathrm{W/m^2}. \qquad [1 \text{ BOD}]$$

5. Zadatak se oslanja na činjenicu da je intenzitet zračenja savršenog crnog tijela proporcionalan četvrtoj potenciji apsolutne temperature,

$$I = \sigma T^4,$$

gdje je koeficijent proporcionalnosti Stefan-Boltzmannova konstanta.

- Razmatrajući problem s aspekta zakona očuvanja energije, snaga grijača se može trošiti na zagrijavanje tijela i na emitiranje toplinskog zračenja. U ravnoteži, temperatura je konstantna pa se tijelo ne zagrijava. Prema tome, snaga grijača se u potpunosti troši na zračenje crnog tijela. Izgubljena snaga je ona koja je izračena s vanjske površine sferne ljuske i ona mora biti jednaka snazi grijača. [2 BODA]

  Koristeći zakon zračenja crnog tijela i definiciju intenziteta zračenja, imamo

  $$\begin{aligned} P &= 4\pi R^2 \sigma T^4 && \text{[2 BODA]} \\ &= 311\,\mathrm{W}. && \text{[1 BOD]} \end{aligned}$$

- Crno tijelo zrači jednakim intenzitetom sa svake točke svoje površine, pa i s unutarnje strane sferne ljuske. Međutim, to zračenje nije izgubljeno jer se emitira u šupljinu te je opet apsorbirano od strane crnog tijela. Prema tome, zračenje s unutarnje strane sferne ljuske ne utječe niti na temperaturu crnog tijela niti na gubitak energije pa ga nismo morali uzeti u obzir u prethodnom podzadatku. [3 BODA]

  Snaga tog zračenja je opet dana preko Stefan-Boltzmannove formule,

  $$\begin{aligned} P_{\text{šupljina}} &= 4\pi r^2 \sigma T^4 && \text{[1 BOD]} \\ &= 77.7\,\mathrm{W}. && \text{[1 BOD]} \end{aligned}$$