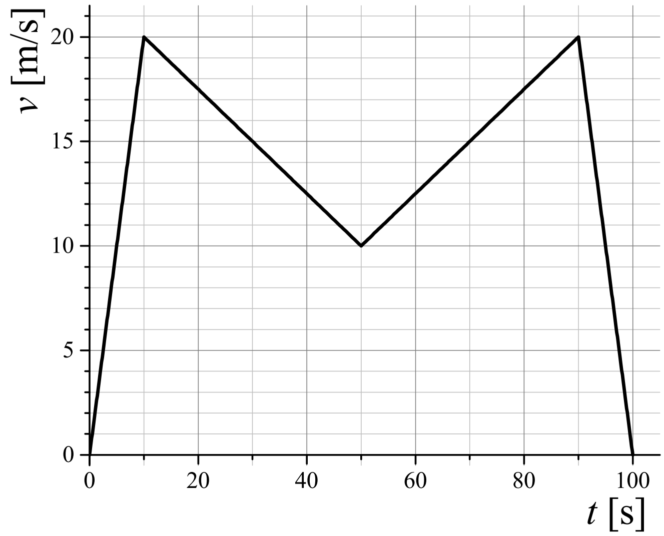
Općinsko natjecanje iz fizike 2019/2020
Srednje škole – 1. grupa

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijte imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. **Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.**

1. zadatak (10 bodova)

Gepard trči po pravcu, ovisnost njegove brzine o vremenu prikazana je na grafu.

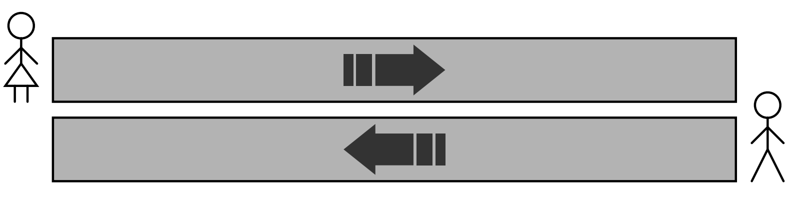
a) Izračunajte ukupan prijeđeni put.
b) Izračunajte srednju brzinu geparda po putu.
c) Nacrtajte graf ovisnosti ubrazanja geparda o vremenu.



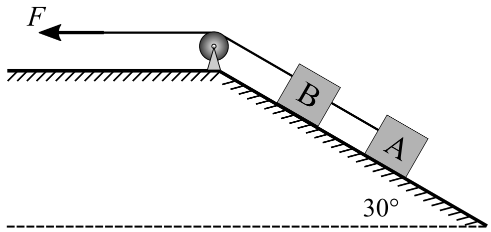
2. zadatak (10 bodova)

Na aerodromu su postavljene pokretne trake za hodanje za putnike. Dvije takve trake postavljene su jedna pored druge, a gibaju se u suprotnima smjerovima. Duljina traka je 80 m, a njihova brzina je 0.5 m/s. Ivica i Marica stoje na početku traka za hodanje, kao što je prikazano na slici, te istovremeno krenu hodati po traci stalnim brzinama u odnosu na traku. Brzina Ivice u odnosu na traku je 1.1 m/s. U trenutku kada Ivica dolazi do kraja svoje trake, udaljenost između njega i Marice je 70 m. Kada dođu do kraja pokretne trake Ivica i Marica se okreću te hodaju po svojim pokretnim trakama u suprotnom smjeru pri čemu su iznosi njihovih brzina u odnosu na traku nepromijenjeni.

a) Izračunajte brzinu Marice u odnosu na traku.
b) Odredite položaj susreta Ivice i Marice nakon što promijene smjer kretanja.



3. zadatak (10 bodova)



Tijelo A mase $m_A = 10$ kg povezano je nerastezljivim užetom zanemarive mase s tijelom B mase $m_B = 5$ kg. Na tijelo B pričvršćeno je nerastezljivo uže zanemarive mase koje na drugom kraju povlačimo silom $\vec{F}$, kao što je prikazano na slici. Kolotura je zanemarive mase, a trenje je zanemarivo. Sustav se giba uz kosinu jednoliko ubrzano ubrzanjem $0.2\ \mathrm{m/s^2}$.

a) Nacrtajte dijagrame sila na tijela A i B.

b) Izračunajte iznos sile $\vec{F}$.

c) Izračunajte napetost užeta koje povezuje tijela A i B.

Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.

4. zadatak (10 bodova)

Kamion s prikolicom ukupne duljine 18.25 m vozi po autocesti jednolikom brzinom 80 km/h u desnoj traci. Automobil vozi stalnom brzinom 100 km/h u istom smjeru kao i kamion, u lijevoj traci. U trenutku kada je prednji kraj automobila udaljen 100 m od stražnjeg kraja kamiona, automobil počinje jednoliko ubrzavati do brzine 120 km/h te se dalje giba jednoliko. Duljina automobila je 4.25 m.

a) Izračunajte ukupno vrijeme pretjecanja, ako prvu polovinu vremena automobil jednoliko ubrzava, a drugu polovinu vremena vozi stalnom brzinom.

b) Izračunajte ubrzanje automobila.

Zanemarite otpor zraka.

5. zadatak (10 bodova)

Blok mase 20 kg miruje na horizontalnoj podlozi. Velikim maljem djelujemo na blok silom od 560 N u horizontalnom smjeru u vremenskom intervalu 0.05 s. Nakon djelovanja sile malja blok se počinje gibati po horizontalnoj podlozi te se nakon određenog vremena ponovo zaustavlja. Zatim ponovo primjenjujemo jednaku silu malja u jednakom trajanju kao i prvi put. Ako je koeficijent dinamičkog trenja između bloka i podloge 0.245, izračunajte koliko puta treba udariti blok maljem da se pomakne za 2 m. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.

Općinsko natjecanje iz fizike 2019/2020
Srednje škole – 1. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

Ukupan prijeđeni put geparda jednak je površini ispod $v(t)$ grafa koju možemo podijeliti u četiri segmenta:

I. od 0 s do 10 s,
II. od 10 s do 50 s,
III. od 50 do 90 s,
IV. od 90 s do 100 s.

Također primijetimo da su površine I i IV te II i III jednake. Prema tome ukupan prijeđeni put jednak je:

$s_{ukupno} = 2(s_I + s_{II})$

$s_{ukupno} = 2\left(\frac{1}{2}(20\text{ m/s})\cdot(10\text{ s}) + (10\text{ m/s})\cdot(50-10\text{ s}) + \frac{1}{2}(20-10\text{ m/s})\cdot(50-10\text{ s})\right)$

$s_{ukupno} = 1400\text{ m}$ **(3 boda)**

Srednja brzina geparda po putu jednaka je:

$\bar{v} = \frac{s_{ukupno}}{t_{ukupno}} = \frac{1400\text{ m}}{100\text{ s}} = 14\text{ m/s}$ **(2 boda)**

Nadalje računamo ubrzanje geparda u pojedinom segmetu gobanja:

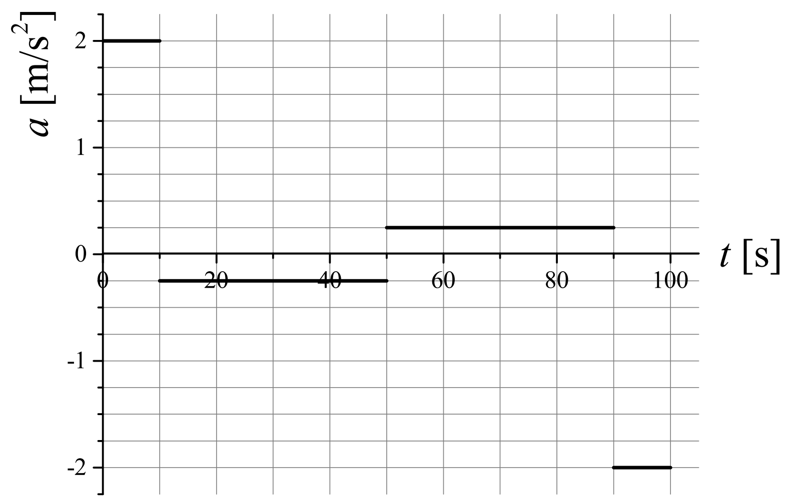
$a_I = \frac{20-0\text{ m/s}}{10-0\text{ s}} = 2\text{ m/s}^2$

$a_{II} = \frac{10-20\text{ m/s}}{50-10\text{ s}} = -0.25\text{ m/s}^2$

$a_{III} = \frac{20-10\text{ m/s}}{90-50\text{ s}} = 0.25\text{ m/s}^2$

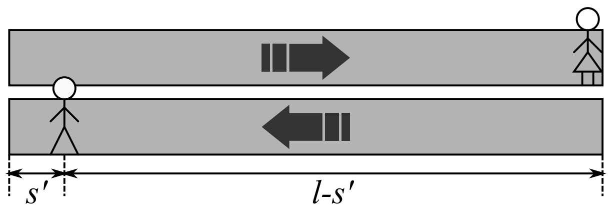
$a_{IV} = \frac{0-20\text{ m/s}}{100-90\text{ s}} = -2\text{ m/s}^2$ **(2 boda)**

Graf ovisnosti ubrzanja geparda o vremenu prikazan je na sljedećoj slici. **(3 boda)**

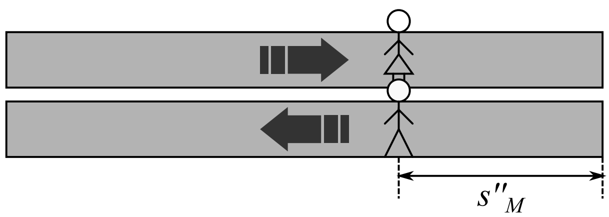


2. zadatak (10 bodova)

Najprije izračunamo vrijeme potrebno da Ivica dođe do kraja svoje pokretne trake.
$l = (v_0 + v_I)t$, **(1 bod)**
gdje je l duljina pokretne trake, v_0 brzina pokretne trake, v_I brzina Ivice i t vrijeme potrebno da dođe do kraja trake. Slijedi:
$t = \dfrac{l}{v_0 + v_I} = \dfrac{80\ \text{m}}{0.5 + 1.1\ \text{m/s}} = 50\ \text{s}.$ **(1 bod)**
U tom vremenu Marica je prešla put od $s = 70$ m. Vrijedi
$s = (v_0 + v_M)t$, **(1 bod)**
gdje je v_M brzina Marice u odnosu na pokretnu traku. Slijedi da je:
$v_M = \dfrac{s}{t} - v_0 = \dfrac{70\ \text{m}}{50\ \text{s}} - 0.5\ \text{m/s} = 0.9\ \text{m/s}.$ **(1 bod)**
Od trenutka dolaska Ivice do kraja trake do dolaska Marice do kraja svoje trake prošlo je t' vremena:
$10\ \text{m} = (v_0 + v_M)t' \;\Rightarrow\; t' = \dfrac{10\ \text{m}}{1.4\ \text{m/s}} = \dfrac{50}{7}\ \text{s}$ **(1 bod)**
U tom vremenu Ivica je prešao put s' (položeji Ivice i Marice u trenutku t' prikazani su na sljedećoj slici):



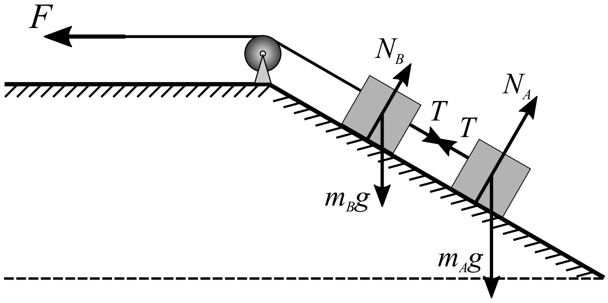
$s' = (v_I - v_0)t' = (0.6\ \text{m/s}) \cdot \left(\dfrac{50}{7}\ \text{s}\right) = \dfrac{30}{7}\ \text{m}$ **(1 bod)**
Za trenutak susreta Ivice i Marice vrijedi (položaji Ivice i Marice u ovom trenutku prikazani su na sljedećoj slici):



$l - s' = (v_I - v_0)t'' + (v_M - v_0)t'' = (v_I + v_M - 2v_0)t''$
$\dfrac{530}{7}\ \text{m} = 1\ \text{m/s}t'' \;\Rightarrow\; t'' = \dfrac{530}{7}\ \text{s}.$ **(2 boda)**
Položaj mimoilaženja označimo kao udaljenost, koju Marica prijeđe po svojoj traci u suprotnom smjeru, koja iznosi:
$s''_M = (v_M - v_0)t'' = (0.4\ \text{m/s}) \cdot \left(\dfrac{530}{7}\ \text{s}\right) = \dfrac{212}{7}\ \text{m} = 30.3\ \text{m}.$ **(2 boda)**

3. zadatak (10 bodova)

Na tijelo A djeluju tri sile: gravitacijska sila, sila reakcije podloge i sila napetosti užeta. Na tijelo B djeluju četiri sile: gravitacijska sila, sila reakcije podloge, sila napetosti užeta i sila $\vec{F}$. Dijagrami sila prikazani su na sljedećoj slici **(2 boda)**:



Tijela A i B gibaju se uz kosinu jednakim ubrzanjem koje je zadano u zadatku. Možemo napisati 2. Newtonov zakon za gibanje tijela u smjeru paralelno kosini:
$m_A a = T - \frac{1}{2} m_A g$ **(2 boda)**
$m_B a = F - T - \frac{1}{2} m_B g$ **(2 boda)**
Zbrajanjem ovih jednadžbi dobijemo:
$(m_A + m_B)a = F - \frac{1}{2}(m_A + m_B)g$
Slijedi da je iznos sile $\vec{F}$ jednak:
$F = (m_A + m_B)(a + \frac{1}{2}g) = (15 \text{ kg}) \cdot (5.2 \text{ m/s}^2) = 78 \text{ N}.$ **(2 boda)**
Silu napetosti užeta, koje povezuje tijela A i B, možemo izračunati iz prve jednadžbe:
$T = m_A \left(a + \frac{1}{2}g\right) = (10 \text{ kg}) \cdot (5.2 \text{ m/s}^2) = 52 \text{ N}.$ **(2 boda)**

4. zadatak (10 bodova)

Neka je T ukupno vrijeme pretjecanja. U tom vremenu automobil prelazi ukupni put:
$s_A = \frac{v_{A1} + v_{A2}}{2} \cdot \frac{T}{2} + v_{A2} \cdot \frac{T}{2}$ **(1 bod)**
U istom vremenu kamion prelazi put:
$s_K = v_K T$ **(1 bod)**
Razlika prijeđenih puteva automobila i kamiona je:
$s_A - s_K = s_0 + l_K + l_A$ **(2 boda)**
$100 \text{ m} + 18.25 \text{ m} + 4.25 \text{ m} = \frac{v_{A1} + v_{A2}}{2} \cdot \frac{T}{2} + v_{A2} \cdot \frac{T}{2} - v_K T$
$122.5 \text{ m} = \left(\frac{1}{4}v_{A1} + \frac{3}{4}v_{A2} - v_K\right) T$
$122.5 \text{ m} = (35 \text{ km/h})\, T$ **(2 boda)**
Slijedi da je vrijeme pretjecanja jednako:
$T = \frac{122.5 \text{ m}}{35 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s}} = 12.6 \text{ s}$ **(1 bod)**
Ubrzanje automobila jednako je:
$a = \frac{v_{A2} - v_{A1}}{\frac{T}{2}}$
$a = \frac{20 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s}}{6.3 \text{ s}} = 0.88 \text{ m/s}^2.$ **(3 boda)**

5. zadatak (10 bodova)

Nakon djelovanja malja blok se giba početnom brzinom v_0 koju odredimo iz zakona očuvanja količine gibanja:

$F\Delta t = mv_0$ **(2 boda)**

$v_0 = \frac{F\Delta t}{m} = \frac{560\ \mathrm{N} \cdot 0.05\ \mathrm{s}}{20\ \mathrm{kg}} = 1.4\ \mathrm{m/s}$. **(1 bod)**

Gibanje bloka po horizontalnoj podlozi je jednoliko usporeno jer na blok u horizontalnom smjeru djeluje sila trenja. Ubrzanje odredimo iz 2. Newtonovog zakona:

$ma = \mu mg$ **(2 boda)**

$a = \mu g = 2.45\ \mathrm{m/s^2}$. **(1 bod)**

Blok do zaustavljanja prijeđe put:

$s = \frac{v_0^2}{2a} = 0.4\ \mathrm{m}$ **(3 boda)**

Zaključujemo da će se blok nakon svakog udarca maljem pomaknuti po horizontalnoj podlozi za 40 cm. Prema tome, da prijeđe ukupan put od 2 metra treba ga udariti

$s_{ukupno} = n \cdot s \ \Rightarrow\ n = \frac{s_{ukupno}}{s} = \frac{2\ \mathrm{m}}{0.4\ \mathrm{m}} = 5$ puta. **(1 bod)**

OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 22. siječnja 2020.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule…)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. ***Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora***.

1. zadatak (14 bodova)

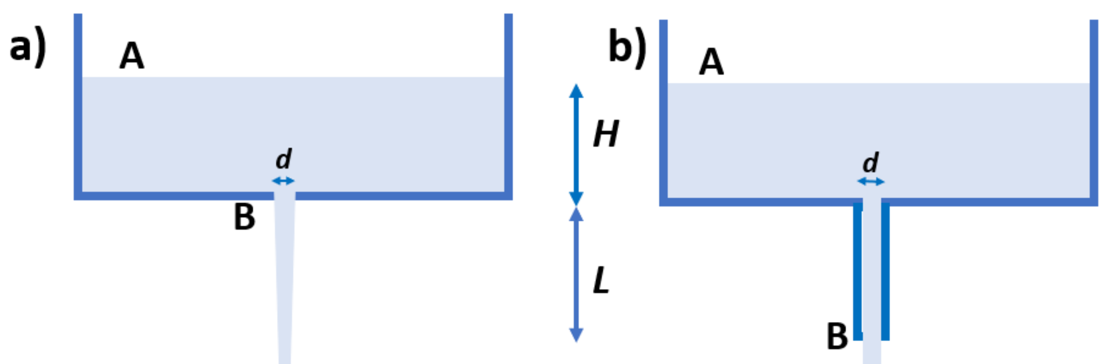
Spremnik ima kružni otvor na dnu, promjera *d*. Želimo usporediti izlazni protok iz spremnika ako je prisutan samo otvor i ako je na otvor spojena okomita cijev duljine *L*. Uzmite u obzir da je fluid idealan.

A) U oba slučaja odredite brzinu tekućine na vertikalnoj udaljenosti *L* od otvora na spremniku, pod uvjetom da je površina spremnika na visini *H* u odnosu na dno. Zanemarite spuštanje razine površine pri istjecanju.

B) Kolika je brzina tekućine na izlaznom dijelu spremnika u oba slučaja (označeno točkom B)?

C) Izračunajte izlazni protok u oba slučaja. Koji je učinkovitiji sustav od dva spremnika?

Uzmite u obzir sljedeće vrijednosti: H = 5 m ; d = 20 cm ; L=5m.



2. zadatak (8 bodova)

Otvorena staklena boca volumena 500 cm^3 puna je zraka. Bocu i zrak koji sadrži zagrijemo do 227 °C i zatim ju uronimo u vodu grlom prema dolje. Kolika je masa vode koja će ući u bocu kad se temperatura zraka u njoj snizi na 27 °C? (Zanemarite promjenu volumena boce sa temperaturom i uzmite u obzir da kad se boca i plin koji sadrži termaliziraju, nivo vode unutar i izvan boce će biti isti).

3. zadatak (12 bodova)

Tri dječaka, svi jednake mase od m = 74,8 kg, grade splav od drvenih debla promjera d = 0,32 m i duljine l = 1,77 m. Koji je najmanji broj trupaca potreban za izgradnju splavi tako da kad se ta tri dječaka nalaze na splavi, cjelokupni sustav pluta na vodi, tako da noge dječaka ostanu suhe? (ρ_{drvo} = 757,7 kg/m^3).

4. zadatak (8 bodova)

Poznate su početne duljine, promjene temperature i promjene u duljini tri različite šipke, a vrijednosti su navedene u tablici. Otkrijte jesu li ove šipke izrađene od istog materijala ili ne. Ako nisu, jesu li barem dvije od istog materijala i eventualno koje?

Materijal	L_0 (cm)	ΔT (°C)	ΔL (cm)
A	20	100	0.01
B	30	200	0.03
C	40	100	0.01

5. zadatak (8 bodova)

U cilindru poprečnog presjeka S = 0.01 m^2 idealni plin. Cilindar je zatvoren klipom mase m=1kg i može kliziti bez trenja. Cilindar se već dulje vrijeme nalazi na temperaturi 23°C i klip miruje na visini h_1 = 1 m. Otvaranjem ventila iz cilindra se polako ispusti dio plina te se ventil zatvori. Ravnotežni položaj klipa je sada na visini h_2 = 0.8 m. Odredite broj mola koji se sada nalazi u cilindru i za koliko se mora povisiti temperatura da bi se klip vratio na početnu visinu od 1 m?

Fizikalne konstante:

g=9,81 m/s^2

R= 8.31 J·mol^{-1}·K^{-1}

p_{atm}=10^5 Pa

$\rho_{vode} = 1000$ kg/m^3

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** (14 bodova)

A) Primjenjujemo Bernoullijevu jednadžbu između točke A smještene blizu površine fluida u spremniku i točke L smještene okomito ispod otvora, na udaljenosti L od nje.

a. Slučaj:

$$\frac{p_A}{\rho}+\frac{{v_A}^2}{2}+g(H+L)=\frac{p_L}{\rho}+\frac{{v_L}^2}{2}$$ **(2 boda)**

U ovome slučaju: $p_A = p_L = p_{atm}\ i\ V_A \approx 0$
Dakle:

$$v_L=\sqrt{2g(H+L)}=14.0\ m/s$$ **(2 boda)**

b. Slučaj:

Bernoullijeva jednadžba napisana između površine fluida u spremniku i točke L na izlazu iz cijevi napisana je točno kao i prije i još uvijek postoji : $p_A = p_L = p_{atm}$. Iz ovoga zaključujemo da su dvije brzine identične.

(2 boda)

B) Ovaj put pišemo Bernoullijevu jednadžbu između točke koja se nalazi blizu površine i točke B koja se nalazi u izlaznom dijelu spremnika.

a. Slučaj:

$$\frac{p_A}{\rho}+\frac{{v_A}^2}{2}+g(H+L)=\frac{p_B}{\rho}+\frac{{v_B}^2}{2}+gL$$ **(2 boda)**

Gdje $p_A = p_B = p_{atm}$, dakle

$$v_B=\sqrt{2gH}=9.90\ m/s$$ **(2 boda)**

b. Slučaj:

I dalje vrijedi Bernoullijeva jednadžba, a zbog jednadžbe kontinuiteta, brzina u cijevi mora biti konstantna, s obzirom na to da je fluid nekompresibilan, a presjek je konstantan. Dakle, imamo $v_B = \sqrt{2g(H+L)}$. Brzina protoka iz spremnika je stoga veća u slučaju b.

(2 boda)

C) Protok u dva slučaja je:

$$Q_a = \pi \frac{d^2}{4}\sqrt{2gH} = 0.311\ m^3/s$$

$$Q_b = \pi \frac{d^2}{4}\sqrt{2g(H+L)} = 0.440\ m^3/s$$ **(2 boda)**

Dakle veći je u slučaju b.

2. Zadatak (8 bodova)

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay-Lussacovu zakonu, $\frac{V}{T} = konst.$ **(1 bod)**

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma. Slijedi:

$$m = \rho V$$ **(1 bod)**

Neka je V_1 obujam zraka na temperaturi T_1, a V_2 obujam zraka nakon hlađenja. Budući da je tlakstalan (izobarna promjena!), slijedi:

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1}$$ **(2 boda)**

Promjena obujma je dakle:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_1(1 - \frac{T_2}{T_1})$$ **(2 boda)**

Masa vode koja će ući u bocu je:

$$m = \rho V = mV_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 0.2\ kg$$ **(2 boda)**

3. Zadatak (12 bodova)

Da bi sustav splav + dječaci plutao, sila uzgona mora biti jednaka ukupnoj težini dječaka i splava. U ravnoteži vrijedi (u smjeru sile teže):

$$\sum F = F_U$$ **(2 boda)**

Sila uzgona jednaka je težini obujma istisnute tekućine. Ako je *V* obujam jednog trupca i *n* broj trupaca, u najgorem slučaju (trupci u potpunosti uronjeni u vodu), obujam istisnute vode je jednostavno *nV*. Dakle za silu uzgona vrijedi:

$$F_U = \rho_{vode} nVg$$ **(2 boda)**

Gdje je:

$$V = \pi\,(d/2)\,l$$ **(2 boda)**

Ukupna težina je zbroj trežinadječaka i trupaca:

$$F_{ukupna} = F_{dječaci} + F_{debla} = 3mg + n\rho_{drvo}Vg$$ **(2 boda)**

Uz uvjet da je sila uzgona jednaki težini tri dječaka i *n* trupaca, dobivamo broj trupaca potrebnih da dječaci sa splavi plutaju:

$$n\rho_{voda}Vg = 3mg + n\rho_{drvo}Vg$$

Slijedi:

$$n(\rho_{voda}V - n\rho_{drvo}V) = 3m$$

Iz toga:

$$n = \frac{3m}{V(\rho_{voda} - n\rho_{drvo})} \cong 6.6$$ **(2 boda)**

Dobivena vrijednost *n* nije cijeli broj. To znači da samo 6 trupca, čak i potpuno uronjena, nisu dovoljna da trojicu dječaka drže na površini vode. Tako da su najmanje sedam trupca potrebna da dječaci budu u zraku. **(2 boda)**

4. Zadatak (8 bodova)

Možemo postaviti sustav jednadžbi s nepoznatim koeficijentom termičke ekspanzije.
Za linearnu termičku ekspanziju vrijedi jednadžba:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

Dakle za svaku šipku vrijedi:

$$\alpha_A = \frac{\Delta L_A}{L_A \Delta T_A} = 5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

$$\alpha_B = \frac{\Delta L_B}{L_B \Delta T_B} = 5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

$$\alpha_C = \frac{\Delta L_C}{L_C \Delta T_C} = 2.5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

Dakle A i B su od istog materijala ali C ne. **(2 boda)**

5. Zadatak (8 bodova)

Veličine kojima opisujemo stanje plina označit ćemo indeksima 1 za početno stanje, 2 kad ispustimo plin i 3 nakon zagrijavanja plina.
Na klip djeluju tri sile: gravitacijska sila prema dole, sila kojom plin u cilindru djeluje na klip i sila zbog atmosferskog tlaka. Zbog ravnoteže sila vrijedi:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_1$$ **(2 boda)**

Slijedi p_1=100981 Pa.

Početni broj molova plina računamo primjenom jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_1V_1 = n_1RT_1, \qquad pri\ čemu\ je\ V_1 = Sh_1$$

Slijedi:

$$n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1} = 0.410\,mol$$ **(2 boda)**

U stanju 2 tlak i temperatura plina su kao i u stanju 1, ali broj molova plina u posudi se smanjio pa je i volumen manji. Tlak mora biti isti jer i dalje vrijedi ravnotežni uvjet:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_2$$

Kada klip miruje na visini h_2, vrijedi:

$$p_2V_2 = n_2RT_2, \qquad pri\ čemu\ je\ T_1 = T_2, V_2 = Sh_2\ i\ p_1 = p_2$$

$$n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} = 0.328\,mol$$ **(2 boda)**

Povećanjem temperature plina, klip se vraća na početnu visinu i tada vrijedi:

$$p_3V_3 = n_3RT_3, \qquad pri\ čemu\ je\ n_3 = n_2, V_3 = V_1\ i\ p_3 = p_2$$

Slijedi:

$$\frac{p_3V_3}{n_3R} = T_3 = 370.19K$$

Temperatura plina mora se povećati za 370.19 K – 296.15 K = 74.04 K. **(2 boda)**

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

Korigirano bodovanje 5. zadatka

5. **Zadatak** (8 bodova)

Veličine kojima opisujemo stanje plina označit ćemo indeksima 1 za početno stanje, 2 kad ispustimo plin i 3 nakon zagrijavanja plina.
Na klip djeluju tri sile: gravitacijska sila prema dole, sila kojom plin u cilindru djeluje na klip i sila zbog atmosferskog tlaka. Zbog ravnoteže sila vrijedi:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_1$$

Slijedi p_1=100981 Pa. **(2 boda)**

Početni broj molova plina računamo primjenom jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_1V_1 = n_1RT_1, \qquad pri\ čemu\ je\ V_1 = Sh_1$$

Slijedi:

$$n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1} = 0.410\,mol$$

U stanju 2 tlak i temperatura plina su kao i u stanju 1, ali broj molova plina u posudi se smanjio pa je i volumen manji. Tlak mora biti isti jer i dalje vrijedi ravnotežni uvjet:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_2$$

Kada klip miruje na visini h_2, vrijedi:

$$p_2V_2 = n_2RT_2,\ pri\ čemu\ je\ T_1 = T_2, V_2 = Sh_2\ i\ p_1 = p_2$$ **(1 bod)**

$$n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} = 0.328\,mol$$ **(2 boda)**

Povećanjem temperature plina, klip se vraća na početnu visinu i tada vrijedi:

$$p_3V_3 = n_3RT_3,\ pri\ čemu\ je\ n_3 = n_2, V_3 = V_1\ i\ p_3 = p_1$$ **(1 bod)**

Slijedi:

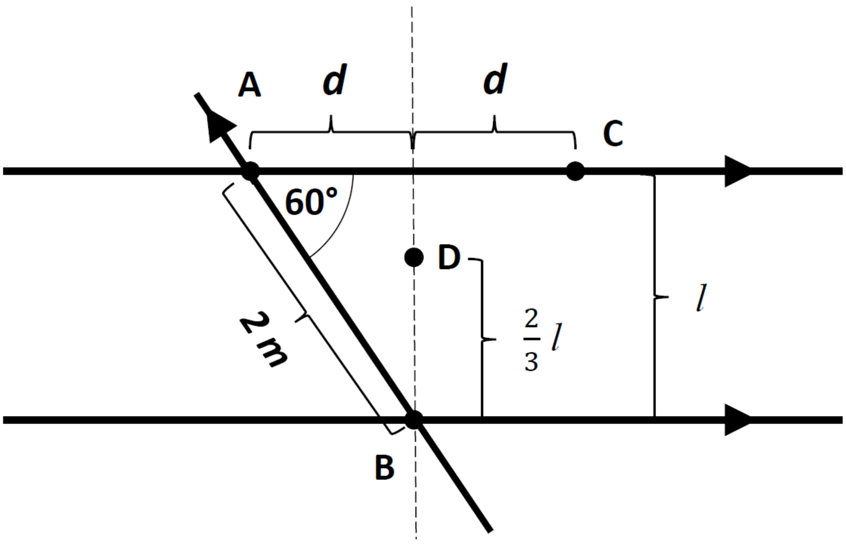
$$\frac{p_3V_3}{n_3R} = T_3 = 370.19K$$

Temperatura plina mora se povećati za 370.19 K – 296.15 K = 74.04 K. **(2 boda)**

Zadaci za općinsko natjecanje 2020. – 3. skupina

Zadatak 1 (10 bodova)

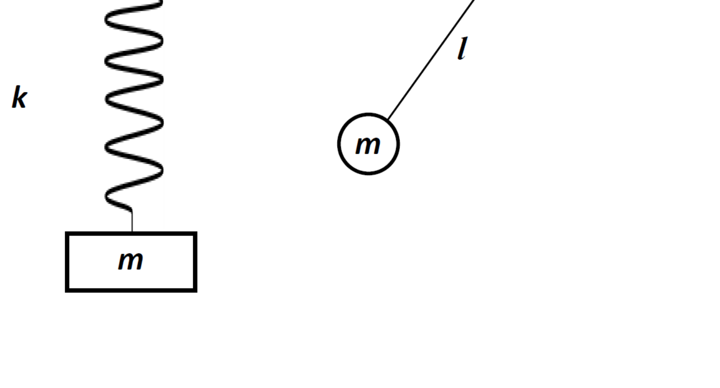
Kroz svaku od tri žice postavljene kao na slici prolazi struja $I = 15$ A u smjeru označenom strelicom. Pronađi iznos (broj) i smjer (u ili izvan papira) magnetskog polja u točkama A, B, C i D. Kao što je označeno na slici, udaljenost među dvije paralelne žice je l, a točka D se nalazi na dvije trećine puta od točke B do gornje žice.



Napomena: Magnetsko polje ravne žice uzduž osi te žice iščezava.

Zadatak 2 (10 bodova)

Njihalo mase m i duljine niti l te opruga konstante opruge k s utegom mase m vise sa stropa kao na slici. Masa utega na opruzi i njihala je jednaka. U položaju na slici oba utega miruju tako da je opruga rastegnuta a njihalo pomaknuto iz ravnoteže. Potom se uteg na opruzi i njihalo počinju kretati istodobno. Ako nakon $t = 0.5$ s opruga napravi tri puna perioda a njihalo tek dođe u ravnotežni položaj, nađi omjer mase i konstante opruge m/k te duljinu njihala l.



Zadatak 3 (10 bodova)

Zavojnica koja se sastoji od 100 namotaja žice u obliku kvadrata smještena je u magnetskom polju tako da okomica na ravninu zavojnice zatvara kut od 60^o sa smjerom polja. Kada se magnetsko polje jednoliko povećava sa 100 μT do 600 mT u vremenu od 0.5 s, elektromotorna sila iznosa 60 mV se inducira u zavojnici. Kolika je ukupna duljina žice?

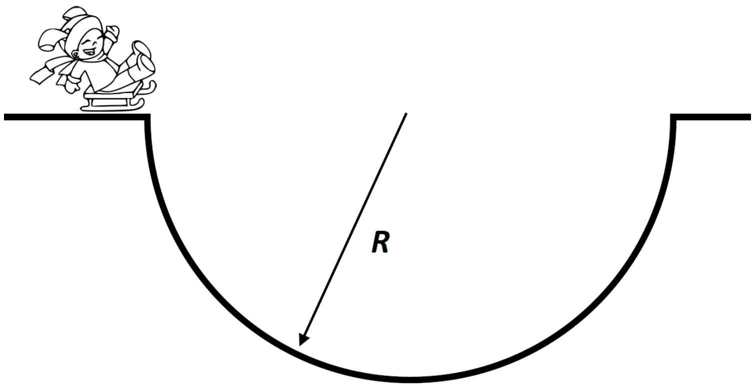
Zadatak 4 (10 bodova)

Elektron se nalazi u magnetskom polju u smjeru osi $\hat{z}$ jačine $B_z = 10\ \mu$T. Njegova brzina u trenutku $t = 0$ je $v_x = 100$ m/s, $v_y = 0$ m/s, $v_z = 50$ m/s. Nađi komponente akceleracije (a_x, a_y, a_z) elektrona zbog utjecaja magnetskog polja na elektron u trenutku $t = 0$. Nađi vrijeme potrebno da elektron ponovno ima $v_y = 0$. Koliko tada iznosi v_x i koliko je prešao duž $\hat{z}$-osi s_z?

Zadatak 5 (10 bodova)

Saonice sa Monikom se kližu po zaleđenoj udubini bez trenja. Zakrivljenost udubine se može opisati kao polukugla radijusa $R = 40$ m kao na slici (nije u mjerilu). Ako Monika sjedne na saonice i samo se pusti s ruba udubine, pronađi:

1. Kada će Monika imati najveću brzinu?
2. Kolika je ta brzina?
3. U nekom trenu Monika se umori i zaustavi na dnu udubine. Malo se udalji od samog dna i pusti da klizi slobodno. Koliki je period njenog klizanja tada?



Napomena: u svim zadacima gravitacijsko ubrzanje Zemlje je $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$.

VAŽNO:

Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule…). Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Zadaci za općinsko natjecanje 2020. – 3. skupina
Rješenja

Zadatak 1 (10 bodova)

Magnetsko polje u točki od žice kroz koju teče struja je definirano formulom

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} ,$$

gdje je I struja a r najmanja udaljenost žice od točke. Magnetsko polje na samoj žici ne dolazi od te žice.

Kako bismo izračunali iznos magnetskog polja moramo odrediti veličine d i l. Primjetimo da točke ABC tvore jednakostranični trokut stranice $a = 1$ m. To znamo jer su svi kutevi unutar trokuta $60°$. **(2 boda)**

Zato možemo pisati:

$$2d = 2 \text{ m} \Rightarrow d = 1 \text{ m}$$

Primjetimo da je visina jednakostraničnog trokuta dana s:

$$l = \frac{a\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \text{ m}$$

A) Jedini doprinos točki A je donja žica (koja prolazi točkom B) udaljena za l. Magnetsko polje je $B_A = 1.73\ \mu$T u smjeru iz papira. **(1 bod)**

B) Iznos polja u točki B je jednak kao i u točki A, jer je jedina žica koja stvara magnetsko polje u toj točki žica koja prolazi točkama AC, udaljena za l. Iznos polja je u papir. **(1 bod)**

C) Točka C kao vrh zamišljenog jednakostraničkog trokuta ABC je udaljena od žice AB upravo za visinu trokuta, l. Budući da je smjer struje u žicama AB i B takav da su magnetska polja od tih žica međusobno suprotna, a da su obje žice jednako udaljene od točke C, polje u toj točki iščezava! $B_C = 0$ **(2 boda)**

D) Točka D se nalazi u središtu svih visina trokuta, jer dijeli visinu u omjeru 2:1. Zato je udaljenost točke D od žice AC i od žice AB jednak i iznosi $r = \frac{1}{3}l$. Obje žice stvaraju magnetsko polje u istom smjeru – u papir. Treća žica B stvara magnetsko polje u smjeru iz papira. Magnetsko polje je:

$$B_D = \frac{\mu_0 I}{2\pi \frac{1}{3}\sqrt{3}} + \frac{\mu_0 I}{2\pi \frac{1}{3}\sqrt{3}} - \frac{\mu_0 I}{2\pi \frac{2}{3}\sqrt{3}}$$

$B_D = \frac{\mu_0 I\ 9}{4\pi\sqrt{3}} = 7.79\ \mu$T u papir. **(4 boda)**

Zadatak 2 (10 bodova)

Period njihala dan je s **(2 boda)**

$$T_{Nj} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Period mase na opruzi je **(2 boda)**

$$T_O = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Podatak koji znamo je da nakon tri puna perioda opruge ($3T_O$) njihalo dođe u ravnotežni položaj. Vrijeme koje njihalu treba za to jednako je četvrtini perioda. Argumentiramo tako da u harmoničkoj oscilaciji kut njihala od ravnoteže možemo prikazati s kosinus funkcijom. Prva nultočka te funkcije je na četvrtini perioda. Postavljamo jednadžbu:

$$\begin{aligned} 0.5\mathrm{s} &= 3T_O = \frac{1}{4}T_{Nj} \\ 0.5\mathrm{s} &= 3\cdot 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{4}2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \\ 6.34\cdot 10^{-3}\mathrm{s}^2 &= 9\frac{m}{k} = \frac{1}{16}\frac{l}{g} \end{aligned}$$

Iz relacije vidimo da je omjer mase i konstante opruge: **(3 boda)**

$$\frac{m}{k} = 7.04\cdot 10^{-4}\mathrm{s}^2\ ,$$

te da je duljina niti l: **(3 boda)**

$$l = 6.34\cdot 10^{-3}\cdot 16\ g\ \mathrm{s}^2 = 99.5\ \mathrm{cm}$$

Zadatak 3 (10 bodova)

Zbog promjene magnetskog polja dolazi do indukcije elektromotorne sile ε u zavojnici s N namotaja po zakonu **(2 boda)**

$$\varepsilon = N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

gdje je Φ_B tok magnetskog polja definiran s **(2 boda)**

$$\Phi_B = \vec{B}\cdot\vec{S} = BS\cos\alpha$$

gdje je S površina koju zatvara zavojnica u obliku kvadrata a $\alpha = 60^\circ$ je kut koji zatvara ta površina u odnosu na smjer polja. **(2 boda)**

Površinu u obliku kvadrata možemo izraziti preko duljine stranice $S = a^2$. Uvrštavanjem svih relacija u formulu:

$$\varepsilon = N\frac{\Delta B a^2\cos\alpha}{t}$$

možemo izračunati duljinu stranice **(2 boda)**

$$a = \sqrt{\frac{\varepsilon t}{N\Delta B\cos\alpha}} = 0.032\ \mathrm{m}$$

Zavojnica se sastoji od 100 namotaja gdje je svaki namotaj opsega $4a$, pa je ukupna duljina žice $400\ a$ tj. $L = 12.65$ m. **(2 boda)**

Zadatak 4 (10 bodova)

Elektron u magnetskom polju se giba po kružnici okomito na smjer magnetskog polja, u ovom slučaju kružno gibanje elektrona je u xy-ravnini. U smjeru osi $\hat{z}$ na elektron ne djeluje sila pa mu se ta komponenta brzine ne mijenja. **(2 boda)**

Centripetalna sila koja djeluje na elektron je dana s Lorentzovom silom:

$$F_{CP} = q\vec{v} \times \vec{B} = -e(v_x B_z(-\hat{y}))$$

Akceleraciju očitamo iz centripetalne sile: $F_{CP} = m_e a$, pa je akceleracija:

$$\vec{a} = \frac{e v_x B_z}{m_e} \vec{j}$$

Komponente akceleracije u tom trenutku su dakle: $a_x = 0, a_y = 1.76 \cdot 10^8, a_z = 0$ m/s^2. **(3 boda)**

Elektron će ponovno imati brzinu $v_y = 0$ kada prijeđe polovicu kruga. Tada će $v_x = -100$ m/s. **(2 boda)**

Vrijeme koje mu treba da to napravi možemo naći iz brzine elektrona i opsega kružnice. Centripetalnu akceleraciju možemo povezati s obodnom brzinom i radijusom kao:

$$a_{CP} = \frac{v^2}{r}$$

Iz te relacije možemo naći $r = 5.68 \cdot 10^{-5}$ m te opseg $O = 2\pi r = 3.57 \cdot 10^{-4}$ m. Stoga je vrijeme potrebno da pređe pola opsega: $t = \frac{O}{2v} = 1.78\ \mu$s. **(2 boda)**

U tom trenutku će $v_z = 50$ m/s, tj. neće se promijeniti, a put koji će prijeći elektron duž z-osi je: **(1 bod)**

$$s_z = v_z t = 89\ \mu\text{m}$$

Zadatak 5 (10 bodova)

1. Možemo iskoristiti zakon o očuvanju energije. Monika na početku ima brzinu $v = 0$ a nalazi se na visini $H = 40$ m u odnosu na najnižu točku. Zbroj potencijalne i kinetičke energije mora biti konstantan, pa će Monika imati najveću brzinu kada joj je potencijalna energija najmanja, u dnu udubine. **(2 boda)**

2. Pišemo **(3 boda)**

$$0 + mgH = \frac{1}{2}mv^2 + 0 \Rightarrow v = 28 \text{ m/s}$$

3. Primjetimo da se Monika u polukružnoj udubini ponaša kao matematičko njihalo duljine niti $l = R$. **(3 boda)**

   Period njihanja je stoga za male odmake od ravnoteže: **(2 boda)**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 12.7 \text{ s}$$

Općinsko natjecanje iz fizike

- srednje škole: IV. grupa -

22.01.2020.

1. Svemirski brod se promatra iz laboratorija na Zemlji. Ustanovljeno je da, dok na Zemlji protekne sat vremena, u svemirskom brodu prođe tek jedna minuta. Kojom se brzinom v giba svemirski brod? Ukoliko je vlastita duljina svemirskog broda $L_0 = 30\,\mathrm{m}$, koliku će duljinu broda izmjeriti znanstvenici iz laboratorija?

[10 bodova]

2. Teniska loptica mase $m = 50\,\mathrm{g}$ pada na trampolin koji možemo pojednostavljeno shvatiti kao oprugu konstante elastičnosti $k = 5000\,\mathrm{N\,m^{-1}}$. Odredite za koliko će se trampolin najviše otkloniti od ravnotežnog položaja ako loptica u njega udari količinom gibanja $p = mc$. Prilikom računa zanemarite utjecaj sile teže, te pretpostavite da je trampolin savršeno elastičan (neće puknuti), te da mu tlo ne smeta prilikom rastezanja.

[10 bodova]

3. Paralelan snop zraka svjetlosti upada okomito na konvergentnu leću žarišne duljine $f_1 = 20\,\mathrm{cm}$. Je li moguće snop svjetlosti koji je prošao kroz leću opet napraviti paralelnim koristeći

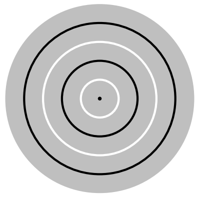
   (a) drugu konvergentnu leću žarišne duljine $f_2 = 5\,\mathrm{cm}$, ili

   (b) divergentnu leću žarišne duljine $f_2' = -5\,\mathrm{cm}$?

   Ako je moguće, odredite na kojoj udaljenosti d od prve leće treba postaviti drugu leću i skicirajte kako se lomi tipična zraka na ove dvije leće.

[12 bodova]

4. Crvena svjetlost valne duljine $\lambda = 680\,\mathrm{nm}$ upada okomito na tanki sloj prolivenog ulja (indeks loma $n = 1.45$) u obliku kružne mrlje. Na slici je skicirana dobivena interferencijska slika s naznačenim minimumima (crno) i maksimumima (bijelo). Pod pretpostavkom da debljina sloja monotono pada od sredine kruga prema rubu, odredite debljinu mrlje u njenom središtu.



[7 bodova]

5. Zraka svjetlosti upada na planparalelnu staklenu ploču indeksa loma $n = 1.5$ i debljine $d = 10\,\mathrm{cm}$ pod kutom $\alpha = 45°$. Odredite za koliko je izlazna zraka pomaknuta u odnosu na pravac gibanja upadne zrake.

[11 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- brzina svjetlosti: $c = 3 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$;

VAŽNO: Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule). Za pisanje, koristite kemijsku olovku ili nalivpero. Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Općinsko natjecanje iz fizike - rješenja

- srednje škole: IV. grupa -

22.01.2020.

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. Ako jedna minuta na brodu traje sat vremena na Zemlji, to znači da je gibanje svemirskog broda opisano Lorentzovim faktorom

$$\gamma = 60. \qquad [3 \text{ BODA}]$$

Odavde možemo izraziti brzinu gibanja broda

$$\begin{aligned} v &= \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} c && [3 \text{ BODA}] \\ &= 2.9996 \times 10^8 \,\mathrm{m/s}. && [1 \text{ BOD}] \end{aligned}$$

Isti Lorentzov faktor opisuje i kontrakciju duljine svemirskog broda. Znanstenici na Zemlji će izmjeriti kraću duljinu broda

$$\begin{aligned} L &= \frac{L_0}{\gamma} && [2 \text{ BODA}] \\ &= 0.5 \,\mathrm{m}. && [1 \text{ BOD}] \end{aligned}$$

2. Teniska loptica mase m koja ima količinu gibanja $p = mc$ nosi kinetičku energiju

$$\begin{aligned} T &= \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} - mc^2 \\ &= (\sqrt{2} - 1) mc^2. && [3 \text{ BODA}] \end{aligned}$$

Prilikom sudara s trampolinom, ova se kinetička energija pretvori u elastičnu potencijalnu energiju (prema pretpostavci zadatka, zanemarujemo silu težu pa i gravitacijsku potencijalnu energiju). U trenutku maksimalnog otklona x od ravnoteže, sva se kinetička energija pretvori u potencijalu

$$T = \frac{1}{2} k x^2. \qquad [3 \text{ BODA}]$$

Odavde sređivanjem dobijemo

$$\begin{aligned} x &= \sqrt{\frac{2(\sqrt{2} - 1) mc^2}{k}} && [3 \text{ BODA}] \\ &= 863 \,\mathrm{km}. && [1 \text{ BOD}] \end{aligned}$$

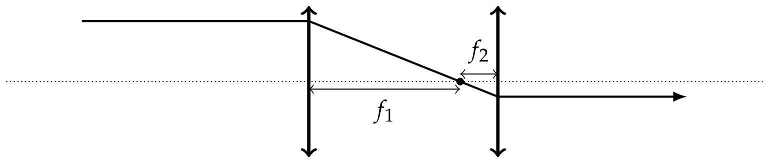
3. Snop je moguće ponovno napraviti paralelnim pomoću druge leće, bez obzira na to je li ona konvergentne ili divergentna pod uvjetom da se žarišta prve i druge leće poklapaju.

[2 BODA]

(a) Ako je druga leća konvergentna, onda je moramo staviti na udaljenost

$$d = f_1 + f_2 = 25\,\mathrm{cm} \qquad [2\ \text{BODA}]$$

od prve leće. Slika pokazuje kako se lomi tipična zraka svjetlosti u ovom slučaju.

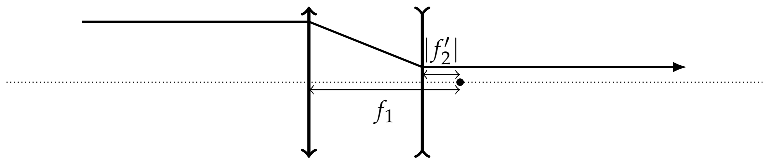


[3 BODA]

(b) Ako je druga leća divergentna, onda je moramo staviti na udaljenost

$$d = f_1 + f_2' = 15\,\mathrm{cm} \qquad [2\ \text{BODA}]$$

od prve leće. Slika pokazuje kako se lomi tipična zraka svjetlosti u ovom slučaju.



[3 BODA]

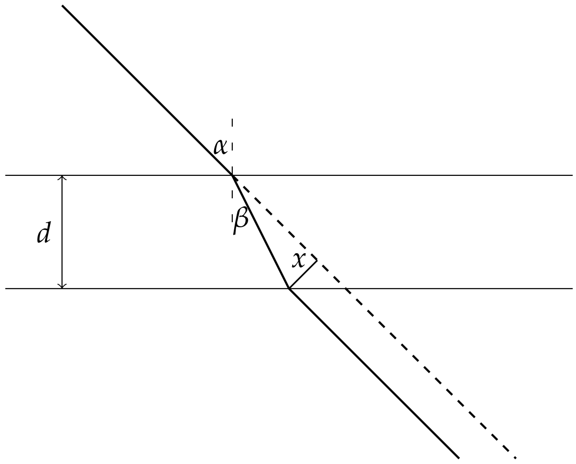
4. Prema slici iz zadatka, u samom središtu mrlje se javlja treći interferencijski minimum. Prema tome, ako je H debljina mrlje u sredini, tada je optička razlika putova između zrake koja se odbije na površini mrlje i zrake koja se odbije od dna mrlje

$$2nH = 5\lambda/2. \qquad [4\ \text{BODA}]$$

Odavde odmah imamo

$$H = 5\lambda/4n \qquad [2\ \text{BODA}]$$
$$= 568\,\mathrm{nm}. \qquad [1\ \text{BOD}]$$

5. Skicirajmo kako se svjetlost lomi na planparalelnoj ploči.



[3 BODA]

Snellov zakon nam daje vezu između upadnog i lomljenog kuta

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}. \qquad \text{[2 BODA]}$$

Geometrijski možemo odrediti pomak lomljene zrake

$$x = \frac{d}{\cos\beta}\sin(\alpha-\beta). \qquad \text{[3 BODA]}$$

Korištenjem trigonometrijskih identiteta možemo srediti dobiveni izraz

$$\begin{aligned} x &= d\sin\alpha\left(1-\frac{\cos\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}\right) && \text{[2 BODA]} \\ &= 3.29\,\mathrm{cm}. && \text{[1 BOD]} \end{aligned}$$