Državno natjecanje iz fizike 2020/2021
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 (18 bodova)

Gumeni metak ispaljen je prema automobilu koji se giba po ravnoj cesti stalnom brzinom 60 km/h. Prednje vjetrobransko staklo automobila zatvara kut 30° s horizontalom. Brzina metka u trenutku udara u vjetrobransko staklo automobila iznosi 14 km/h, a smjer brzine je horizontalan. Gumeni metak se elastično odbija od vjetrobranskog stakla. Točka udara nalazi na visini 1.5 m iznad tla. Zanemarite otpor zraka. Brzina automobila nakon sudara je nepromijenjena.

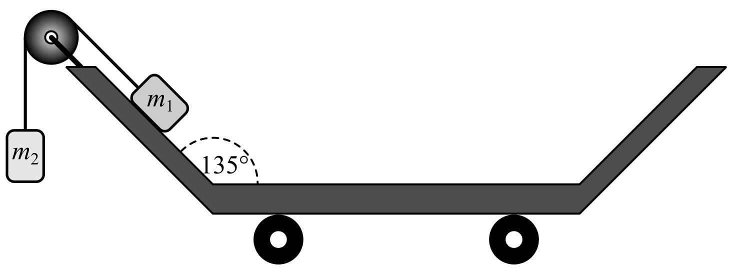
a) Izračunajte maksimalnu visinu u odnosu na tlo koju postiže metak za vrijeme leta.

b) U trenutku pada metka na tlo izračunajte horizontalnu udaljenost metka i automobila (tj. mjesta udara u vjetrobransko staklo automobila).

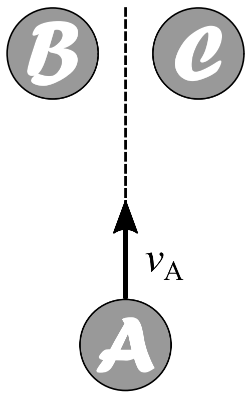
c) Skicirajte putanju metka za vrijeme leta kako ju vidi mirni promatrač na tlu. Na skici označite položaj automobila u trenutku pada metka na tlo. Izračunajte horizontalnu udaljenost položaja udara u vjetrobransko staklo i položaja pada na tlo i označite ju na skici.

2. zadatak (17 bodova)

Na kolica, koja su na slici prikazana u mirovanju, djelujemo konstantnom silom uslijed čega se ona jednoliko ubrzano gibaju prema desno, ubrzanjem $a = \frac{3}{4}g$. Dva utega masa m_1 i m_2 povezana su nerastezljivim užetom zanemarive mase preko koloture zanemarive mase. Omjer masa utega jednak je $m_1 : m_2 = 2 : 1$. Odredite koliki treba biti koeficijent trenja između utega mase m_1 i kose stranice kolica da sustav utega miruje u odnosu na kolica.



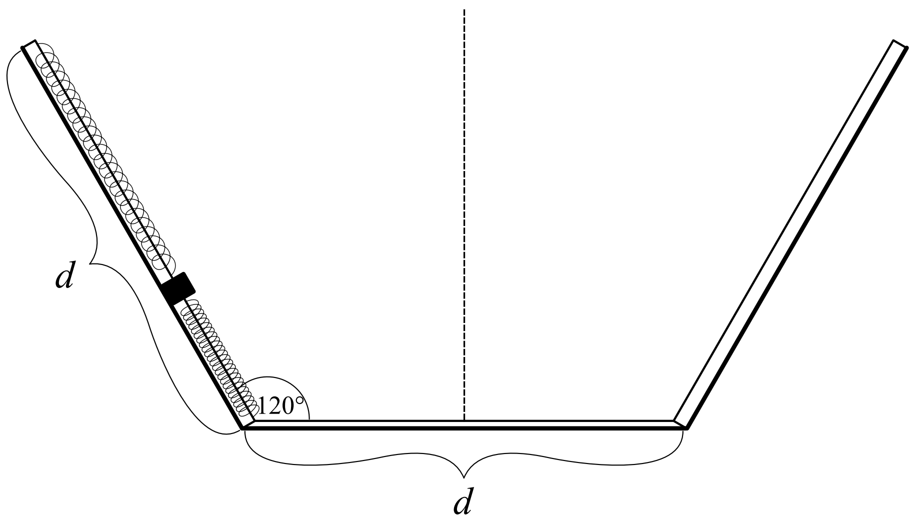
3. zadatak (17 bodova)



Tri identična novčića nalaze se na glatkoj horizontalnoj podlozi po kojoj mogu klizati bez trenja. Novčić A giba se brzinom v_A u smjeru prikazanom na slici, a novčići B i C miruju. Prije sudara udaljenost novčića B i C od pravca, po kojem se giba novčić A, je jednaka. Novčić A sudara se istovremeno s novčićima B i C. Sudar novčića je elastičan. Početna udaljenost središta novčića B i C je α puta veća od promjera novčića. Odredite brzinu novčića A nakon sudara i izrazite ju pomoću početne brzine novčića A i parametra α. Za koju vrijednost parametra α će novčić A mirovati nakon sudara?

4. zadatak (18 bodova)

Posuda u obliku krnjeg stošca postavljena je kao na slici. Unutar posude nalazi se sustav od dvije identične opruge konstante k i utega mase m. Uteg je pričvršćen za opruge kao što je prikazano na slici, a suprotni krajevi opruga su učvršćeni na rubovima posude. Sustav opruga i utega nalazi se na bezmasenoj šipki po kojoj uteg može klizati bez trenja. Kada cijeli sustav miruje, uteg se nalazi na visini $h_0 = d/2\sqrt{3}$ od dna posude (položaj je prikazan na slici). Kada posuda rotira stalnom kutnom brzinom ω oko vertikalne osi (prikazane isprekidanom linijom na slici), uteg miruje u odnosu na posudu na visini $2h_0$ u odnosu na dno posude. Uteg klizi po stijenci posude bez trenja. Masa opruga je zanemariva, a njihova nerastegnuta duljina je puno manja od d. Zanemarite dimenzije utega. Izračunajte kutnu brzinu ω, ako je $d = 75$ cm. Gravitacijsko ubrzanje je $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$.



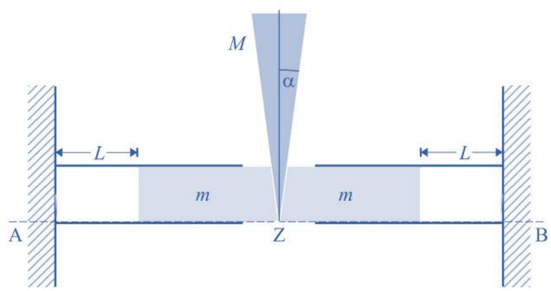
DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE – 28.-29. 04. 2021.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijete koristiti 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 (20 bodova)

Klin mase M = 0.500 kg, oblika jednokrakog trokuta čiji je vrh pod kutom 2α = 15°, leži na dva klipa, svaki mase m = 0.200 kg, koji mogu kliziti unutar dva vodoravna cilindra. Stranice klipova u dodiru s klinom imaju isti nagib kao i njegove plohe. Svaki klip zatvara cilindar učvršćen na okomiti zid, cilindar sadrži 0.002 mola idealnog plina pri temperaturi od 300K. Pretpostavlja se da su sva moguća trenja zanemariva, da se tijekom procesa gibanja klipa temperatura plina ne mijenja i da se cijeli sustav nalazi u vakuumu.
U početnoj situaciji vrh Z klina nalazi se na referentnoj crti AB, klip je udaljen L od zida, a klipovi su blokirani u položaju prikazanom na slici s dva graničnika (nisu prikazani).



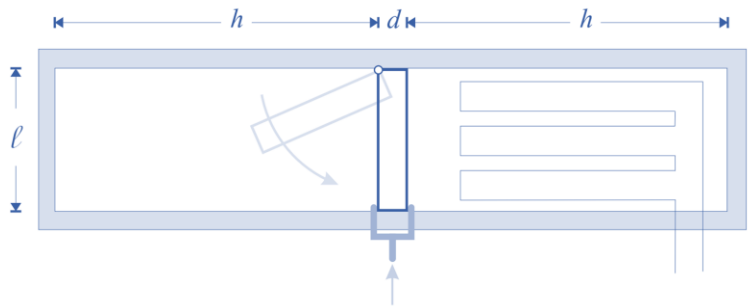
a. Izračunajte, u početnoj situaciji, iznos sile koju klin vrši na svaki klip.

Nakon uklanjanja graničnika, klin se spušta vrlo polako dok sustav ne dođe u ravnotežu.

b. Kolika je konačna udaljenost klipova od zida L_k (umjesto početne udaljenost L), i koliko se klin spustio prema dolje?
c. Izračunajte iznos sile kojom klin, točno u trenutku nakon što ga se pusti (odnosno u trenutku u kojem se uklone graničnici), djeluje na svaki klip, i iznos sile kojom svaki klip djeluje na cilindar (uzmite u obzir da je $L >> L_k$).

2. zadatak (16 bodova)

Unutrašnjost posude s izolacijskim zidovima kvadratnog presjeka duga je $2h + d$. Pregrada oblika kvadra sa stranicom l i debljinom d postavljena je tako da se spremnik dijeli na dva jednaka dijela, prilikom čega se pregrada može gibati pomoću panti na gornjoj strani.

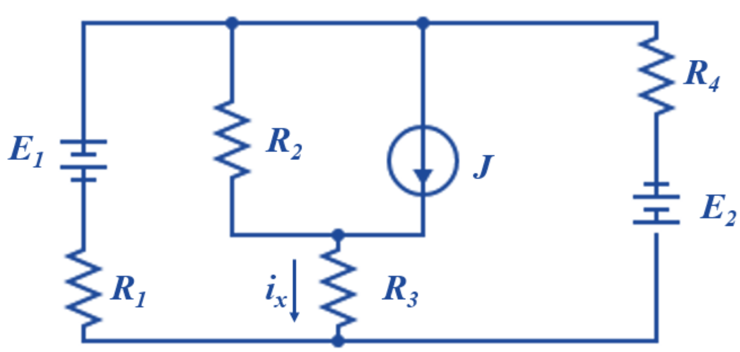


2n mola helija na temperaturi T_0 unese se u posudu i potom se pregrada polako spušta i učvršćuje klinom prikazanim na slici unutar posude je i električni grijač otpora r, čija je stvarna geometrija takva da može ravnomjerno zagrijavati plin koji se nalazi u desnoj komori; obujam koju zauzima grijač može se zanemariti. Toplinski kapaciteti grijaćeg elementa i pregrade su zanemarivi.
Električni je krug povezan izvorom napona E i to nakratko za vrijeme Δt. Pretpostavimo da u to vrijeme pregrada predstavlja dobar toplinski izolator između dvije komore; drugim riječima, koeficijent toplinske vodljivosti k pregrade je mala, ali tijekom dugog vremena nije zanemariva.

a. Nađite izraz za snagu P_r koju daje grijač i izračunajte T_1 temperaturu plina na kraju grijanja.
b. U smislu danih količina, izrazite silu kojom plin djeluje na pregradu odmah nakon isključenja grijača.
c. Izračunajte temperaturnu ravnotežnu T_R sustava (nakon termalizacije).

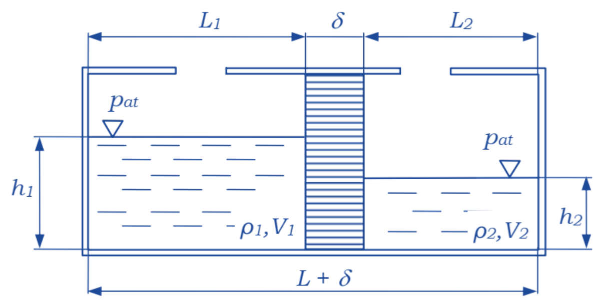
3. zadatak (15 bodova)

S obzirom na navedeni strujni krug koji sadrži izvor napona E_1 i E_2 i izvor konstante struje J, pronađite vrijednost struje i_x i snagu P_x koja se troši na R_3. Vrijednosti komponenti strujnog kruga su slijedeće R_1 = 4 Ω, R_2 = 2 Ω, R_3 = 6 Ω, R_4 = 8 Ω, E_1 = 40 V, E_2 = 32 V i J = 2 A. (Izvor struje J je uređaj koji uvijek daje zadanu struju, a napon na njemu je određen ostalim/vanjskim elementima u strujnom krugu.)



4. zadatak (19 bodova)

Posuda dimenzija ($L + \delta$) × B × H (H je ukupna visina posude) podijeljena je klipom koji se može kretati bez trenja kroz dvije komore. Ako se u lijevu komoru ulije volumen V_1 tekućine gustoće ρ_1, a u desnu volumen V_2 tekućine gustoće ρ_2, odredite izraz za visine h_1 i h_2 tekućina u ravnotežnom stanju i pripadne vrijednost ako je BxL= 1m^2, V_1=2m^3, V_2=1m^3 i ρ_2/ρ_1=0.5.



Fizikalne konstante:

R = 8,31 J/K mol, P_{atm}= 1 atm = 101300 Pa, g = 9,81 m/s^2

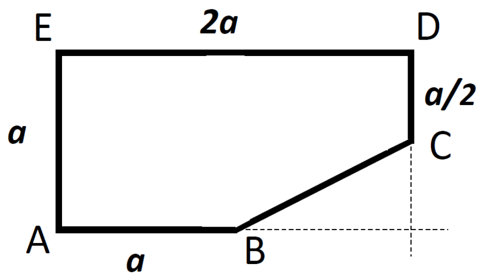
Državno natjecanje iz fizike, 2021.
Zadaci – 3. skupina

Zadatak 1 (14 bodova)

Izvor zvuka frekvencije f_0 giba se jednoliko pravocrtno brzinom v. Zvuk koji izvor odašilje odbija se od dvaju zidova, od kojih se jedan nalazi direktno ispred a drugi direktno iza izvora. Dvije nove frekvencije koje dopiru do izvora su u terci. Koliko iznosi brzina izvora. Terca označava odnos dvije frekvencije u omjeru 6:5. Brzina zvuka u zraku je $c = 330\ \mathrm{m/s}$.

Zadatak 2 (20 bodova)

Nepravilno homogeno tijelo ABCDE (na slici) stoji sa stranicom AB na ravnoj podlozi. Da li je tijelo stabilno? Obrazložite odgovor. Ako ga objesimo za točku D, koji kut će zatvarati smjer DE sa smjerom gravitacije?

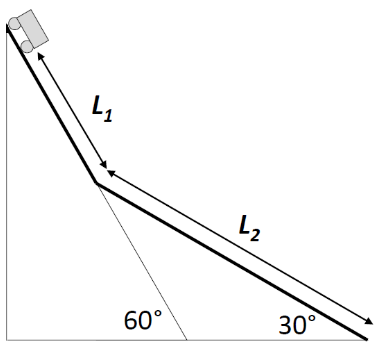


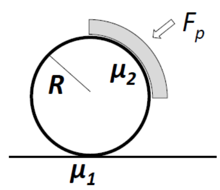
Zadatak 3 (14 bodova)

Uže duljine $L = 5$ m i mase $m = 5$ kg visi sa stropa školske dvorane. Dno užeta ne dotiče pod. Mala Monika zatitra uže na dnu, zbog čega po užetu krene putovati valni brijeg. Koliko vremena će proći da se valni brijeg odbije od stropa i vrati do dna užeta? Pretpostavite da se valni brijeg giba brzinom vala na užetu. Napomena: iako formula za brzinu vala ne vrijedi u ovom slučaju, još uvijek je vrlo dobra aproksimacija za valne duljine puno manje od duljine užeta, stoga ju možemo koristiti.

Zadatak 4 (22 boda)

Vagon mase $m = 236$ kg s četiri kotača nalazi se na vrhu kosine koja prvih $L_1 = 50$ m ima nagib $\alpha_1 = 60°$ a potom se idućih $L_2 = 100$ m zaravnava na kosinu nagiba $\alpha_2 = 30°$ (slika). Na četvrtinu svakog kotača prianjaju kočnice pritisnom silom F_p (slika,desno). Skiciraj sile na vagon, te sile i momente na kotač! Kolika mora biti konstantna sila kočenja F_p da se vagon zaustavi na kraju drugog dijela kosine, ako vagon u početku miruje na vrhu kosine? Faktor trenja između kotača i kočnice je $\mu_2 = 0.6$. Prijelaz između dva nagiba je dovoljno gladak da ne uzrokuje dodatne promjene gibanja kolica – iznos brzine koju kolica imaju tik prije prijelaza imaju i tik nakon prijelaza. Kotači ne proklizavaju tijekom gibanja kolica.





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.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

Srednje škole - 4. skupina

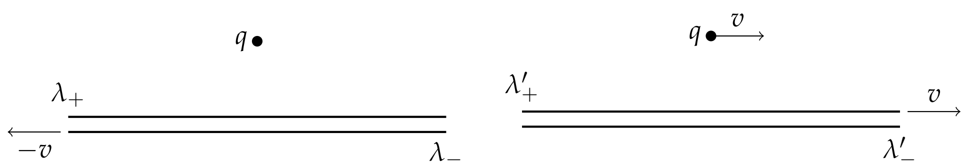
1. Svjetlost koja se sastoji od dvije monokromatske komponente valnih duljina λ i λ' upada okomito na difrakcijsku rešetku konstante $d = 1.7\,\mu\text{m}$, te se mjere maksimumi difrakcije (s iste strane središnjeg maksimuma) na pripadnim kutovima α_k i α'_k. Mjerenjima je utvrđeno da vrijedi $\alpha_2 - \alpha'_1 = 8°$, te $\alpha_3 = \alpha'_2$. Iz ovih podataka odredite λ i λ' te sve kutove na kojima se javljaju difrakcijski maksimumi.

[16 BODOVA]

2. Promotrimo jako dugi neutralni ravni vodič koji nosi struju I iz perspektive nekog laboratorijskog sustava S. Takav vodič možemo modelirati kao superpoziciju pozitivno nabijenog pravca homogene linearne gustoće naboja λ_+ koji miruje i negativno nabijenog pravca gustoće $\lambda_- = -\lambda_+$ koji se giba brzinom $-v$ kao na slici i stvara struju $I = -\lambda_- v$. Ako se u blizini takvog vodiča, na udaljenosti d, nalazi mirujući točkasti naboj q, tada su električna i magnetska sila na taj naboj jednake nuli. Međutim, ako istu situaciju pogledamo iz drugog inercijalnog sustava S' u kojem negativno nabijeni pravac miruje, a pozitivno nabijeni pravac i točkasti naboj se gibaju brzinom v udesno, tada, naizgled, na naboj q u gibanju djeluje samo magnetska sila, pa bi se naboj trebao otkloniti od vodiča.

   Da biste riješili ovaj paradoks, pretpostavite da je sila na točkasti naboj dana izrazom $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$ u svim inercijalnim sustavima, ali da gustoća naboja pravca ovisi o brzini kojom se pravac giba na način $\lambda(v) = \lambda_0 f(v)$, gdje je λ_0 gustoća naboja u sustavu mirovanja. Iz uvjeta da se točkasti naboj ne udaljava od vodiča u oba referentna sustava, odredite oblik funkcije $f(v)$.

   Električno polje pravca je $E = \lambda/(2\pi\epsilon_0 r)$, gdje je λ linearna gustoća naboja, a r udaljenost od pravca.



(a) Sustav S (b) Sustav S'

[20 BODOVA]

3. Elektron se nalazi u $n = 5$ energijskom stanju vodikovog atoma. Odredite na koliko se različitih načina elektron može spustiti u osnovno $n = 1$ stanje. Koliko je različitih valnih duljina fotona moguće opaziti u tom procesu? Odredite im vrijednosti u nanometrima.

   Atomski su prijelazi često uvjetovani tzv. izbornim pravilima. Kako bi se promjenio rezultat prvog dijela zadatka, ako elektronski prijelazi između dva stanja $n \to m$ moraju zadovoljavati izborno pravilo prema kojem brojevi n i m moraju biti različite parnosti? Energija osnovnog stanja vodikovog atoma iznosi $E = -13.6\,\text{eV}$.

[20 BODOVA]

Okrenite stranicu ⟶

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

Srednje škole - 4. skupina

4. Banana srednje veličine sadrži $m = 425\,\mathrm{mg}$ kalija, od čega 0.012% u obliku radioaktivnog izotopa vremena poluraspada $T = 1.25 \times 10^9$ godina. Odredite koliko banana čovjek smije pojesti odjednom prije nego osjeti efekte radioaktivnog zračenja. Zračenje aktivnosti $A_0 = 5 \times 10^8\,\mathrm{Bq}$ smatra se opasnim. Molarna masa radioaktivnog izotopa kalija je $M = 40\,\mathrm{g/mol}$.

[14 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- brzina svjetlosti: $c = 3.00 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$;
- elementarni naboj: $e = 1.60 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$;
- Planckova konstanta: $h = 6.63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\,s} = 4.14 \times 10^{-15}\,\mathrm{eV\,s}$;
- Avogadrova konstanta: $N_\mathrm{A} = 6.02 \times 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$;

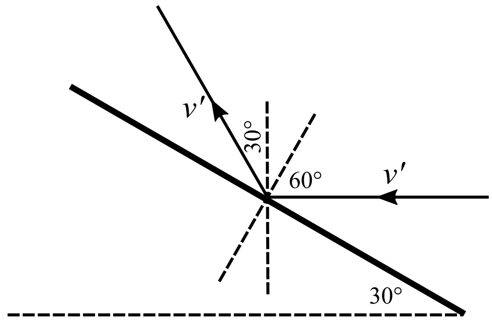
VAŽNO: Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule). Za pisanje, koristite kemijsku olovku ili nalivpero. Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Državno natjecanje iz fizike 2020/2021
Srednje škole – 1. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (18 bodova)

Definirajmo koordinatni sustav mirnog promatrača tako da je u njemu brzina automobila u pozitivnom smjeru x-osi tj. $\vec{v}_A = v_A\hat{x}$. Tada je brzina metka u mirnom sustavu neposredno prije udara u vjetrobransko staklo automobila $\vec{v} = -v\hat{x}$. U sustavu, koji se giba brzinom automobila u odnosu na mirni sustav, brzina gumenog metka neposredno prije udara u vjetrobransko staklo je:
$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_A$
$\vec{v}' = -(v + v_A)\,\hat{x}$
$v' = -(v + v_A) = -74$ km/h. **(1 bod)**

Prilikom sudara gumeni metak se odbija od vjetrobranskog stakla pod istim kutem pod kojim i upada (vidi sliku). Neposredno nakon sudara horizontalna i vertikalna komponenta brzine metka su:



$v'_{x0} = -\dfrac{1}{2}|v'| = -37$ km/h **(1 bod)**
$v'_{y0} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}|v'| = 64.1$ km/h **(1 bod)**

Komponente brzine metka u sustavu mirnog promatrača na tlu jednake su:
$v_{x0} = v'_{x0} + v_A = 23$ km/h **(1 bod)**
$v_{y0} = v'_{y0}$ **(1 bod)**

Maksimalna visina, koju postiže metak, jednaka je:
$h_{max} = h_0 + \dfrac{v_{y0}^2}{2g}$
$h_{max} = 1.5 \text{ m} + 16.2 \text{ m} = 17.7 \text{ m}$ **(3 boda)**

Vrijeme potrebno da metak padne na tlo jednako je zbroju vremena potrebnog do maksimalne visine i vremena pada s maksimalne visine na tlo. Najprije odredimo vrijeme potrebno da postigne maksimalnu visinu:
$v_y(t) = v_{y0} - gt$
U najvišoj točki putanje $v_y = 0$ pa slijedi:
$t_1 = \dfrac{v_{y0}}{g} = 64.1 \cdot \dfrac{1000}{3600} \text{ m/s} \cdot \dfrac{1}{9.81 \text{ m/s}^2} = 1.82 \text{ s}$ **(1 bod)**

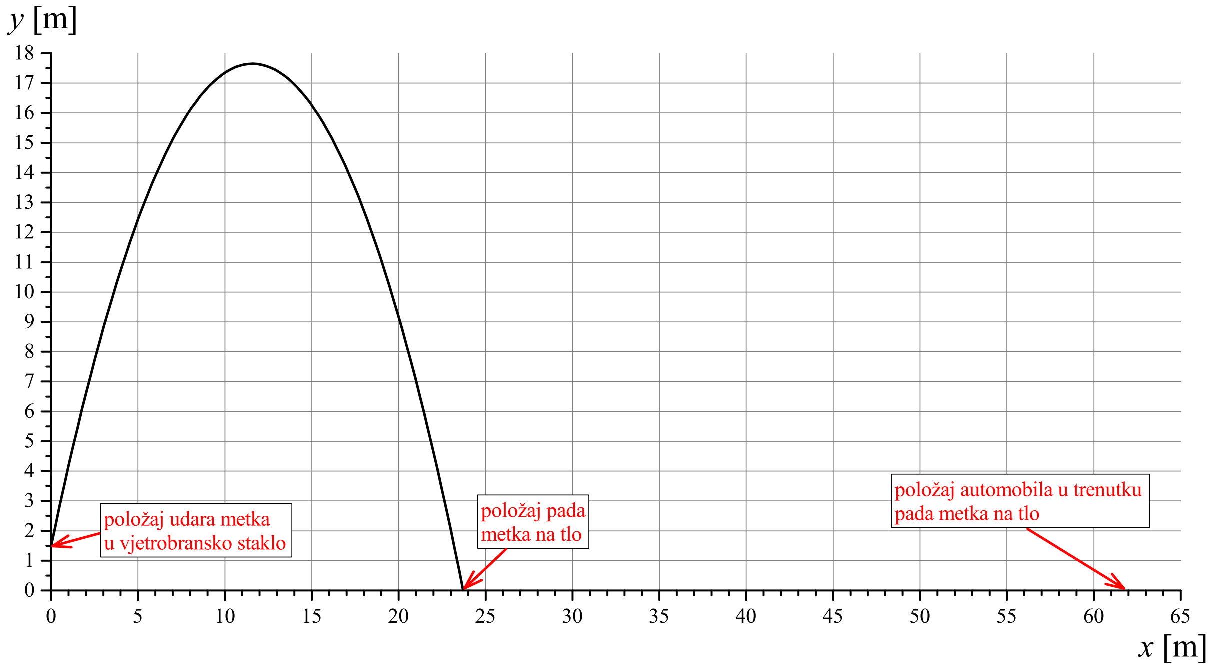
Vrijeme pada s visine h_{max} jednako je:
$h_{max} = \dfrac{1}{2}gt_2^2$
$t_2 = \sqrt{\dfrac{2h_{max}}{g}} = 1.9 \text{ s}$ **(1 bod)**

Ukupno vrijeme potrebno da metak padne na tlo jednako je:
$t_{pad} = t_1 + t_2 = 3.72$ s. **(1 bod)**

U tom vremenu metak će prijeći horizontalnu udaljenost:
$d = v_{x0}t_{pad} = 23 \cdot \dfrac{1000}{3600} \text{ m/s} \cdot 3.72 \text{ s} = 23.8 \text{ m}.$ **(1 bod)**

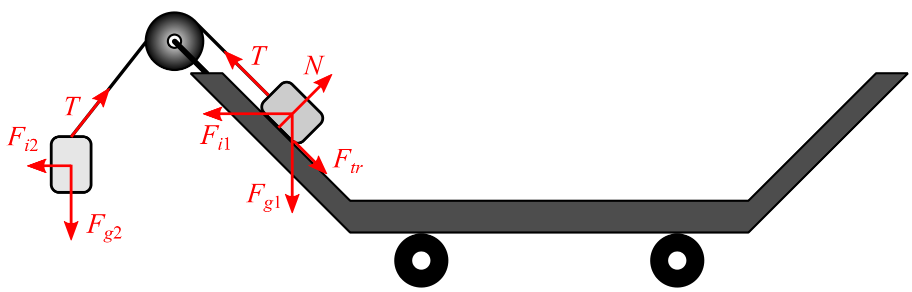
U istom vremenu automobil će prijeći horizontalnu udaljenost:
$d = v_At_{pad} = 60 \cdot \dfrac{1000}{3600} \text{ m/s} \cdot 3.72 \text{ s} = 62 \text{ m}.$ **(1 bod)**

Horizontalna udaljenost metka i automobila u trenutku pada metka na tlo jednaka je $\Delta x = 62\text{ m} - 23.8\text{ m} = 38.2\text{ m}$, što se može izračunati i kao $v'_{x0} t_{pad} = 38.2\text{ m}$. **(1 bod)** Skica putanje i traženih položaja dana je na sljedećoj slici. (Točna skica putanje: **2 boda**, točno označeni položaji metka i automobila: **2 boda**).



2. zadatak (17 bodova)

Na slici su prikazane sile koje djeluju na oba utega u sustavu kolica (**2 boda** za dijagram sila). Pretpostavimo da bi se u slučaju gibanja utega u odnosu na kolica uteg mase m_1 gibao uz kosu stranicu kolica. Kut koji kosina kolica zatvara s horizintalom je 45°.



Drugi Newtonov zakon za uteg mase m_1 (u slučaju mirovanja u odnosu na kolica) pišemo po komponentama paralelno i okomito na kosinu:

$0 = T + \frac{\sqrt{2}}{2} F_{i1} - \frac{\sqrt{2}}{2} F_{g1} - F_{tr}$ **(1 bod)**

$0 = N - \frac{\sqrt{2}}{2} F_{i1} - \frac{\sqrt{2}}{2} F_{g1}$ **(1 bod)**

Drugi Newtonov zakon za uteg mase m_2 (u slučaju mirovanja u odnosu na kolica) pišemo po komponentama paralelno i okomito na horizontalnu podlogu:

$0 = T_x - F_{i2}$ **(1 bod)**

$0 = T_y - F_{g2}$ **(1 bod)**

Inercijalna sila na utege je: $F_{i1} = m_1 a$, $F_{i2} = m_2 a$ **(1 bod)**. Uvrštavanjem u jednadžbe za uteg mase m_2 dobije se:

$0 = T_x - m_2 a$

$0 = T_y - m_2 g$

Sada možemo izračunati napetost užeta T:

$T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = m_2\sqrt{a^2 + g^2} = m_2\sqrt{\frac{9}{16}g^2 + g^2} = \frac{5}{4}m_2 g.$ **(2 boda)**

U jednadžbe za uteg mase m_1 uvrstimo napetost užeta T, izraz za inercijalnu silu F_{i1} i silu trenja $F_{tr} = \mu N$ **(1 bod)**:

$0 = \frac{5}{4}m_2 g + \frac{\sqrt{2}}{2}m_1 a - \frac{\sqrt{2}}{2}m_1 g - \mu N$

$0 = N - \frac{\sqrt{2}}{2}m_1 a - \frac{\sqrt{2}}{2}m_1 g$

Iz druge jednadžbe slijedi da je sila reakcije podloge N jednaka:

$N = \frac{\sqrt{2}}{2}m_1(a+g) = \frac{\sqrt{2}}{2}m_1\frac{7}{4}g = \frac{7\sqrt{2}}{8}m_1 g$ **(3 boda)**

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu dobije se:

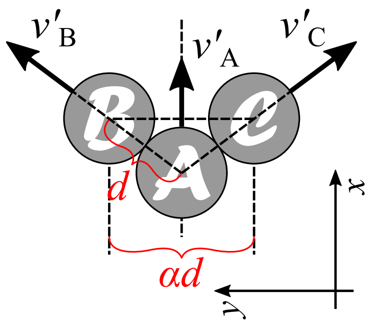
$\mu\frac{7\sqrt{2}}{8}m_1 g = \frac{5}{4}m_2 g + \frac{\sqrt{2}}{2}m_1(a-g)$

$\mu\frac{7\sqrt{2}}{8}m_1 g = \frac{5}{4}m_2 g - \frac{\sqrt{2}}{8}m_1 g$

$\mu = \frac{10}{7\sqrt{2}}\frac{m_2}{m_1} - \frac{1}{7}$

$\mu = \frac{1}{7}\left(\frac{5}{\sqrt{2}} - 1\right) = 0.362$ **(4 boda)**

3. zadatak (17 bodova)



Novčići B i C dobit će brzinu u smjeru spojnice središta novčića s novčićem A tj. okomito na tangentu na obod novčića u točki dodira s novčićem A (vidi sliku). Zbog simetrije problema iznosi brzina novčića B i C nakon sudara bit će jednaki $v'_B = v'_C = v'$. **(1 bod)**

Zakon očuvanja količine gibanja za ovaj sudar napišemo po komponentama u koordinatnom sustavu:

$mv_A = mv'_A + mv'_{Bx} + mv'_{Cx}$ **(1 bod)**

$0 = mv'_{By} - mv'_{Cy}$ **(1 bod)**

Zakon očuvanja energije glasi:

$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2}mv_B'^2 + \frac{1}{2}mv_C'^2$ **(2 boda)**

Nakon sređivanja dobiju se sljedeće jednadžbe:

$v_A = v'_A + 2v'_x$ **(1 bod)**

$v_A^2 = v_A'^2 + 2v'^2$ **(1 bod)**

Pomoću sličnosti trokuta dobije se da vrijedi:

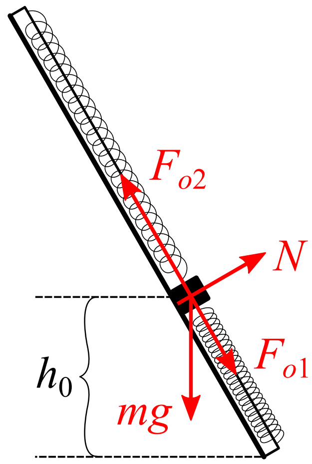
$\frac{v'_y}{v'} = \frac{\frac{1}{2}\alpha d}{d}$ **(2 boda)**

Prema tome komponente brzine novčića B i C nakon sudara izrazimo na sljedeći način:

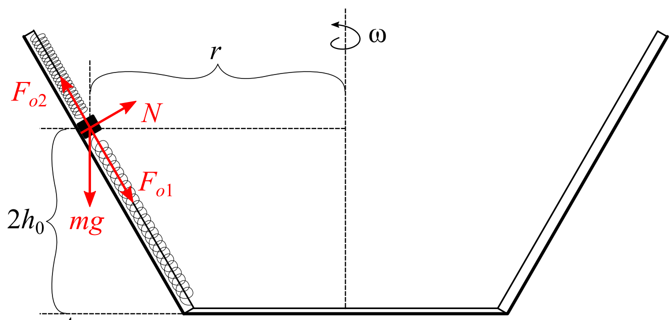
$v'_y = \frac{1}{2}\alpha v'$, $v'_x = \sqrt{v'^2 - v_y'^2} = v'\sqrt{1 - \frac{1}{4}\alpha^2}$ **(2 boda)**

Dalje rješavamo sustav jednadžbi:
$v_A - v'_A = 2v'_x$
$v_A^2 - v'^2_A = (v_A - v'_A)(v_A + v'_A) = 2v'^2$
Prvu jednadžbu kvadriramo i uvrstimo izraz za v'_x:
$(v_A - v'_A)^2 = 4v'^2 \left(1 - \frac{1}{4}\alpha^2\right)$
Iz druge jednadžbe uvrstimo v'^2:
$(v_A - v'_A)^2 = 2(v_A - v'_A)(v_A + v'_A)\left(1 - \frac{1}{4}\alpha^2\right)$
$v'_A\left(2 - \frac{1}{2}\alpha^2 + 1\right) = v_A\left(1 - 2 + \frac{1}{2}\alpha^2\right)$
$v'_A(6 - \alpha^2) = v_A(\alpha^2 - 2)$
Slijedi da je brzina novčića A nakon sudara:
$v'_A = v_A \frac{\alpha^2 - 2}{6 - \alpha^2}$ **(4 boda)**
Novčić A miruje nakon sudara kada je ispunjen uvjet:
$v'_A = 0 \;\Rightarrow\; \alpha^2 - 2 = 0 \;\Rightarrow\; \alpha = \sqrt{2}$ **(2 boda)**

4. zadatak (18 bodova)



Sve sile, koje djeluju na uteg u početnom položaju prikazane su na slici desno. Kut između kose stranice posude i vertikale je 30°. Iz uvjeta da uteg miruje slijedi sljedeća jednadžba za smjer paralelan kosini:
$0 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} + F_{o1} - F_{o2}$ **(1 bod)**
Sile opruge F_{o1} i F_{o2} jednake su:
$F_{o1} = k(l_1 - l_0)$, $F_{o2} = k(l_2 - l_0)$ **(1 bod)**, gdje je l_0 duljina nerastegnute opruge. Na slici se može vidjeti da vrijedi:
$h_0 = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}l_1$,
slijedi da je $l_1 = \frac{1}{3}d$. **(1 bod)**
Duljina $l_2 = d - l_1 = \frac{2}{3}d$. **(1 bod)**
Uvrstimo u početnu jednadžbu:
$0 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} + k\left(\frac{1}{3}d - l_0\right) - k\left(\frac{2}{3}d - l_0\right)$
$\frac{1}{3}kd = mg\frac{\sqrt{3}}{2}$
$k = \frac{3\sqrt{3}}{2}\frac{mg}{d}$ **(2 boda)**
U slučaju kada posuda rotira položaj utega i sve sile koje djeluju na uteg prikazane su na slici desno. Zbroj svih sila na tijelo jednak je centripetalnoj sili. Drugi Newtonov zakon napišemo po komponentama:



$F_{cp} = N\frac{\sqrt{3}}{2} + F'_{o1}\frac{1}{2} - F'_{o2}\frac{1}{2}$, **(1 bod)**

$mg + F'_{o1}\frac{\sqrt{3}}{2} = N\frac{1}{2} + F'_{o2}\frac{\sqrt{3}}{2}$. **(1 bod)**

Sile opruge sada su jednake: $F'_{o1} = k\,(l'_1 - l_0)$, $F'_{o2} = k\,(l'_2 - l_0)$, gdje je:

$l'_1 = 2h_0\frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2}{3}d,$

$l'_2 = d - l'_1 = \frac{1}{3}d$. **(1 bod)**

Uvrstimo u drugu jednadžbu:

$mg + k\left(\frac{2}{3}d - l_0 - \frac{1}{3}d + l_0\right)\frac{\sqrt{3}}{2} = N\frac{1}{2}$

$N = 2mg + \frac{1}{\sqrt{3}}kd$

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

$N = \frac{7}{2}mg$ **(2 boda)**

Centripetalna sila je $F_{cp} = m\frac{v^2}{r}$ **(1 bod)**. Uvrštavanjem izraza za F_{cp} i N u prvu jednadžbu dobije se:

$m\frac{v^2}{r} = \frac{7}{2}mg\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{3}kd\frac{1}{2}$

$m\frac{v^2}{r} = \frac{7\sqrt{3}}{4}mg + \frac{1}{6}\frac{3\sqrt{3}}{2}\frac{mg}{d}d$

$\frac{v^2}{r} = 2\sqrt{3}g$ **(2 boda)**

Brzina kružnog gibanja jednaka je $v = r\omega$, a polumjer gibanja je jednak:

$r = \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}l'_1 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right)d = \frac{5}{6}d$ **(1 bod)**.

Uvrštavanjem slijedi:

$\frac{5}{6}d\omega^2 = 2\sqrt{3}g$

$\omega^2 = \frac{12\sqrt{3}}{5}\frac{g}{d} \;\Rightarrow\; \omega = \sqrt{\frac{12\sqrt{3}}{5}\frac{g}{d}} = 7.4$ rad/s **(3 boda)**

Rješenja i smjernice za bodovanje – 2. skupina

1. **Zadatak** (20 bodova)

Kretanje jednog klipa simetrično je kretanju drugog, biti će dovoljno opisati gibanje samo jednog. Iz istog razloga uputit ćemo se samo na desni cilindar čija se kompresija ovija na *x* osi.

a. Težina klina *F* i dvije sile F_1 i F_2 koje djeluju na klip, obje okomite na stijenke, djeluju na klin. Simetrijom će uvijek biti $F_{2,x} = -F_{1,x}$ i $F_{2,y} = F_{1,y}$.
U ravnoteži:

$$\vec{F} + \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} = 0$$ **(2 boda)**

Duž *x* osi ravnoteža se osigurava simetrijom, dok je duž osi y, označavajući sa F_p zajedničku vrijednost F_1 i F_2, možemo pisati:

$F - 2F_{\mathrm{p}} sin\alpha = 0$ slijedi $F_p = \frac{Mg}{2sin\alpha}$

Iz trećeg Newtonovog zakona, sila F_k kojom klin djeluje na klip po iznosu je jednaka onoj koju klip djeluje na klin. Slijedi:

$$F_k = F_p = \frac{Mg}{2sin\alpha} = 18.78\ N$$ **(2 boda)**

b. Za desni klip se smatra da je u položaju postignute ravnoteže. Na njega djeluju četiri sile: njegova težina *F*, sila F_k koja djeluje na klin, sila *N* između cilindra i klipa te sila plina F_m koja djeluje zbog kompresije. Uvjet ravnoteže klipa je:

$$\vec{F} + \overrightarrow{F_{\mathrm{k}}} + \vec{N} + \overrightarrow{F_{\mathrm{m}}} = 0$$ **(2 boda)**

Nametanjem ravnoteže na vodoravnu os, ako nazovemo položaj ravnoteže klipa L_k.

$$F_k cos\,\alpha - F_m = 0$$ **(2 boda)**

Iz jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_k V_k = nRT_k \quad gdje\ T_k = T_P = T$$

$$\frac{F_m}{S} L_k S = nRT$$

Slijedi

$$F_k cos\,\alpha - \frac{nRT}{L_k} = 0$$

Vrijednost F_k jednaka je izračunatoj u prethodnom pitanju. Dakle slijedi:

$$L_k F_k \cos\alpha = nRT$$

$$L_k = \frac{nRT}{F_k \cos\alpha} = \frac{nRT}{\frac{Mg}{2\sin\alpha}\cos\alpha} = \frac{2nRT\tan\alpha}{Mg} = 26.76\ cm$$ **(2 boda)**

Budući da se klin oslanja na klip, svaki pomak *x* klipa povezan je s odgovarajućom *y* relacijom:

$$y_k = \frac{L_k}{tan\alpha} = 203\ cm$$ **(2 boda)**

c. Ako su a_k i a_p ubrzanja klina i desnog klipa, duž njihovih smjerova kretanja, pišemo Newtonov drugi zakon za dva predmeta, u obliku komponenta. U početnoj situaciji, budući da plin nije komprimiran.

Za klin vrijedi:

$$x: F_1\cos\alpha - F_2\cos\alpha = 0$$

$$y: Mg - 2F_{\mathrm{p}} sin\alpha = Ma_{\mathrm{k}}$$ **(2 boda)**

Za klip vrijedi:

$$x:\ F_k\cos\alpha - F_m = ma_p \quad sa \quad F_k = F_p \quad i \quad F_m = 0\ jer\ L >> L_k$$

$$y: mg - N + F_k sin\alpha = 0$$ **(2 boda)**

Iz prethodne relacije za pomake klina duž x i y osi možemo također dobiti za ubrzanja:

$$a_{\mathrm{k}} = \frac{1}{tan\alpha} a_{\mathrm{p}}$$

Rješavajući sustav jednadžbi možemo dobiti silu kojom klin djeluje na klip.

$$F_{\mathrm{k}} = \frac{Mmg sin\alpha}{M\cos^2\alpha + 2m sin^2\alpha} = 0.257\ \mathrm{N}$$ **(2 boda)**

I silu kojem cilindar djeluje na klip.

$$F_{\mathrm{g}} = N = mg\left(\frac{M + 2m sin^2\alpha}{M\cos^2\alpha + 2m sin^2\alpha}\right) = 1.995\ \mathrm{N}$$ **(2 boda)**

2. Zadatak (16 bodova)

a. Snaga koju daje grijač je $P_r = E^2/r$ (Joulov efekt); stoga količina topline koju grijač oslobađa vremenu Δt je $Q = E^2\Delta t/r$.
Budući da se tok topline kroz pregradu može zanemariti na kratko vrijeme, toplina koju isporučuje grijač povećava temperaturu plina za količinu ΔT zadanu kao $Q = nc_V\,\Delta T$ gdje je c_V = 3R/2, jer je mono atomski plin. **(2 boda)**
Dakle:

$\Delta T = \frac{Q}{nc_V} = \frac{E^2\Delta t}{r}\frac{2}{3Rn}$ iz čega $T_1 = T_0 + \frac{2E^2}{3Rnr}\Delta t$ **(4 bodova)**

b. Čim se grijaći element isključi, količine plina u dvije komore su na temperaturi T_0 i T_1; tlakovi su

$$p_0 = \frac{nRT_0}{hl^2} \quad \text{i} \quad p_1 = \frac{nRT_1}{hl^2}$$

Dakle sila uzrokovana razlikom tlakova je

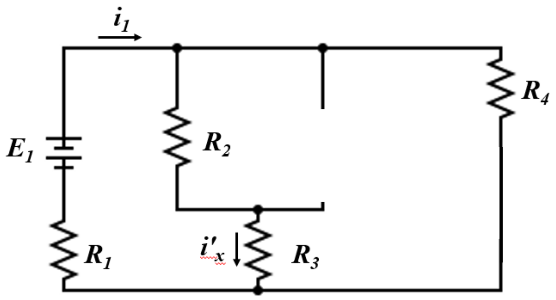
$F_p = l^2\Delta p = \frac{nR\Delta T}{h} = \frac{2\mathcal{E}^2}{3hr}\Delta t$ **(6 bodova)**

c. Budući da je ukupna unutarnja energija očuvana, a količine plina jednake, konačna temperatura dobiti će se aritmetičkom sredinom početnih temperatura

$T_{\mathrm{eq}} = \frac{1}{2}(T_0 + T_1)$ **(4 bodova)**

3. Zadatak (15 bodova)

Možemo riješiti strujni krug tako da uzmemo u obzir pojedinačni efekt izvora i onda sumiramo.



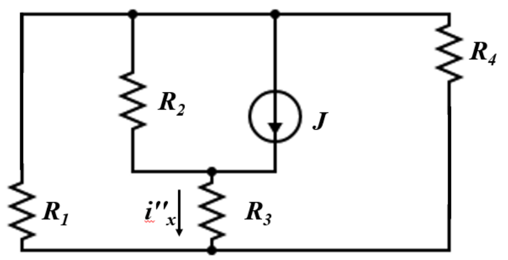
Prvi efekt:

$$i_1 = \frac{E_1}{R_1 + [(R_2 + R_3)||R_4]} = \frac{40V}{4\Omega + [(2\Omega + 6\Omega)||8\Omega]} = 5A$$

$$i'_x = i_1\frac{R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = 5A\frac{8\Omega}{2\Omega + 6\Omega + 8\Omega} = 2.5A$$

(4 bodova)

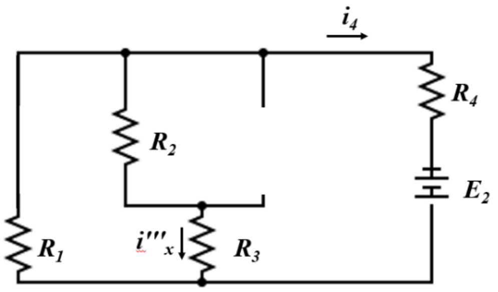
Drugi efekt:



$$i_x'' = J\frac{R_2}{R_2+R_3+(R_4||R_1)} = 2A\frac{2\Omega}{2\Omega+6\Omega+(4\Omega|V8\Omega)} = 0.375A$$

(4 bodova)

Treći efekt:



$$i_4 = \frac{E_2}{R_4 + [(R_3+R_2)|R_1]} = \frac{32V}{8\Omega + [(6\Omega+2\Omega)|4\Omega]} = 3A$$

$$i_x''' = -i_4\frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} = -3A\frac{4\Omega}{4\Omega+2\Omega+6\Omega} = -1A$$

(4 bodova)

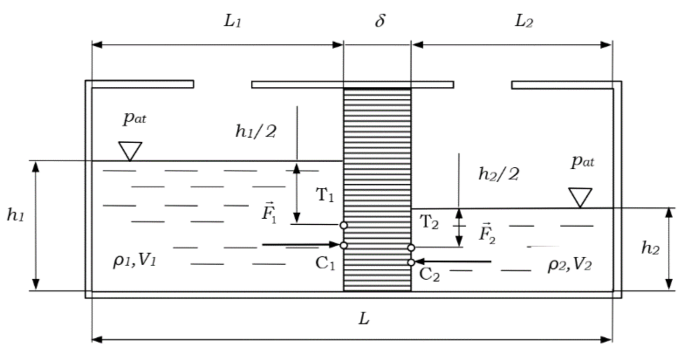
Dakle ukupno ima:

$$i_x = i_x' + i_x'' + i_x''' = 2.5A + 0.375A - 1A = 1.875A$$

$P_x = R_3 \cdot i_x^2 = 21.1W$ **(3 boda)**

4. **Zadatak** (19 bodova)

Iz uvjeta ravnoteže sile proizlazi:



$$F_1 = F_2$$
$$F_1 = p_{T1}A_1 = \rho_1 g\frac{h_1}{2}h_1B = \frac{1}{2}\rho_1 g h_1^2 B$$
$$F_2 = p_{T2}A_2 = \rho_2 g\frac{h_2}{2}h_2B = \frac{1}{2}\rho_2 g h_2^2 B$$

Ako postavimo $F_1=F_2$

$$\frac{1}{2}\rho_1 g h_1^2 B = \frac{1}{2}\rho_2 g h_2^2 B$$

Dakle

$$\frac{h_1}{h_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$ **(5 bodova)**

Ako uzmemo u obzir volumene tekućina i spremnika možemo pisati:

$$V_1 = B h_1 L_1, \text{odnosno } \frac{V_1}{h_1} = BL_1$$
$$V_2 = B h_2 L_2, \text{odnosno } \frac{V_2}{h_2} = BL_2$$
$$L = L_1 + L_2$$ **(5 bodova)**

Iz čega slijedi

$$\frac{V_1}{h_1} + \frac{V_2}{h_2} = BL$$

Konačno iz prethodnih jednadžbi dobije se:

$$h_1 = \frac{V_1 + V_2\sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}}{BL} \qquad h_2 = \frac{V_1\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} + V_2}{BL}$$ **(5 bodova)**

dakle

$h_1 = 2.71$ m $\qquad h_2 = 3.83$ m **(4 boda)**

Državno natjecanje iz fizike, 2021.
Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

Zadatak 1 (14 bodova)

Promatramo zvuk ispred i iza izvora. Ispred izvora, frekvencija zvuka je povišena za: **(1 bod)**

$$f_I = f_0 \frac{c}{c-v}$$

gdje je v brzina izvora, a c brzina zvuka u zraku. Iza izvora, frekvencija je snižena za: **(1 bod)**

$$f_{II} = f_0 \frac{c}{c+v}$$

Odbijanjem od zid, efektivno sada izvor postaje opažač, a zid novi "izvor". Stoga je val koji dolazi u susret izvoru-opažaču: **(4 boda)**

$$f_f = f_I \frac{c+v}{c}$$

a val koji stiže izvor:

$$f_r = f_{II} \frac{c-v}{c}$$

Uvrštavanjem, pišemo:

$$\frac{f_f}{f_r} = \left(\frac{c+v}{c-v}\right)^2 = \frac{6}{5}$$

Zadnju jednakost smo uvrstili iz uvjeta zadatka. Rješavanjem dobijemo kvadratnu jednadžbu po v: **(2 boda)**

$$v^2 - 22cv + c^2 = 0$$

Dva su moguća rješenja jednadžbe: **(2 boda)**

$$v_{1,2} = 11c \pm 11c\sqrt{\frac{120}{121}}$$

No, rješenje s $+$ nije fizikalno jer predstavlja brzinu veću od zvuka. U tom slučaju zvuk f_I ne bi bio ispred izvora, pa ne bi bilo ni f_f odbijenog zvuka, kao što ni zvuk f_r ne bi mogao stići izvor. Prema tome, jedino rješenje je: **(2 boda)**

$$v = 11c\left(1 - \sqrt{\frac{120}{121}}\right)$$

Uvrštavanjem vrijednosti dobijemo izraz za brzinu: $v = 15.03\ \mathrm{m/s}$. **(2 boda)**

Zadatak 2 (20 bodova)

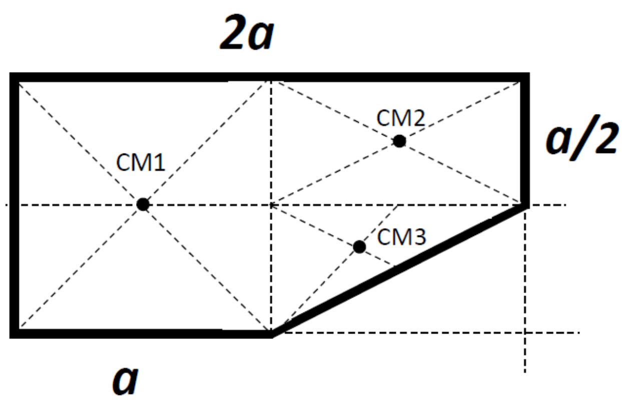
Da bismo odredili da li je tijelo stabilno, moramo naći položaj centra mase. **(1 bod)**

Za ovakvo nepravilno tijelo ukupni centar mase možemo izračunati uzimajući pravilne dijelove tijela kao točkaste mase na položaju njihovih centara masa. **(2 boda)**

Na slici je tijelo ABCDE podijeljeno na tri pravilna tijela te su označeni njihovi centri masa s koordinatama CM1 (x_1, y_1), CM2 (x_2, y_2), CM3 (x_3, y_3). Ukupni položaj centra mase je tada: **(1 bod)**

$$x_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3}{m_1 + m_2 + m_3}; \quad y_{cm} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

S obzirom da je tijelo homogeno, mase dijelova su proporcionalne površini tijela, za dio x



vrijedi: $m_x = \sigma S_x$, gdje je σ površinska gustoća tijela a S_x površina dijela x. Lako nađemo mase svih djelova: **(2 boda)**

$$m_1 = \sigma a^2 \; ; \quad m_2 = \sigma \frac{a^2}{2} \; ; \quad m_3 = \sigma \frac{a^2}{4}$$

Uvrštavajući, sada izraz za centar mase postaje: **(2 boda)**

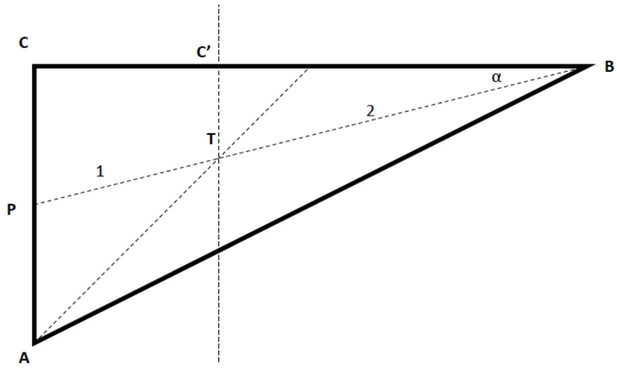
$$x_{cm} = \frac{4}{7}x_1 + \frac{2}{7}x_2 + \frac{1}{7}x_3 \; ; \quad y_{cm} = \frac{4}{7}y_1 + \frac{2}{7}y_2 + \frac{1}{7}y_3$$

Radi lakšeg snalaženja, postavit ćemo ishodište koordinatnog sustava u točku A. Dužina AB će biti duž smjera osi x, a dužina AE duž smjera osi y. Trivijalno je tada naći koordinate CM1 i CM2: **(2 boda)**

$$x_1 = \frac{a}{2} \; ; \quad y_1 = \frac{a}{2} \; ; \quad x_2 = \frac{3a}{2} \; ; \quad y_2 = \frac{3a}{4}$$

Za CM3 promotrimo trokut ABC na slici. Centar mase trokuta nalazi se u težištu T, koje se nalazi u sjecištu težišnica trokuta. **(1 bod)**
Važno je spomenuti da težište dijeli svaku težišnicu na dva dijela, omjera duljina 2:1 (kao što je naznačeno za težišnicu iz vrha B). **(1 bod)**

Koristeći taj podatak, promotrimo trokute PBC i TBC′ na slici. Radi se o sličnim trokutima (isti kut u vrhu B i dvije paralelne stranice). Za slične trokute vrijedi da omjeri duljina jedne stranice odgovaraju omjerima drugih stranica. Na taj način, možemo vidjeti da je omjer |PB|:|A′B| = 3:2.



Taj isti omjer stoga vrijedi i za |PC|:|TC′| te |BC|:|BC′|. Vrijedi:

$$|\mathrm{TC}'| = \frac{2}{3}|\mathrm{PC}| = \frac{2}{3}\frac{a}{4} = \frac{a}{6} \;\Rightarrow y_3 = \frac{a}{2} - \frac{a}{6} = \frac{a}{3}$$

te, slično,

$$x_3 = \frac{4a}{3}$$

Stoga su koordinate CM: **(3 boda)**

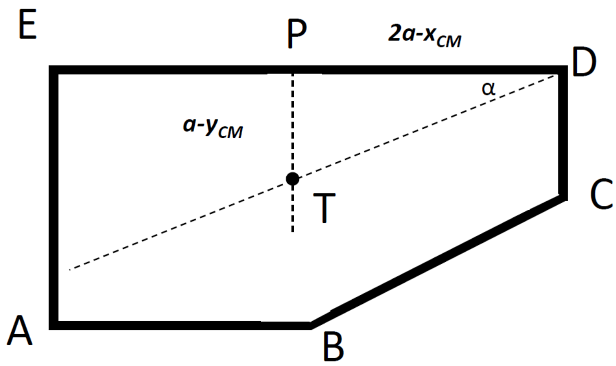
$$x_{cm} = \frac{19}{21}a\;; \quad y_{cm} = \frac{23}{42}a$$

Vidimo da se CM nalazi lijevo od polovine tijela ($x_{cm} < a$), iznad stranice AB kojom se tijelo naslanja na podlogu. To znači da ne postoji moment sile koji će htjeti nagnuti tijelo na brid BC. Tijelo je stabilno. **(2 boda)**

Kada tijelo ABCDE objesimo za točku D, vertikalno ispod tijela će se nalaziti centar mase. **(1 bod)**

Na slici možemo vidjeti trokut TDP kojem možemo izračunati duljine kateta. Dužina TD je u smjeru gravitacije a DP je istog smjera kao i DE. Traženi kut α možemo dobiti iz trigonometrije kuta: **(2 boda)**

$$\tan\alpha = \frac{a - y_{CM}}{2a - x_{CM}} \;\Rightarrow \alpha = 22.4°$$



Zadatak 3 (14 bodova)

Brzina vala na užetu dana je s $v = \sqrt{T/\mu}$ gdje je T napetost užeta a $\mu = m/L$ linearna gustoća užeta. **(2 boda)**

Ova formula ne vrijedi jer napetost užeta T ovisi o položaju užeta, tj. $T = T(x)$, no u zadatku uzimamo da je formula dobra aproksimacija. Uzmimo da je koordinata $x = 0$ na dnu užeta te $x = L$ na stropu. Tada na nekoj visini x promatramo dijelić užeta. Napetost tog dijela jednaka je masi užeta ispod njega koji ga napinje. Ispod njega se nalazi duljina x užeta, čija je masa $m_x = \mu x$. Stoga je $T = m_x g = \mu x g$. Brzina je tada dana s: **(4 boda)**

$$v = \sqrt{\frac{\mu x g}{\mu}} = \sqrt{gx}$$

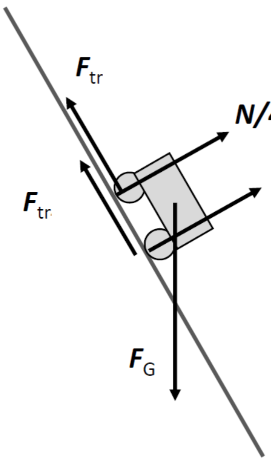
Primjetimo sličnost izrazu za jednoliko ubrzano gibanje: $v = \sqrt{2ax}$. **(4 boda)**
Vidimo da je gibanje brijega po užetu jednaku jednolikom ubrzanom gibanju uz zamjenu $2a = g$.

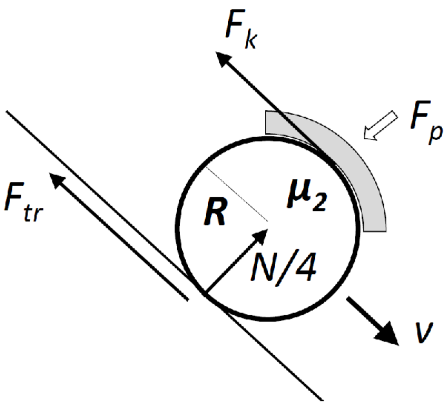
Duljina trajanja ukupnog putovanja vala, do stropa i natrag, jednaka je rješenju iz gibanja: **(2 boda)**

$$t = 2\sqrt{\frac{2L}{a}} = 2\sqrt{\frac{4L}{g}}$$

Rješenje je dakle $t = 2.86$ s. **(2 boda)**

Zadatak 4 (22 boda)





Skicirajmo prvo sile na kolica. Gravitacijska sila djeluje na centar mase cijelih kolica, dok otpor podloge N i sila trenja F_{tr} djeluju na svaki kotač pojedino. Ovdje smo odabrali da je ukupna sila trenja na kolica $4F_{tr}$, pa je na svakom kotaču F_{tr}. Isto tako, odabrali smo za otpor podloge drugačiji pristup, gdje je ukupni otpor podloge N, što znači da je na pojedini kotač $N/4$. Oba pristupa su valjana za obje vrste sila, dok je god dalje račun konzistentan. **(3 boda)**
Povežimo dalje rotaciju kotača i kočionu silu F_k sa gibanjem kolica i silom trenja F_{tr}. Za svaki pojedini kotač možemo raspisati sile koje djeluju na njega, kao na slici. Na slici je ucrtan i smjer gibanja cijelih kolica, v, koji ćemo koristiti kako bi odredili pozitivne smjerove gibanja i rotacije. Na kotač djeluju dvije sile koje uzrokuju rotaciju kotača, a to su F_k i F_{tr}. Sila otpora podloge $N/4$ prolazi kroz centar rotacije kotača, stoga ne uzrokuje moment. F_k pokušava okrenuti kotač suprotno od smjera v, pa ćemo taj moment uzeti s

negativnim predznakom. F_{tr} je stoga povezan s momentom pozitivnog predznaka. Veza pritisne sile i kočione je sila trenja kotača s kočionim tijelom: **(4 boda)**

$$F_{tr} = \mu_2 F_p$$

Silu trenja potrebnu da se kolica zaustave nakon prijeđenog puta $L_1 + L_2$ najlakše ćemo dobiti preko zakona očuvanja energije. Kolika spuštanjem niz kosinu gube gravitacijsko potencijalnu energiju koja se pretvara u kinetičku i troši kao rad trenja. S obzirom da kolica miruju na početku i na kraju, sva razlika u energiji je otišla na trenje kočenja, stoga: **(3 boda)**

$$E_{gp} = 4W_k$$

Za rad kočenja promotrimo put koji je tijelo prošlo i silu kočenja koja je djelovala na tom putu. S obzirom da je sila kočenja F_k djelovala na kotač, možemo promotriti kružni izraz za rad: **(3 boda)**

$$W = M_k \varphi = \mu_2 F_p \left(L_1 + L_2\right)$$

Drugi izraz je uvrštavanje ukupnog kuta kotača tokom gibanja, a to je upravo $\varphi = R\left(L_1 + L_2\right)$. **(2 boda)**

Pišemo zoe: **(2 boda)**

$$mg\left(L_1 \sin\alpha_1 + L_2 \sin\alpha_2\right) = 4\mu_2 F_p \left(L_1 + L_2\right)$$

Konačno: **(3 boda)**

$$F_p = \frac{mg}{4\mu_2} \frac{L_1 \sin\alpha_1 + L_2 \sin\alpha_2}{L_1 + L_2}$$

Dobivena pritisna sila je $F_p = 600$ N. **(2 boda)**

Napomena: ovaj zadatak se može riješiti i iz jednadžbe gibanja.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

On-line, 28.–29. travnja 2021.

Srednje škole - 4. skupina, rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ukoliko 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. Označimo s α_n kutove koji odgovaraju difrakcijskim maksimumima svjetlosti valne duljine λ, a s α'_n pripadne kutove koji odgovaraju svjetlosti valne duljine λ'. Ovi kutovi su određeni uvjetima

$$\begin{aligned} d\sin\alpha_n &= n\lambda, \\ d\sin\alpha'_m &= m\lambda'. \end{aligned} \qquad \text{[2 BODA]}$$

Iz uvjeta $\alpha_3 = \alpha'_2$ odmah možemo zaključiti kako se odnose valne duljine

$$3\lambda = 2\lambda' \quad \rightsquigarrow \quad \lambda' = \eta\lambda. \qquad \text{[2 BODA]}$$

Ovdje smo uveli pokratu $\eta = \lambda'/\lambda = 1.5$. U zadatku nam je zadan kut

$$\beta = \alpha_n - \alpha'_m.$$

za $n = 2$ i $m = 1$. Ove kutove možemo povezati i kombinirajući jednadžbe koje određuju difrakcijske maksimume

$$\frac{1}{n}\sin\alpha_n = \frac{1}{\eta m}\sin\alpha'_m. \qquad \text{[2 BODA]}$$

Ako uvrstimo $\alpha_n = \beta + \alpha'_m$, dolazimo do jednadžbe iz koje možemo odrediti kut α_n,

$$\operatorname{tg}\alpha'_m = \frac{\eta m \sin\beta}{n - \eta m\cos\beta}. \qquad \text{[3 BODA]}$$

Konkretno,

$$\alpha'_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{1.5\sin\beta}{2 - 1.5\cos\beta}\right) = 22.1^\circ. \qquad \text{[1 BOD]}$$

Sad možemo odmah odrediti i valne duljine svjetlosti

$$\lambda' = d\sin\alpha'_1 = 639.6\,\text{nm}, \quad \lambda = \frac{2}{3}\lambda' = 426.4\,\text{nm}. \qquad \text{[3 BODA]}$$

Prema tome, svi difrakcijski maksimumi se nalaze na kutovima

$$\begin{aligned} \alpha_1 = 14.5^\circ, \quad \alpha_2 = 30.1^\circ, \quad \alpha_3 = 48.8^\circ, \\ \alpha'_1 = 22.1^\circ, \quad \alpha'_2 = 48.8^\circ. \end{aligned} \qquad \text{[3 BODA]}$$

2. U sustavu S' pripadne gustoće naboja su

$$\lambda'_+ = f(v)\lambda_+, \quad \lambda'_- = \frac{\lambda_-}{f(v)} = -\frac{\lambda_+}{f(v)}, \qquad [4 \text{ BODA}]$$

jer se sada pozitivan pravac giba, a negativan miruje. Prema tome, električna sila na naboj je

$$F_\mathrm{e} = \frac{q\lambda_+}{2\pi\epsilon_0 d}\left[f(v) - \frac{1}{f(v)}\right] = \frac{q\lambda_+}{2\pi\epsilon_0 d}\frac{f(v)^2 - 1}{f(v)}. \qquad [4 \text{ BODA}]$$

S druge strane, struja u sustavu S' je

$$I' = \lambda'_+ v = \lambda_+ f(v) v, \qquad [2 \text{ BODA}]$$

i ona je uzrok magnetske sile na naboj q

$$F_\mathrm{m} = \frac{\mu_0 I'}{2\pi d}(qv) = \frac{\mu_0 q\lambda_+}{2\pi d} f(v) v^2. \qquad [4 \text{ BODA}]$$

Da se naboj ne bi udaljavao od vodiča, ove dvije sile moraju biti iste, ali suprotnog smjera, što je lako utvrditi da je ispunjeno koristeći pravilo desne ruke. [2 BODA]

Prema tome, kad izjednačimo sile, dobijemo traženi oblik funkcije $f(v)$

$$f(v)^2 - 1 = f(v)^2(\mu_0\epsilon_0 v^2) \quad \rightsquigarrow \quad f(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - \mu_0\epsilon_0 v^2}}. \qquad [4 \text{ BODA}]$$

Kako je $\mu_0\epsilon_0 = 1/c^2$, vidimo da se radi o Lorentzovom faktoru $f(v) = \gamma(v)$.

3. Bez ikakvih izbornih pravila, elektronski prijelazi se mogu dogoditi između bilo koja dva energijska stanja. Prema tome, ako je početno stanje $n = 5$, a konačno $m = 1$, mogući su sljedeći prijelazi, sveukupno njih osam

$$
\begin{gathered}
5 \to 1 \\
5 \to 2 \to 1, \quad 5 \to 3 \to 1, \quad 5 \to 4 \to 1 \\
5 \to 4 \to 3 \to 1, \quad 5 \to 4 \to 2 \to 1, \quad 5 \to 3 \to 2 \to 1 \\
5 \to 4 \to 3 \to 2 \to 1
\end{gathered}
$$

[4 BODA]

U ovim se prijelazima oslobađa sveukupno deset fotona različitih valnih duljina, a koje računamo po formuli

$$\lambda_{n\to m} = \frac{hc}{E_n - E_m} = \frac{hc}{E/n^2 - E/m^2} = \frac{n^2 m^2}{n^2 - m^2}\frac{hc}{-E}.$$

[4 BODA]

Dobivene vrijednosti za valne su

$$
\begin{gathered}
\lambda_{5\to1} = 95\,\text{nm}, \quad \lambda_{4\to1} = 98\,\text{nm}, \quad \lambda_{3\to1} = 103\,\text{nm}, \quad \lambda_{2\to1} = 122\,\text{nm}, \quad \lambda_{5\to2} = 435\,\text{nm}, \\
\lambda_{4\to2} = 488\,\text{nm}, \quad \lambda_{3\to2} = 658\,\text{nm}, \quad \lambda_{5\to3} = 1285\,\text{nm}, \quad \lambda_{4\to3} = 1880\,\text{nm}, \quad \lambda_{5\to4} = 4063\,\text{nm}.
\end{gathered}
$$

[10 BODOVA]

Ako nametnemo izborno pravilo da prijelazi elektrona moraju povezati stanja različite parnosti, moramo eliminirati prijelaze $5 \to 3$, $5 \to 1$, $4 \to 2$ i $3 \to 1$, a time i pripadne fotone. Dakle, u slučaju izbornog pravila možemo opaziti samo šest od početnih deset fotona, a koji su rezultati sljedećih triju prijelaza

$$5 \to 2 \to 1, \quad 5 \to 4 \to 1, \quad 5 \to 4 \to 3 \to 2 \to 1.$$

[2 BODA]

4. Masa radioaktivnog izotopa kalija u jednoj banani je

$$m' = m \times 0.00012 = 5.1 \times 10^{-8}\,\text{kg}. \qquad [3\ \text{BODA}]$$

Toj masi odgovara broj radioaktivnih jezgri

$$N = \frac{m'}{M} N_\text{A} = 7.68 \times 10^{17}. \qquad [3\ \text{BODA}]$$

Poznavajući vrijeme poluraspada, možemo odrediti aktivnost jedne banane

$$A = N \frac{\ln 2}{T} = 13.5\,\text{Bq}. \qquad [4\ \text{BODA}]$$

Prema tome, čovjek bi odjednom trebao pojesti

$$n = \frac{A_0}{A} = 3.7 \times 10^{7} \qquad [4\ \text{BODA}]$$

banana da osjeti posljedice radioaktivnosti.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. - 29. travanj 2021.

srednje škole - 1. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK
(30 bodova)

Pribor: Plastelin, mjerna vrpca (min 1,5 m), milimetarski papir, pikula (promjer oko 1,5 cm), obična olovka, gumica za brisanje, 2 ravnala od 40 cm, trokuti, kutomjer, dvije hrpe knjiga svaka hrpa visine 15 cm (može i nešto drugo visoko oko 15 cm), selotejp, uteg s kukicom 25 g (može i nešto drugo što se može objesiti npr. ključ), tanja špaga duljine 60 cm, rastavljena kemijska olovka, čavao dužine oko 8 cm.

Zadatak: Odbijanje pikule od nagnutog stola

Ispod nogu stola na jednoj strani staviti knjige čija je visina oko 15 cm tako da se dobije kosina. Umjesto knjiga mogu se staviti i neki drugi predmeti. Pošto su stolovi na kojima ćete raditi različitih duljina, a možda radite kod kuće, bitno je da nagib stola bude oko 8^o.

Pustiti pikulu s visine 40 cm iznad stola. Kada se odbije od stola mora ponovo pasti na stol (ne na pod ili negdje drugdje). Mjesto gdje pikula prvi put padne na stol ne smije biti prekriveno (s papirom ili s nečim drugim).

Iz mjerenja izračunati koliki je gubitak mehaničke energije nakon prvog odskoka u postocima.

Izračunati vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol.

Kolika je najviša visinu od stola koju dosegne pikula nakon odskoka?

Kolika je akceleracija pikule u najvišoj točki koju dosegne pikula nakon odskoka?

Napraviti račun pogreške.

Prikazati rezultate dobivene mjerenjem.

Opisati postupak mjerenja.

Želimo vam puno uspjeha u rješavanju.

Državno natjecanje 28.-29. travnja 2021.

Eksperimentalni zadatak – 2. razred

Određivanje mase olovke

Zadatak

Pomoću priloženog pribora treba odrediti masu olovke

Pribor:

- Čaša s vodom (gustoća vode je 1000 kg/m^3)
- Ravnalo s mjernom skalom
- Gumica za brisanje grafitne olovke
- Tanki konac za šivanje
- Obična grafitna olovka – nova

U sklopu zadatka je potrebno

1. Teorijski obrazložiti postupak mjerenja, izvesti odgovarajuće teorijske formule, definirati koje veličine i kako je potrebno mjeriti te skicirati postupak mjerenja (14 bodova)
2. Napraviti barem 5 mjerenja odgovarajućih veličina, te za svako mjerenje odrediti masu olovke i podatke prikazati tabelarno (10 bodova)
3. Napraviti račun pogreške (6 bodova)

Ukupno : 30 bodova

Državno natjecanje iz fizike

28. i 29. travanj 2021.

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Pribor: stalak, spojka, dulja šipka, nit konca, škare, ljepljiva traka, mjerna traka, zaporni sat, digitalna vaga, 5 utega mase 50 grama, milimetarski papir, ravnalo, pripremljena aluminijska cijev pravokutnog presjeka, nekoliko plastičnih vezica, plastična stega, spojni kutnik (L profil).

Zadatak:

Odredite položaje tijela nepoznatih masa zatvorenih u aluminijskoj cijevi pravokutnog presjeka i odredite mase tih tijela.

Primijenite nerazorne metode! Nije dozvoljeno otvaranje cijevi.

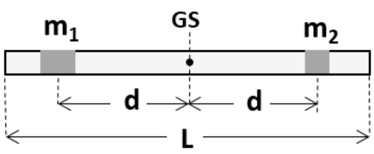
Upute:

Za aluminijsku cijev pravokutnog presjeka, duljine ***L*** oko 40 cm poznata je masa i ona iznosi:

m_0 = 115 g

Debljina stijenke cijevi je 1mm, međutim u rješenjima pretpostavite da se radi o tankim pločama!

Unutar cijevi koju ste dobili, skrivena su dva tijela nepoznatih masa (**m_1** i **m_2**), koja su jednako udaljena od geometrijskog središta cijevi (***d***). Dimenzije tijela su male, i može se pretpostaviti njihova simetričnost s obzirom na moguće osi rotacije. Tijela su unutar cijevi u danim položajima učvršćena.

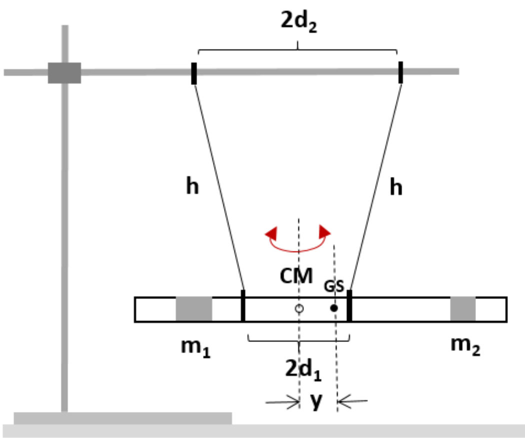


S vanjske strana cijevi nalaze se tri plastične vezice. Srednja vezica ima na sebi kukicu, koja je predviđena za vješanje utega. Masa vezice sa kukicom je manja od 1 grama i ne doprinosi mjerenjima. Vezice sa strane predviđene su za vezivanje konca u prvom dijelu zadatka koji vam slijedi. Konac vežete s gornje strane u odnosu na dio gdje je postavljena kukica. Mase su im oko 0,5 grama i također ih zanemarite. Krajevi cijevi zatvoreni su sa plastičnim čepovima, svaki mase 5 grama. Ni njihova masa ne bi trebala značajno utjecati na rezultate mjerenja. Čepovi su zalijepljeni na cijev! Cijev koristite tako kako je dobivena. Po potrebi pomičite vezice, ali ih ne bi trebalo skidati.

<u>Zadaci:</u>

1. dio

U prvom dijelu zadatka sastavite postav prema skici. Aluminijsku cijev ovjesite kao bifilarno njihalo i ramotrite torzione oscilacije cijevi. Niti pomoću kojih se cijev treba ovjesiti treba simetrično zavezati s obje strane centra mase, koje prethodno treba odrediti. Gornje krajeve niti zatim učvrstite pomoću vezica na šipku postavljenu na stativ, tako da možete mijenjati razmak između ovjesišta.



Kolika je udaljenost ***y*** između geometrijskog središta i centra mase?

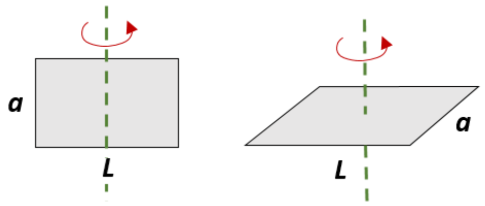
Period torzionih oscilacija bifilarnog njihala određen je izrazom:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Ih}{mgd_1d_2}}$$

Gdje je ***m*** ukupna masa (masa prazne cijevi i nepoznate mase): $\boldsymbol{m = m_0 + m_1 + m_2}$.
I je ukupni moment tromosti aluminijskog profila sa masama s obzirom na os koja prolazi okomito kroz centar mase.
Odredite periode za 5 različitih udaljenosti ovjesišta na šipki, $\boldsymbol{2d_2}$. Ostale veličine nakon što ste ih odabrali i izmjerili te zapisali rezultate mjerenja ne mijenjajte. Period iskažite u sekundama, udaljenost d_2 u centimetrima, masu u gramima. Preciznosti radi koristite cgs sustav mjernih jedinica. Sva mjerenja i rezultate izračuna prikažite tablično. Prikažite grafički ovisnost kvadrata perioda oscilacija o recipročnoj vrijednosti udaljenosti d_2, odnosno **graf** $\boldsymbol{T^2, 1/d_2}$.

Na osnovu mjerenja odredite **ukupni moment tromosti**. Napišite sve potrebne izraze koje koristite prilikom izračuna. Procijenite točnost svojih mjerenja.

Odredite **moment tromosti prazne aluminijske cijevi** (bez nepoznatih masa). Izvedite izraz pomoću kojeg ćete izračunati traženi moment tromosti.
Poznati su izrazi za momente tromosti tankih pravokutnih ploča za slučaj kad osi rotacije prolaze kroz njihova središta:



$I = \frac{1}{12}ML^2$ $\qquad$ $I = \frac{1}{12}M(L^2+a^2)$

Što sve doprinosi ukupnom momentu tromosti?

2. dio

Kako bi došli do potrebnih jednadžbi pomoću kojih ćete doći do traženih rješenja, u drugom dijelu zadatka aluminijsku cijev opteretite dodatnim (vanjskim) utezima $\boldsymbol{m_v}$ i uravnotežite s obzirom na odabrano okretište sustava. Za okretište koristite L profil koji se pomoću plastične stege učvršti uz rub stola. Dodatne mase mogu za vrijeme izvođenja mjerenja visiti preko ruba stola.

Opišite postupak izvedbe mjerenja, skicirajte postupak izvedbe mjerenja, iskažite primijenjene fizikalne zakonitosti, imenujte i označite sve veličine i primjenjenu zakonitost zapišite u matematičkom obliku.

Mjerenja prikažite tablično i grafički. Interpretirajte značenje grafa koji ćete nacrtati.

Kada ste izveli sva mjerenja postavite sustve jednadžbi, riješite ih na osnovu prethodnih mjerenja i odredite nepznate mase $\boldsymbol{m_1}$ i $\boldsymbol{m_2}$ te njihovu međusobnu udaljenost (***2d***).

Navedite nekoliko prametara koji uvjetuju točnost vaših mjerenja.

3. dio

Opišite (i pripadnim jednadžbama) kako biste riješili ovaj eksperimentalni zadatak, da niste u priboru dobili vagu.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. – 29. travnja 2021.

Srednje škole – 4. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Pribor:

- žlica za juhu
- lučica
- šibice
- škare
- A4 milimetarski papir
- A4 bijeli papir

Zadatak:

1. Odredite žarišnu daljinu udubljenog dijela žlice na dva različita eksperimentalna načina tako da:

I. napravite neposredna mjerenja primjenom subjektivnog određivanja oštrine slike na papirnoj traci postavljenoj u žarište i pri tome:
  a) nacrtate skicu refleksije zraka svjetlosti u žarištu za konkavno sferno zrcalo …… 2 boda
  b) ukratko opišete način rada …… 2 boda
  c) rezultate minimalno šest mjerenja prikažete tablično …… 3 boda
  d) za eksperimentalno dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka koji uključuje pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti, zapis točnog rezultata i relativnu maksimalnu pogrešku …… 4 boda
  e) kratko komentirate preciznost mjerenja i oblik žlice u odnosu na dobiveni rezultat …1 bod

II. napravite mjerenja na klasičan način s predmetom i slikom, uz uvjet da za predmet koristite plamen svijeće a sliku prikazujete na zaslonu od bijelog papira, ali radi kvalitetnijeg prikaza u eksperimentalnom setu pripremite mali zaslon, također od bijelog papira, s vrhom obrnutog oblika slova 'V', takvog oblika da ga, usmjerenog prema zastoru, pridržava tijelo lučice i pri tome:
  f) nacrtate konstrukciju slike za eksperimentalni primjer prema kojem ćete odrediti žarišnu duljinu i odredite narav slike …… 3 boda
  g) skicirate tlocrt eksperimentalnog seta s optičkom osi …… 2 boda
  h) ukratko opišete način rada …… 2 boda
  i) rezultate minimalno 8 mjerenja prikažete tablično …… 3 boda
  j) za računski dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka …… 4 boda

III. napravite sumarnu analizu dobivenih rezultata i pri tome:
  k) usporedite žarišne duljine dobivene I. i II. eksperimentalnim setom …… 2 boda
  l) usporedite relativne maksimalne pogreške i ukratko ih komentirate s naglaskom na utjecaj preciznosti mjerenja u eksperimentalnim setovima …… 2 boda

Napomena: pribor za crtanje nije dio propisanog pribora i s njim se mogu crtati konstrukcije slika, ali za mjerenja udaljenosti koristiti isključivo milimetarski papir!

Ukupno: ……………………………………………………………………………… **30 bodova**

Natjecateljima želimo uspješan rad!

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. - 29. travanj 2021.

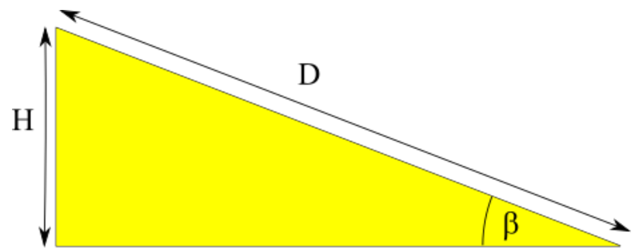
srednje škole - 1. grupa

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATAKA
(30 bodova)

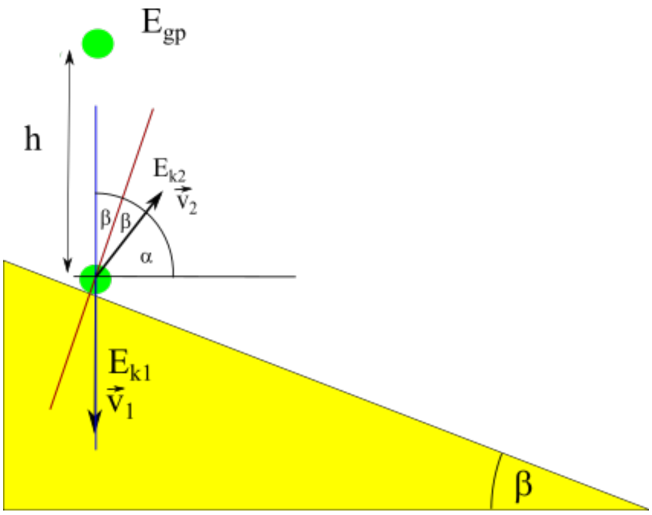
Opis mjerenja (4 boda)
Ovo je način kako sam ja zamislio mjerenje. Možda ćete vi naći drugačiji način koji je bolji od mojega.
Pomoću ravnala napraviti stalak tako da se ravnalo postavi vertikalno na stol pomoću plastelina. Donji dio ravnala treba postaviti okomito na kosinu stola. Treba voditi računa o tome da nula na ravnalu obično nije na početku ravnala. Obično je 0,5 cm od početka ravnala. To treba izmjeriti i uzeti u obzir pri mjerenju visine ispuštanja.
Pomoću selotejpa zalijepiti čavao kao pokazivač visine s koje puštamo pikulu.
Pomoću špage i utega napraviti visak i pomoću njega postaviti stalak da stoji vertikalno. Pomoću viska olovkom zacrtati mjesto gdje će pikula padati na stol. Ponekad tijekom mjerenja provjeriti da li stalak stoji vertikalno jer se može s vremenom nagnuti.
Pikulu nije lako ni precizno ispustiti iz ruke. Zato bi bilo dobro uzeti jednu cjevčicu od rastavljene kemijske olovke. Na vrh cjevčice može se staviti pikulu. Drži se cjevčica s pikulom tako da je donji kraj pikule na mjestu pokazivača (čavla). Zatim se cjevčica naglo potegne prema dolje, a pikula ostane u zraku i počne padati slobodnim padom.
Treba paziti da li pikula pada blizu crte na stolu.
Napravit nekoliko pokusnih ispuštanja da se vidi gdje će pikula pasti. Zalijepiti na stol milimetarski papir jer je tako lakše vizualno odrediti gdje je pikula pala.
Prilikom mjerenja na milimetarskom papiru označiti gdje je pikula pala. Drugim ravnalom izmjeriti udaljenost od mjesta gdje je pikula prvi puta udarila u stol do mjesta gdje je drugi puta udarila u stol. Napraviti nekoliko mjerenja radi izračuna pogreške mjerenja.

Nagib stola (1 bod)
Treba izmjeriti visinu početka stola i visinu kraja stola te duljinu stola.
Primjer:
Visina početka stola H_1 = 76 cm
Visina kraja stola H_2 = 93,5 cm
Razlika u visini stola H = 17,5 cm
Duljina stola D = 125 cm

$$sin\beta = \frac{H}{D} = 0{,}14$$
$$\beta = 8{,}05^o$$



Gubitak mehaničke energije (2 boda)
Iznad stola pikula ima gravitacijsku potencijalnu energiju:
$$E_{gp} = mgh$$
U stol će udariti brzinom v_1, odnosno imat će kinetičku energiju:
$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$
Kinetička energija E_{k1} biti će jednaka gravitacijskoj potencijalnoj energiji:
$$E_{k1} = E_{gp}$$
Od stola odbit će se brzinom v_2 i imat će kinetičku energiju u trenutku odbijanja:



$E_{k2} = \frac{1}{2} m v_2^2$

Gubitak mehaničke nergije η biti će:

$$\eta = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{E_{k1}}$$

$$\eta = \frac{mgh - \frac{1}{2} m v_2^2}{mgh}$$

$$\eta = 1 - \frac{v_2^2}{2gh}$$

Brzinu v_2 trebamo izračunati iz mjerenja.

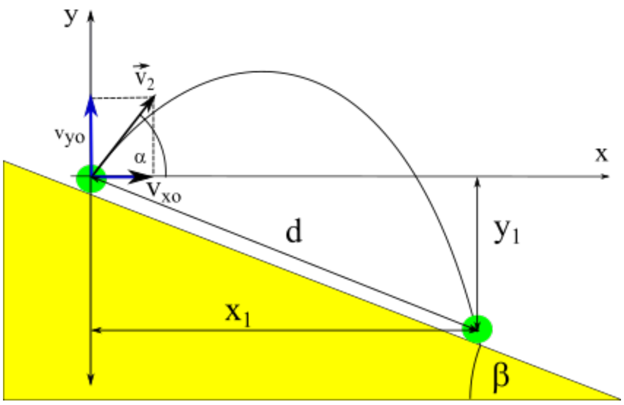
Kosi hitac

Pikula će pasti na stol pod kutom β s obzirom na normalu na stol. Pikula u trenutku odbijanja odbit će se pod kutom β s obzirom na normalu, ali s druge strane normale brzinom v_2.
Pikula će se gibati putanjom kosog hica. Smjer početne brzina v_2 s obzirom na horizontalu je α.
Iz primjera:

$$\alpha = 90 - 2\beta$$

$$\alpha = 73{,}9^o$$

(1 bod)



Brzinu v_2 rastavimo na komponente u horizontalnom v_{xo} i vertikalnom smjeru v_{yo}.

$$v_{xo} = v_2 \cos\alpha$$
$$v_{yo} = v_2 \sin\alpha$$

Gibanje možemo smatrati složenim gibanjem. U smjeru x gibanje će biti jednolik pravocrtno.

$$v_x = v_{xo}$$

Po vertikalnom smjeru gibanje će biti jednoliko pravocrtno prema gore brzinom v_{yo} i jednoliko ubrzano prema dolje akceleracijom g.

$$v_y = v_{yo} - gt$$

(1 bod)

Pomak pikule po x osi biti će:

$$x = v_{xo}t = v_2 t \cos\alpha$$

a po y osi:

$$y = v_{yo}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_2 t \sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2$$

(1 bod)

d je udaljenost između prvog i drugog odskoka pikule. Ta udaljenost se mjeri.
x_1 je udaljenost između prvog i drugog odskoka pikule po osi x, a y_1 po osi y.

$$x_1 = d\cos\beta$$
$$y_1 = -d\sin\beta$$
(2 boda)

$$x_1 = v_2 t_1 \cos\alpha$$
$$y_1 = v_2 t_1 \sin\alpha - \frac{1}{2} g t_1^2$$

t_1 je vrijeme između prvog i drugog odskoka.

$$t_1 = \frac{x_1}{v_2 \cos\alpha}$$

pa je:

$$y_1 = x_1 tg\alpha - \frac{g}{2} \frac{x_1^2}{v_2^2 \cos^2\alpha}$$

Odatle je brzina v_2:

$$v_2 = \sqrt{\frac{g}{2(x_1 tg\alpha - y_1)}} \frac{x_1}{\cos\alpha}$$

(2 boda)

Vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol

Vrijeme padanja od ispuštanja pikule od udara u stol t_p:

$$h = \frac{1}{2} g t_p^2$$
$$t_p = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Vrijeme između prvog i drugog udara pikule u stol:

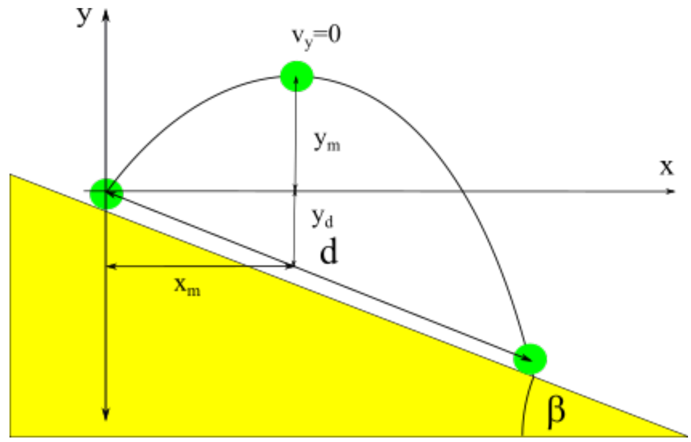
$$t_1 = \frac{x_1}{v_2 \cos\alpha}$$

Ukupno vrijeme:

$$t = t_p + t_1$$
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{x_1}{v_2 \cos\alpha}$$

(2 boda)

Najviša visinu od stola koju dosegne pikula nakon odskoka



U najvišoj točki nakon prvog odskoka komponenta brzine u y smjeru biti će nula:

$$v_y = 0$$
$$0 = v_{yo} - g t_m$$
$$t_m = \frac{v_{yo}}{g}$$

t_m je vrijem za koju pikula postigne maksimalnu visinu nakon prvog odskoka.
y_m je najviša visina od horizontalne osi.

$$y_m = v_{yo} t_m - \frac{1}{2} g t_m^2$$

$$y_m = \frac{1}{2} \frac{v_{yo}^2}{g}$$

$$y_m = \frac{1}{2} \frac{v_2^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

(1 bod)

y_d je udaljenost od horizontale do stola na mjestu najviše visine.

$$y_d = -x_m \tan \beta$$

x_m je udaljenost od udara pikule u stol do najviše visine po x osi.

$$x_m = v_2 t_m \cos \alpha$$

$$x_m = \frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha$$

(1 bod)

$$y_d = -\frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha \tan \beta$$

Najviša visina h_m biti će:

$$h_m = y_m + |y_d|$$

$$h_m = \frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \left(\frac{1}{2} \sin \alpha + \cos \alpha \tan \beta \right)$$

(1 bod)

Mjerenje i rezultati mjerenja

U tablici su prikazane izmjerene vrijednosti d između prvog i drugog odskoka te izračunate tražene vrijednosti.

	d/m	x_1/m	y_1/m	v_2/(m/s)	η	Δη	t/s	Δt/s	h_m/m	Δh_m/m
1	0,207	0,205	-0,029	1,90	53,9%	2,3%	0,673	0,010	0,184	0,009
2	0,192	0,190	-0,027	1,83	57,3%	1,0%	0,659	0,004	0,171	0,004
3	0,191	0,189	-0,027	1,83	57,5%	1,3%	0,658	0,005	0,170	0,005
4	0,186	0,184	-0,026	1,80	58,6%	2,4%	0,653	0,010	0,165	0,010
5	0,200	0,198	-0,028	1,87	55,5%	0,7%	0,667	0,003	0,178	0,003
6	0,197	0,195	-0,028	1,86	56,1%	0,1%	0,664	0,000	0,175	0,000
7	0,204	0,202	-0,029	1,89	54,6%	1,6%	0,670	0,007	0,181	0,006
				sred.vrij.	56,2%	sred.vrij.	0,663	sred.vrij.	0,175	
				rel. pog.	4,2%	rel. pog.	1,6%	rel. pog.	5,4%	

Mjerenje udaljenosti d (2 boda)
Preciznost mjerenja (2 bod)

Račun pogreške (2 boda)

Gubitak mehaničke energije:

$$\eta = (65{,}2 \pm 2{,}4)\%$$

relativna pogreška 4,2%.

Vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol:

$$t = (0{,}663 \pm 0{,}010)s$$

relativna pogreška 1,6%

Najviša visinu od stola koju dosegne pikula nakon odskoka:

$$h_m = (0{,}175 \pm 0{,}010)m$$

relativna pogreška 5,4%

Prikaz rezultata (2 boda)

Akceleracija pikule u najvišoj točki koju dosegne nakon odskoka:

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

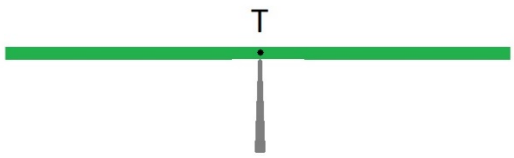
(2 boda)

Zaokruživanje na pouzdane znamenke (1 boda)

Državno natjecanje iz fizike, 28.-29. travnja 2021.

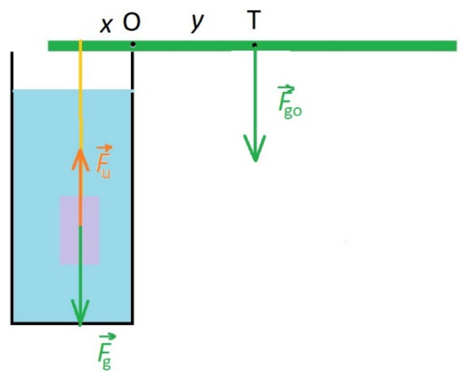
Rješenje eksperimentalnog zadatka – 2. razred, rješenje

Prvo jednostavnim pokusom odredimo i zabilježimo položaj težišta olovke T (odredimo gdje treba poduprijeti olovku da bude u ravnoteži na način kao što prikazuje slika 1.)



slika 1 (1 bod)

Zatim pomoću konca objesimo gumicu na olovku. Uravnotežimo olovku dok je gumica uronjena u vodu (slika 2), gdje na nju djeluje sila teža F_g i sila uzgona F_u. Pri tome kao oslonac služi rub čaše s vodom. Izmjerimo udaljenosti objesišta gumice x i težišta olovke y od oslonca O dok je olovka u ravnoteži.



slika 2 (2 boda)

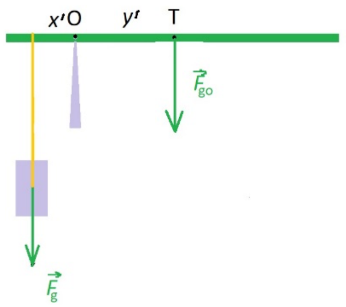
Prema zakonu poluge vrijedi:

$$(F_g - F_u)x = F_{go}y \implies (mg - \rho_v gV)x = m_o gy$$

Ovdje je $F_{go} = m_o g$ sila teža koja djeluje na olovku u njezinom težištu, ρ_v = 1000 kg/m^3 gustoća vode, g = 9,81 m/s^2 akceleracija slobodnog pada, m masa gumice, V je volumen gumice, a m_o masa olovke koju trebamo odrediti.

Sređivanjem, dobije se: $mx - \rho_v Vx = m_o y$ (1) (3 boda)

Budući da nam je i masa gumice m nepoznata, nju ćemo izraziti preko mase olovke uravnoteživanjem obješene gumice na olovku u zraku. Pri tome kao oslonac može poslužiti ravnalo koje pridržavamo jednom rukom (slika 3). Izmjerimo udaljenosti objesišta gumice x' i težišta štapa y' od oslonca O. Pomoću zakona poluge možemo izraziti masu gumice:



slika 3 (2 boda)

$F_g x' = F_{go} y' \quad \Longrightarrow \quad m = m_o \frac{y'}{x'}$ (2) (2 boda)

Povezivanjeme jednadžbi (1) i (2) konačno dobivamo:

$m_o = \frac{\rho_v V x x'}{y' x - y x'}$ (3 boda)

Volumen gumice *V* možemo odrediti uranjanjem gumice u vodu i mjerenjem koliko se razina vode podigne u čaši ili direktnim mjerenjem dimenzija gumice ako je pravilnog oblika. (1 bod)

Znači, mjerit ćemo *x*, *y*, *x*', *y*', i *V*, podatke prikazati tabelarno i pomoću zadnje jednadžbe odrediti masu olovke.

Tablica

Br. mj.	x / cm	y / cm	x' / cm	y' / cm	V / cm^3	m_0 / kg	Δm_o / kg

(10 bodova)

Srednja vrijednost: $\overline{m_o} =$ (1 bod)

Maksimalna apsolutna pogreška: $|\Delta m_{omax}| =$ (2 boda)

Relativna pogreška: $r = \frac{|\Delta m_{omax}|}{\overline{m_o}} \cdot 100\ \% =$ (1 bod)

Reztultat: $m_o = \overline{m_o} \pm |\Delta m_{omax}|$ (2 boda)

Državno natjecanje iz fizike
28. i 29. travanj 2021.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

1. dio

Udaljenost ***y*** između geometrijskog središta i centra mase određena je razlikom polovice duljine cijevi i izmjerene udaljenosti d_{cm} od kraja cijevi do centra mase. Izmjereno je:

d_{cm} = 17cm

Slijedi $y = \frac{L}{2} - d_{cm} = 20cm - 17cm \quad \Rightarrow$ **y = 3 cm** **1 bod**

Izmjerene su veličine:

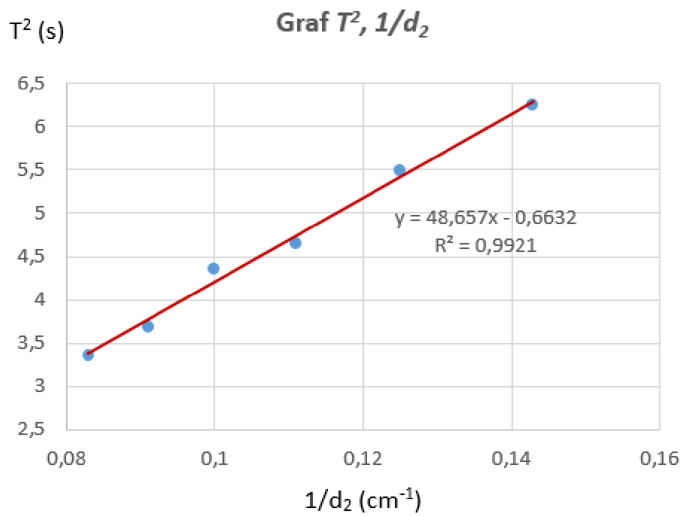
m = 248 g
h = 30 cm
d_1 = 12cm

Tražena mjerenja u prvom dijelu zadatka prikazana su tablično: **3 boda**

$2d_2$cm	N	t (s)	T (s)	T^2 (s^2)	d_2 (cm)	$1/d_2$ (cm^{-1})	T^2/d_2^{-1} (cms2)	I (gcm^2)
14	5	12,5	2,5	6,250	7	0,143	43,750	53977,09
16	5	11,72	2,344	5,494	8	0,125	43,955	54229,62
18	5	10,78	2,156	4,648	9	0,111	41,835	51614,46
20	5	10,44	2,088	4,360	10	0,100	43,597	53788,86
22	5	9,6	1,92	3,686	11	0,091	40,550	50029,54
24	5	9,16	1,832	3,356	12	0,083	40,275	49689,38

Period T je određen za 5 njihaja cijevi u horizontalnoj ravnini oko osi koja prolazi središtem mase i okomita je na cijev.

Grafički prikaz ovisnosti ***T^2, $1/d_2$*** :



Srednja vrijednost ukupnog momenta tromosti na osnovu mjerenja iznosi:

I = 52221,49 gcm²

Apsolutna maksimalna pogreška iznosi ΔI_m = 2191,9 kgm²
Relativna maksimalna pogreška je: r_m = 4%
Rezultat mjerenja možemo zapisati u obliku: I = (52221,5±2191,9) kgm² **2 boda**

Ukupni moment tromosti sastoji se od tri dijela: moment tromosti prazne aluminijske cijevi i momenti tromosti masa m_1 i m_2 s obzirom na os rotacije. **1 bod**

Moment tromosti prazne cijevi odredit će se tako da se odredi ukupni moment tromosti, a koji čine momenti tromosti 4 pravokutna profila (gornja i donja ploha, prednja i stražnja ploha cijevi). Profili su duljine 40 cm i širine 2 cm. Za gornju i donju plohu primjenjuje se izraz za slučaj kad os rotacije prolazi okomito kroz njihova središta (I_V), a za prednju i stražnju plohu (I_h) primijenit će se Steinerov poučak:

$$I_V = \frac{1}{12}M(L^2 + a^2) = \frac{1}{12}28{,}75g((40cm)^2 + (2cm)^2) = 3842{,}92\ gcm^2$$
$$I_h = \frac{1}{12}ML^2 + M\left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{1}{12}28{,}75g(40cm)^2 + 28{,}75g(1cm)^2 = 3862{,}08\ gcm^2$$ **2 boda**

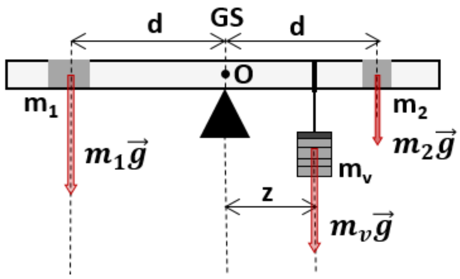
Masa svake plohe iznosi četvrtinu mase prazne aluminijske cijevi: $M = \frac{1}{4}m_0 = 28{,}75g$

Moment tromosti prazne aluminijske cijevi iznosi:

$\boldsymbol{I_0} = 2I_V + 2I_h$ = **15410 gcm²** **1 bod**

2. dio

Odabere li se kao okretište (O) geometrijsko središte cijevi, težina cijevi ne doprinosi ukupnom momentu sila.



2 boda

Ravnoteža sustava se postiže tako da se pomiče vanjsko opterećenje (masa) duž cijevi tako dugo dok nije postignuta ravnoteža.
Jedan od uvjeta ravnoteže jest da je zbroj svih momenata sila jednak nuli. U ovom slučaju djelovanja su silom teže na masu m_1 i m_2 i na masu m_v. Zbroj momenata tih sila mora biti jednak nuli:

$$m_1 g \cdot d - m_v g \cdot z - m_2 g \cdot d = 0$$

odnosno

$$m_1 d - m_v z - m_2 d = 0$$

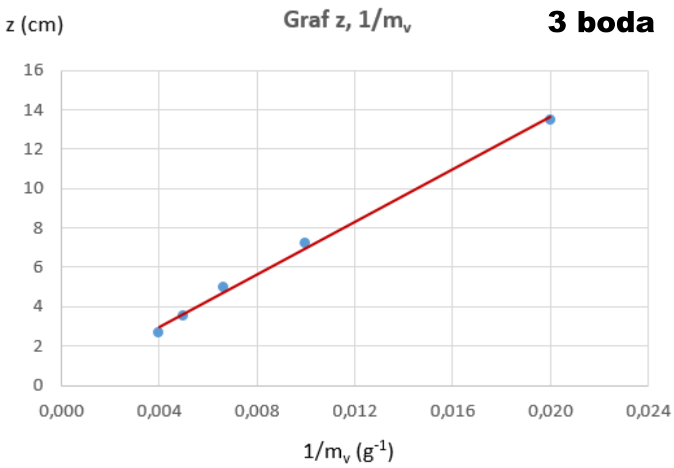
z je udaljenost ovjesišta vanjske mase od okretišta.

Slijedi da je $z = (\boldsymbol{m_1} - \boldsymbol{m_2})\boldsymbol{d} \cdot \frac{1}{m_v}$ **1 bod**

Eksperimentalni podaci prikazani tablično i graf z, $1/m_v$:

m_v (g)	$1/m_v$ (g^{-1})	z (cm)	nagib
50	0,020	13,5	675
100	0,010	7,2	720
150	0,007	5	750
200	0,005	3,5	700
250	0,004	2,7	675

3 boda



Nagib pravca određuje umnožak razlika nepoznatih masa i njihove udaljenosti od geometriskog središta:

$$(\boldsymbol{m_1} - \boldsymbol{m_2})\boldsymbol{d} = \boldsymbol{704gcm}$$ **1 bod**

Ukupni moment tromosti jednak je:

$I = I_0 + I_1 + I_2$

$I = I_0 + m_1(d-y)^2 + m_2(d+y)^2$ **1 bod**

$I = I_0 + (m_1+m_2)d^2 - 2y(\boldsymbol{m_1} - \boldsymbol{m_2})\boldsymbol{d} + (m_1+m_2)y^2$

$(m_1+m_2)d^2 - 2y(\boldsymbol{m_1} - \boldsymbol{m_2})\boldsymbol{d} + (m_1+m_2)y^2 + I_0 - I = 0$

m_1+m_2 *= m-m_0 = 248g-115g =* ***133g*** **1 bod**

$133g \cdot d^2 - 6cm \cdot 704gcm + 133g \cdot (3cm)^2 + 15410\ gcm^2 - 52221{,}49gcm^2 = 0$

$133g \cdot d^2 = 4224gcm^2 - 1197gcm^2 + 36811{,}49\ gcm^2$

$133g \cdot d^2 = 39838{,}49gcm^2$

$d^2 = 299{,}54cm^2$

$\boldsymbol{d = 17,3cm}$ **1 bod**

$(m_1 - m_2)d = 704gcm \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{m_1 - m_2 = 40,69g}$

$\boldsymbol{m_1 + m_2 = 133g}$

Rješavanjem sustava jednadžbi s dvije nepoznanice slijedi:

$\boldsymbol{m_1 = 86,8g}$ **1 bod**

$\boldsymbol{m_2 = 46,2g}$ **1 bod**

Izvagane mase su 87 g i 39 g.

Međusobna udaljenost masa iznosi 34,6 cm (postavljane su na udaljenostima 32 cm). **1 bod**

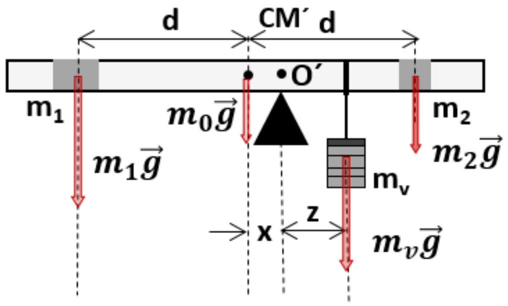
Točnost mjerenja ovisi o nizu faktora. Neki od njih su: **1 bod**

- nepoznate mase nisu točkaste, zauzimaju dio prostora unutar cijevi
- unutrašnjost cijevi ispunjena je sa 3 dijela oblikovanog ˝stirodua˝ ukupne mase3 grama. On je jednoliko raspoređen i učvršćuje položaj nepoznatih masa u kombinaciji sa čepovima na kraju cijevi. Postoji minimalna mogućnost pomicanja masa.
- Pri mjerenjima kod torzionih oscilacija, ukoliko nisu dobro namještene niti vrlo lako dođe do manjih oscilacija cijevi i u vertikalnoj ravnini…
- …

3. dio

Kad ne bi imali vagu, masu bi trebali odrediti eksperimentalno. Izvela bi se mjerenja kod koje bi vanjske mase koje vješamo na cijev postavljali na odabranu udaljenost u odnosu na geometrijsko središte cijevi i tijekom dodavanja masa ovjesište se ne bi pomicalo. Cijev bi uravnotežili tako da bo tražili točku okretišta koja je centar mase sustava.

2 boda



1bod

U ovom slučaju na ukupni moment sila utječe i težina cijevi:

$$m_1 g \cdot (d + x) - m_v g \cdot z - m_2 g \cdot (d - x) + m_0 g \cdot x = 0$$ **1bod**

$$m_1(d + x) - m_v z - m_2(d - x) + m_0 x = 0$$

$$(m_1 + m_2 + m_0)x = m_v z - (m_1 - m_2)d$$

$$m \cdot x = m_v z - (m_1 - m_2)d$$

$$x = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{m}} \cdot m_v z - \frac{(m_1 - m_2)d}{m}$$ **2boda**

Na osnovu mjernih podataka mogao bi se nacrtati graf ovisnosti udaljenosti x između geometrijskog i središta i centra mase o umnošku vanjske mase i udaljenosti između okretišta i ovjesišta te se odredio nagib dobivenog pravca, a koji odgovara recipročnoj vrijednosti ukupne mase m. Otuda bi dobili ukupnu masu.

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. – 29. travnja 2021.

Srednje škole – 4. grupa

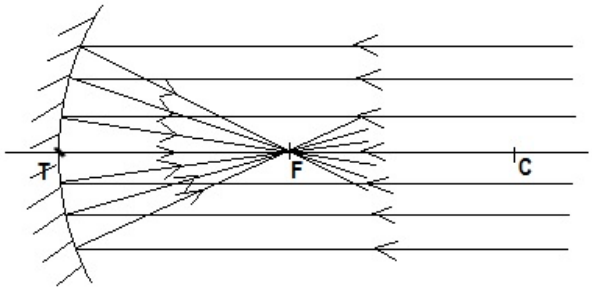
EKSPERIMENTALNI ZADATAK - RJEŠENJE

Zadatak:

1. Odredite žarišnu daljinu udubljenog dijela žlice na dva različita eksperimentalna načina tako da:

I. napravite neposredna mjerenja primjenom subjektivnog određivanja oštrine slike na papirnoj traci postavljenoj u žarište i pri tome:

a) nacrtate skicu refleksije zraka svjetlosti u žarištu za konkavno sferno zrcalo …… 2 boda



Slika 1. Konstrukcija slike za žarište konkavnog sfernog zrcala
/1 bod za označene točke T i F; 1 bod za prikazan put zraka svjetlosti/

b) ukratko opišete način rada …… 2 boda

- Od bijelog papira izreže se traka (do 1 cm širine i 6 cm duljine, kako se ne bi savijala kod držanja).
- Na stol se prvo postavi milimetarski papir A4 veličine, zatim se u jednoj ruci drži žlica (preporuka je držati žlicu tako da joj je ručka paralelno s podlogom) prema izvoru svjetlosti (to može biti prirodna svjetlost od prozora ili svjetlost lučice) a u drugoj ruci papirna traka koja se približava i udaljava od žlice dok opažani uzorak svjetlosti ne bude izoštren.
- Tada se traka pažljivo spusti na milimetarski papir s točnim položajem ruba trake u odnosu na ravninu u kojoj je subjektivno opažena najoštrija slika; također se i žlica spusti s druge strane trake i pomoću oznaka na milimetarskom papiru dobije se udaljenost od trake do ruba žlice (a).
- Vrijednost udubljenog dijela žlice može se postići viziranjem iznad žlice prema milimetarskom papiru ili tako da se uz ispupčeni dio žlice spusti olovka te se određuje udaljenost od ruba žlice do olovke (b).
- Zbrajanjem ove dvije vrijednosti (a+b) dobije se ukupna udaljenost koja predstavlja žarišnu daljinu.

/1 bod za povezivanje žarišta konkvanog dijela žlice s oštrinom slike, 1 bod za opis mjerenja – priznaju se i druga alternativna rješenja koja nisu obuhvaćena gornjim opisom, a odnose se na primjenu i korištenje propisane opreme/

c) rezultate minimalno šest mjerenja prikažete tablično …… 3 boda

- Tablica je jednostavna i sadrži: redni broj mjerenja i žarišni daljinu, a zbog potreba računa slučajnih pogrešaka moguće je odmah pregledno dodati i stupac s odstupanjem pojedinačnog mjerenja od srednje vrijednosti.

/1 bod za organizaciju tablice, 1 bod za mjernu jedinicu, 1 bod za minimalan broj mjerenja/

d) za eksperimentalno dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka koji uključuje pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti, zapis točnog rezultata i relativnu maksimalnu pogrešku …… 4 boda

Računom slučajnih pogrešaka procjenjujemo točnost kojom smo izmjerili određenu veličinu, pri čemu određujemo:

- aritmetičku sredinu ili srednju vrijednost svih pojedinih mjerenja:

$$\bar{f} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f_i \quad \text{(mjerna jedinica)} \qquad (1)$$

- odstupanja pojedinačnog mjerenja od srednje vrijednosti:

$$\Delta f_i = (\, f_i - \bar{f}\,) \quad \text{(mjerna jedinica)} \qquad (2)$$

- apsolutnu vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja:

$$|\,\Delta f_{i\,max}\,| \quad \text{(mjerna jedinica)} \qquad (3)$$

- zapis točnog rezultata:

$$f = (\,\bar{f} \pm |\,\Delta f_{i\,max}\,|\,) \quad \text{(mjerna jedinica)} \qquad (4)$$

- relativnu maksimalnu pogrešku koju najčešće izražavamo u postocima:

$$r_m = \left(\frac{|\,\Delta f_{i\,max}\,|}{\bar{f}} \cdot 100 \right) \% \qquad (5)$$

/po 1 bod za srednju vrijednost, maksimalno odstupanje, zapis točnog rezultata i maksimalnu relativnu pogrešku – ukupno 4 boda/

e) kratko komentirate preciznost mjerenja i oblik žlice u odnosu na dobiveni rezultat …… 1 bod

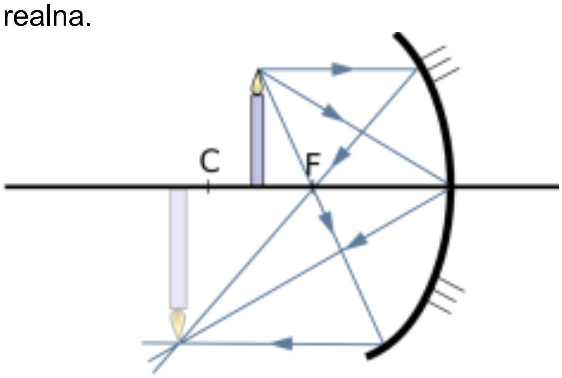
- Obzirom da žlica ima dvije reflektirajuće površine, razlikujemo udubljenu ili konkavnu i ispupčenu ili konveksnu stranu žlice, pri čemu u našim mjerenjima uzimamo žarišnu daljinu najvećeg udubljenja.
- U komentaru treba povezati način preciznog određivanja položaja žarišta pomoću izoštrene slike na zaslonu (papirnoj traci) s načinom mjerenja same žarišne daljine pomoću milimetarskog papira za udubljeni (konkavni) dio žlice.

/1 bod za komentar preciznosti mjerenja prema kojem je vidljivo da se radi o stečenom eksperimentalnom iskustvu; 1 bod za komentar koji povezuje oblik žlice i metodu određivanja žarišta i žarišne daljine/

II. napravite mjerenja na klasičan način s predmetom i slikom, uz uvjet da za predmet koristite plamen svijeće a sliku prikazujete na zaslonu od bijelog papira, ali radi kvalitetnijeg prikaza u eksperimentalnom setu pripremite mali zaslon, također od bijelog papira, s vrhom obrnutog oblika slova 'V', takvog oblika da ga, usmjerenog prema zastoru, pridržava tijelo lučice i pri tome:

f) nacrtate konstrukciju slike za eksperimentalni primjer prema kojem ćete odrediti žarišnu duljinu i odredite narav slike …… 3 boda

- Zbog veličine žlice jasno je da će na zastoru biti moguće dobiti izoštrenu sliku plamena svijeće samo ako se izvor svjetlosti, lučica, nalazi između središta zakrivljenosti i žarišne duljine konkavne strane žlice, a zastor iza (Slika 2). Narav slike je za taj primjer: obrnuta, uvećana i realna.



Slika 2. Dobivanje slike kod konkavnog sfernog zrcala kada se predmet nalazi između C i F
/1 bod za točno prikazane optičku os, sferno zrcalo, točke C i F i točno prikazane položaje predmeta i slike; 1 bod za točno nacrtan put dviju od tri karakteristične zrake; 1 bod za točno napisanu narav slike/

g) skicirate tlocrt eksperimentalnog seta s optičkom osi …… 2 boda

- Tlocrt treba jasno sadržavati redom: zaslon, mali zaslon i lučicu te žlicu kao konkavno sferno zrcalo (1 bod). Obzirom na algebarski izraz jednadžbe konjugacije za sferno zrcalo, na tlocrtu bi trebale biti prikazane i odgovarajuće oznake za udaljenosti predmeta i slike od tjemena konkavnog sfernog zrcala (1 bod) – ove se vrijednosti mogu označiti i na Slici 2, ili napisati riječima na što se odnosi pojedina veličina u jednadžbi konjugacije, pri čemu je prikaz na skici zorniji.

h) ukratko opišete način rada …… 2 boda

- Kod planiranja eksperimentalnog seta treba uzeti u obzir napomenu navedenu na kraju zadatka – da pribor za crtanje nije dio propisanog pribora - te se mjerenja isključivo rade pomoću milimetarskog papira.
- Zatim treba odrediti položaj lučice u odnosu na zaslon; zaslon pripremiti tako da se izreže pravokutan ili kvadratičan manji oblik iz A4 bijelog papira.
- Radi veće preciznosti mjerenja i lakšeg određivanja okomitog položaja zaslona u odnosu na žlicu, na milimetarskom papiru dobro je unaprijed označiti pravac koji će predstavljati optičku os.
- Na optičkoj osi dobro je označiti okomiti pravac koji će predstavljati središte lučice, koju se zatim viziranjem postavlja na tako dobivenu oznaku 'x' točno na sredinu i kasnije se ne pomiče za vrijeme mjerenja.
- Nakon što se upali lučica, s jedne se njezine strane okomito na optičku os i okomito na ravninu milimetarskog papira u ruci drži zaslon, a s druge strane žlica, pri čemu se vodi računa o već dobivenoj žarišnoj daljini, tako da se plamen lučice doista nađe između središta zakrivljenosti i žarišta konkavne strane žlice.
- Pomicanjem zaslona odredi se položaj najoštrije slike i zatim se, kao i kod prvih mjerenja, pažljivo zaslon odloži na milimetarski papir tako da je donji rub sada na istoj udaljenosti na kojoj je bio cijeli zaslon, kao i rub žlice s druge strane lučice. Nakon toga se pristupi mjerenju, pri čemu se koristi raspodjela na milimetarskom papiru, a rezultat se može izraziti s točnošću do 1 mm. Pri tom se može koristiti već u prvom dijelu određena udaljenost od ruba do tjemena žlice.
- Obzirom na dnevne uvjete rasvjete, obrnuti plamen svijeće na zaslonu lakše će biti vidljiv ako se od preostalog bijelog papira izreže još jedna traka širine od 1,5 do 2,0 cm i dovoljne duljine da jedan njezin kraj bude u visini plamena, a drugi ispod lučice koja će pridržavati oblik slova L tijekom mjerenja. Na tako dobivenoj traci bijelog papira na jednoj se strani škarama napravi vrh šiljatog trokuta, tj. obrnuti oblik slova 'V' – to će biti oblik koji će zakloniti izravno plamen svijeće prema zaslonu i omogućiti kvalitetnije opažanje slike. Druga strana se savije pod pravim kutom i postavlja ispod lučice.
- Priznaju se i alternativne inačice eksperimentalnog seta i načina vršenja mjerenja, uz korištenje samo propisanog pribora.
- Pri postavljanju zaslona i žlice treba voditi računa o blizini plamena lučice; potrebno je strpljivo tražiti najpovoljniji međusobni položaj zaslona i žlice prema oštrini obrnute slike plamena i zatim pažljivo nastojati odložiti i zaslon i žlicu radi što veće preciznosti kod određivanja udaljenosti, što će biti vidljivo u maksimalnom odstupanju i relativnoj maksimalnoj pogrešci.

  /1 bod se odnosi na kratak opis pripreme zaslona i malog zaslona prema navodu u zadatku pod II.; 1 bod se odnosi na način određivanja udaljenosti predmeta i slike/.

i) rezultate minimalno 8 mjerenja prikažete tablično …… 3 boda

Primjer tabličnog prikaza:

Tablica 2. Tablični prikaz rezultata određivanja žarišne duljine konkavnog dijela žlice

Redni broj mjerenja:	x (cm)	x' (cm)	f_i (cm)	$\Delta f_i = (f_i - \overline{f})$ /(cm)
1.				
…				
8.				

/Bodovanje je isto kao i pod c):

1 bod za organizaciju tablice, 1 bod za mjerne jedinice, 1 bod za minimalan broj mjerenja/

j) za računski dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka …… 4 boda

- Žarišnu daljinu računa se primjenom jednadžbe konjugacije:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \qquad (6)$$

gdje je (a) udaljenost predmeta od tjemena i (b) udaljenost slike od tjemena konkavnog sfernog zrcala.

- Kao što je navedeno pod d) relacijama od (1) do (5), potrebno je odrediti, pazeći u zapisu rezultata na odgovarajuće mjerne jedinice, srednju vrijednost žarišne daljine (1 bod), pojedinačna odstupanja i zatim apsolutnu vrijednost maksimalnog odstupanja od srednje vrijednosti (1 bod), relativnu maksimalnu pogrešku (1 bod) i zapisati točan rezultat (1 bod).

III. napravite sumarnu analizu dobivenih rezultata i pri tome:

k) usporedite žarišne duljine dobivene I. i II. eksperimentalnim setom …… 2 boda

- Svaki eksperimentalni rad treba imati sumarnu analizu. Ovdje se očekuje jasno navođenje oba rezultata (1 bod) i zatim njihova usporedba s kratkim komentarom o tome koliko su slične ili različite rezultate dale dvije neovisne eksperimentalne metode (1 bod)

l) usporedite relativne maksimalne pogreške i ukratko ih komentirate s naglaskom na utjecaj preciznosti mjerenja u eksperimentalnim setovima …… 2 boda

- Preciznost mjerenja objektivno možemo povezati s relativnim maksimalnim pogreškama, ali i sa apsolutnom vrijednošću najvećeg odstupanja. Potrebno je usporediti obje dobivene relativne maksimalne pogreške, što je moguće napraviti tako da se navedu oba iznosa i zatim algebarski izračuna njihova razlika ili samo komentira (1 bod) uz kratak i jasan osvrt na preciznost obje eksperimentalne metode u odnosu na dobivene vrijednosti pogrešaka (1 bod).

Napomena: pribor za crtanje nije dio propisanog pribora i s njim se mogu crtati konstrukcije slika, ali za mjerenja udaljenosti koristiti isključivo milimetarski papir!

Ukupno: ……………………………………………………………………………… **30 bodova**