

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° .

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.

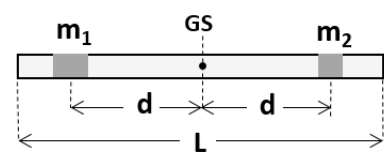
Upute:

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

$$m_0 = 115 \text{ g}$$

Debljina stijenke cijevi je 1 mm, 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.

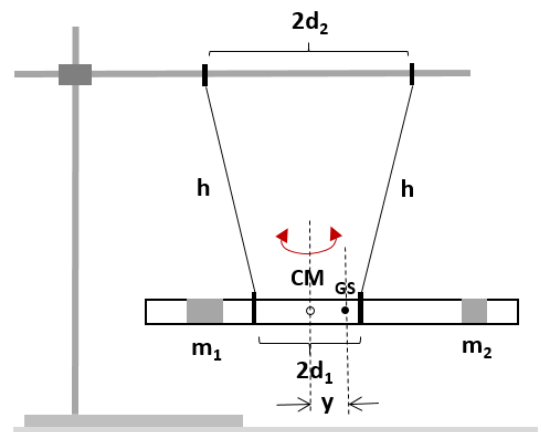


S vanjske strana cijevi nalaze se tri plastične vezice. Srednja vezica ima na sebi kukicu, koja je predviđena za vješanje utega. Masa vezice sa kukicom je manja od 1 grama i ne doprinosi mjerenjima. Vezice sa strane predviđene su za vezivanje konca u prvom dijelu zadatka koji vam slijedi. Konac vežete 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.

Zadaci:

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): $m = m_0 + m_1 + m_2$.

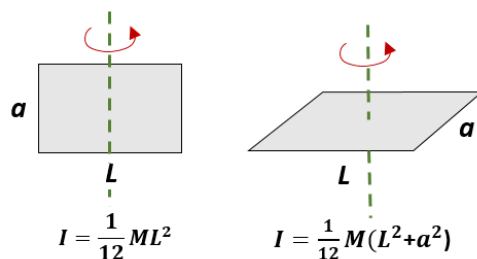
I je ukupni moment tromosti aluminijskog profila sa masama m_1 i m_2 s obzirom na os koja prolazi okomito kroz centar mase.

Odredite periode za 5 različitih udaljenosti ovjesišta na šipki, $2d_2$. 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 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:



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 m_v i uravnotežite s obzirom na odabrano okretište sustava. Za okretište koristite L profil koji se pomoću plastične stege učvrsti 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 primijenjenu 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 m_1 i 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 oštine 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 prikazete 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 prikazete 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 mogega.

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

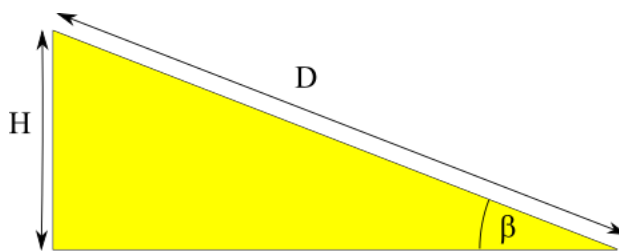
Visina kraja stola $H_2 = 93,5$ cm

Razlika u visini stola $H = 17,5$ cm

Duljina stola $D = 125$ cm

$$\sin\beta = \frac{H}{D} = 0,14$$

$$\beta = 8,05^\circ$$



Gubitak mehaničke energije (2 boda)

Iznad stola pikula ima gravitacijsku potencijalnu energiju:

$$E_{gp} = mgh$$

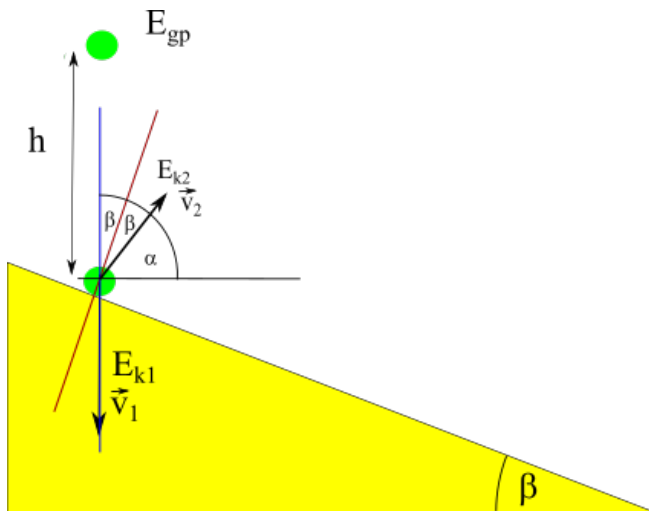
U stol će udariti brzinom v_1 , odnosno imat će kinetičku energiju:

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

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:



$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2$$

Gubitak mehaničke energije η biti će:

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

$$\eta = \frac{mgh - \frac{1}{2}mv_2^2}{mgh}$$

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

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 .

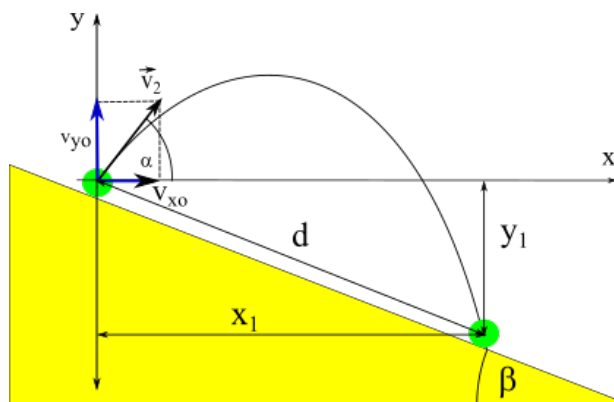
Pikula će se gibati putanjom kosog hica. Smjer početne brzina v_2 s obzirom na horizontalu je α .

Iz primjera:

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

$$\alpha = 73,9^\circ$$

(1 bod)



Brzinu v_2 rastavimo na komponente u horizontalnom v_{x0} i vertikalnom smjeru v_{y0} .

$$v_{x0} = v_2 \cos \alpha$$

$$v_{y0} = v_2 \sin \alpha$$

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

$$v_x = v_{x0}$$

Po vertikalnom smjeru gibanje će biti jednoliko pravocrtno prema gore brzinom v_{y0} i jednoliko ubrzano prema dolje akceleracijom g .

$$v_y = v_{y0} - gt$$

(1 bod)

Pomak pikule po x osi biti će:

$$x = v_{x0}t = v_2t \cos \alpha$$

a po y osi:

$$y = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_2t \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2$$

(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:

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

Odatle je brzina v_2 :

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

(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:

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

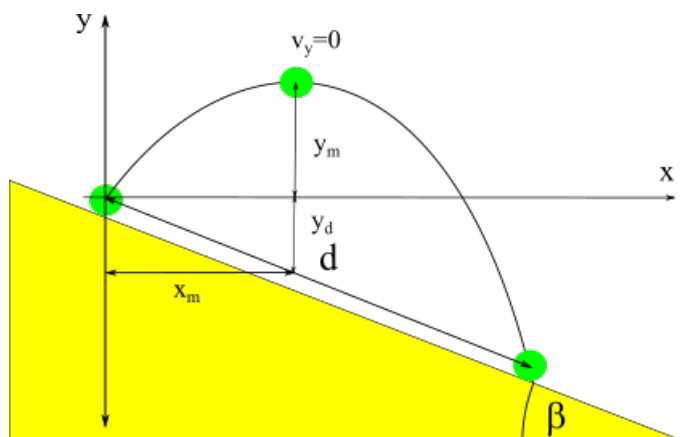
Ukupno vrijeme:

$$t = t_p + t_1$$

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

(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:

$$v_y = 0$$

$$0 = v_{y0} - g t_m$$

$$t_m = \frac{v_{y0}}{g}$$

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

$$y_m = v_{y0} t_m - \frac{1}{2} g t_m^2$$

$$y_m = \frac{1}{2} \frac{v_{y0}^2}{g}$$

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

(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	$\Delta\eta$	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:

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

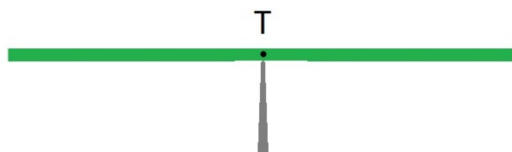
(2 boda)

Zakruživanje na pouzdane znamenke (1 boda)

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

Rješenje eksperimentalnog zadatka – 2. razred, rješenje

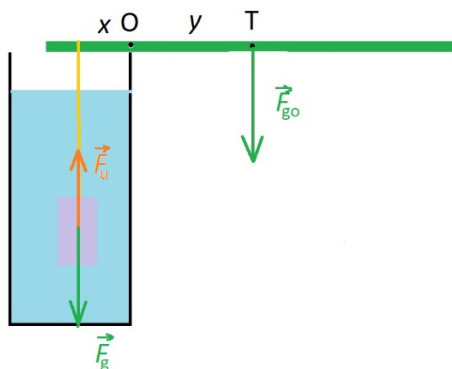
Prvo jednostavnim pokusom odredimo i zabilježimo položaj težišta olovke T (odredimo gdje treba poduprijeti olovku da bude u ravnoteži na način kao što prikazuje slika 1.)



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)

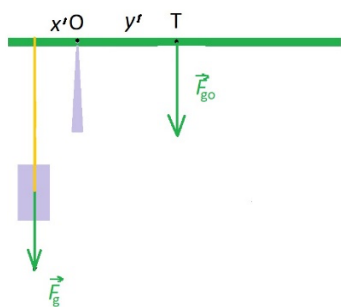
Prema zakonu poluge vrijedi:

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

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

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

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)

$$F_g x' = F_{g0} y' \Rightarrow m = m_0 \frac{y'}{x'} \quad (2)$$

(2 boda)

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

$$m_0 = \frac{\rho_v V x x'}{y' x - y x'} \quad (3 \text{ boda})$$

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_0 / kg

(10 bodova)

Srednja vrijednost: $\overline{m_0} =$

(1 bod)

Maksimalna apsolutna pogreška: $|\Delta m_{0\max}| =$

(2 boda)

Relativna pogreška: $r = \frac{|\Delta m_{0\max}|}{\overline{m_0}} \cdot 100 \% =$

(1 bod)

Rezultat: $m_0 = \overline{m_0} \pm |\Delta m_{0\max}|$

(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:

$d_{cm} = 17\text{cm}$

Slijedi $y = \frac{L}{2} - d_{cm} = 20\text{cm} - 17\text{cm} \Rightarrow y = 3\text{ cm}$

1 bod

Izmjerene su veličine:

$m = 248\text{ g}$

$h = 30\text{ cm}$

$d_1 = 12\text{cm}$

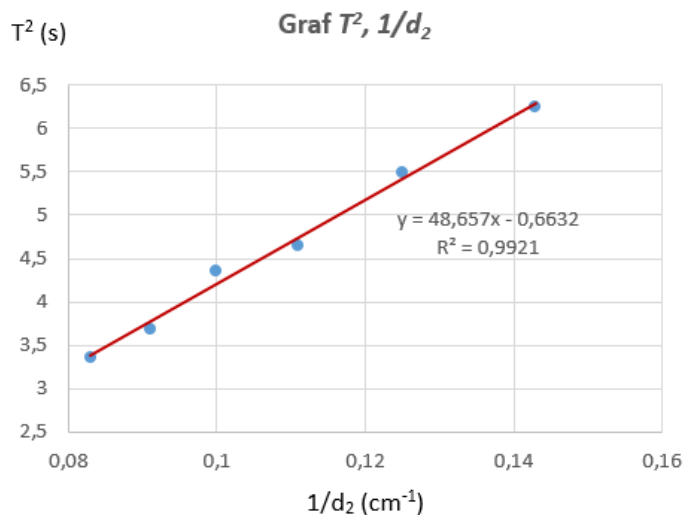
Tražena mjerenja u prvom dijelu zadatka prikazana su tablično:

3 boda

$2d_2\text{cm}$	N	t (s)	T (s)	$T^2 (\text{s}^2)$	$d_2 (\text{cm})$	$1/d_2 (\text{cm}^{-1})$	$T^2/d_2^{-1} (\text{cms}^2)$	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:

$$I = 52221,49 \text{ gcm}^2$$

Apsolutna maksimalna pogreška iznosi

$$\Delta I_m = 2191,9 \text{ kgm}^2$$

Relativna maksimalna pogreška je:

$$r_m = 4\%$$

Rezultat mjerenja možemo zapisati u obliku:

$$I = (52221,5 \pm 2191,9) \text{ kgm}^2$$

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:

$$I_V = \frac{1}{12} M(L^2 + a^2) = \frac{1}{12} 28,75g((40\text{cm})^2 + (2\text{cm})^2) = 3842,92 \text{ gcm}^2$$

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

2 boda

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

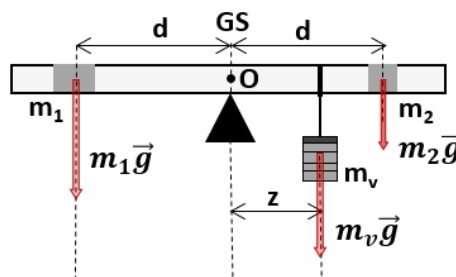
Moment tromosti prazne aluminijske cijevi iznosi:

$$I_0 = 2I_V + 2I_h = 15410 \text{ gcm}^2$$

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.

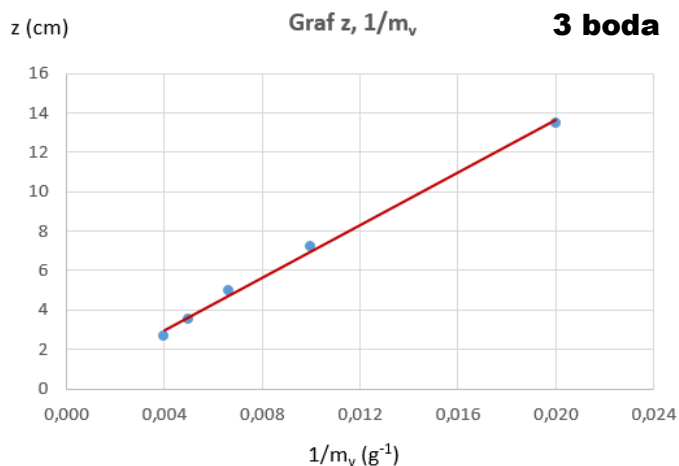
Slijedi da je

$$z = (m_1 - m_2)d \cdot \frac{1}{m_v}$$

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



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

$$(m_1 - m_2)d = 704gcm$$

1 bod

Ukupni moment tromosti jednak je:

$$I = I_0 + I_1 + I_2$$

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

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

$$(m_1 + m_2)d^2 - 2y(m_1 - m_2)d + (m_1 + m_2)y^2 + I_0 - I = 0$$

$$m_1 + m_2 = m - m_0 = 248g - 115g = 133g$$

1 bod

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

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

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

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

$$d = 17,3cm$$

1 bod

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

$$m_1 + m_2 = 133g$$

Rješavanjem sustava jednačbi s dvije nepoznanice slijedi:

$$m_1 = 86,8g$$

1 bod

$$m_2 = 46,2g$$

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**

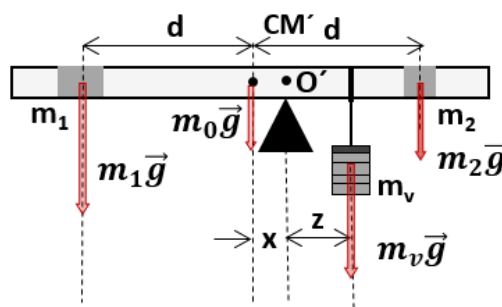
Točnost mjerenja ovisi o nizu faktora. Neki od njih su: **1 bod**

- nepoznate mase nisu točkaste, zauzimaju dio prostora unutar cijevi
- unutrašnjost cijevi ispunjena je sa 3 dijela oblikovanog "stirodua" ukupne mase 3 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

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

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

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

$$x = \frac{1}{m} \cdot m_v z - \frac{(m_1 - m_2)d}{m}$$

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.

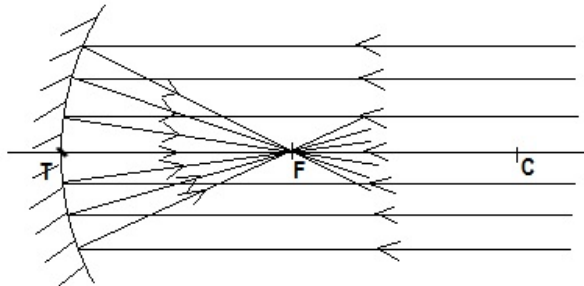
DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. – 29. travnja 2021.

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 oštine 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 najoštija 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 konkavnog 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 žarišnu 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:

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

- odstupanja pojedinačnog mjerenja od srednje vrijednosti:

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

- apsolutnu vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja:

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

- zapis točnog rezultata:

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

- relativnu maksimalnu pogrešku koju najčešće izražavamo u postocima:

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

/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

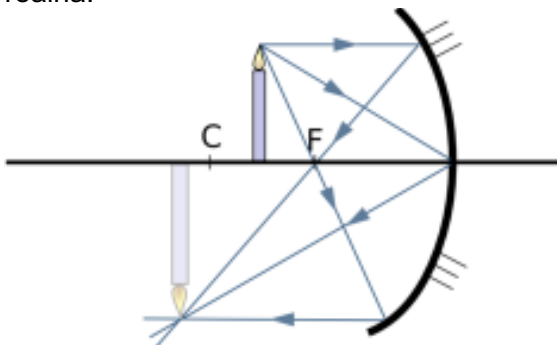
- Obzirom da žlica ima dvije reflektirajuće površine, razlikujemo udubljenu ili konkavnu i ispupčenu ili konveksnu stranu žlice, pri čemu u našim mjerenjima uzimamo žarišnu daljinu najvećeg udubljenja.
- U komentaru treba povezati način preciznog određivanja položaja žarišta pomoću izoštrene slike na 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, pridrži 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 zaslon 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 prikazete 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)	$\Delta f_i = (f_i - \bar{f})$ / (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:

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

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**