**DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**
**Biograd na Moru, 2. – 5. svibnja 2013.**

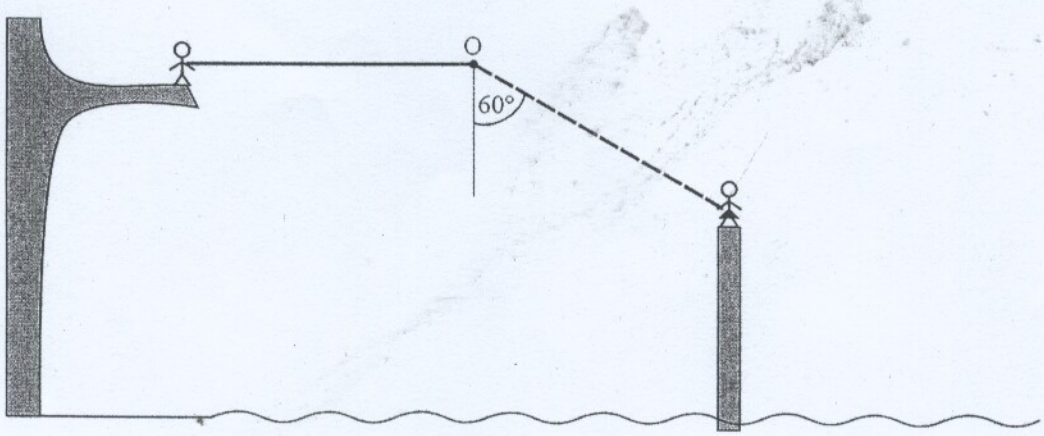
**Srednje škole – 1. grupa**

## Zadatak 1 (17 bodova)

U početnom trenutku Tarzan se nalazi na drvetu, a Jane na mostu, kao što je prikazano na slici. Držeći se za nerastezljivu lijanu zanemarive mase i duljine 9.2 m, čiji je drugi kraj učvršćen u točki O, Tarzan se spušta prema Jane. Kada se nađe na položaju u kojem je lijana označena isprekidanom linijom, Tarzan ispušta lijanu i uhavati Jane. Tarzan i Jane nastavljaju se zajedno gibati te padaju u jezero na horizontalnoj udaljenosti 5.7 m od mosta.

a) Izračunajte brzinu sustava Tarzan+Jane u početnom trenutku njihovog zajedničkog gibanja te skicirajte vektor njihove brzine.
b) Izračunajte visinu mosta.
c) Skicirajte putanju po kojoj su se Tarzan i Jane gibali do pada u jezero.

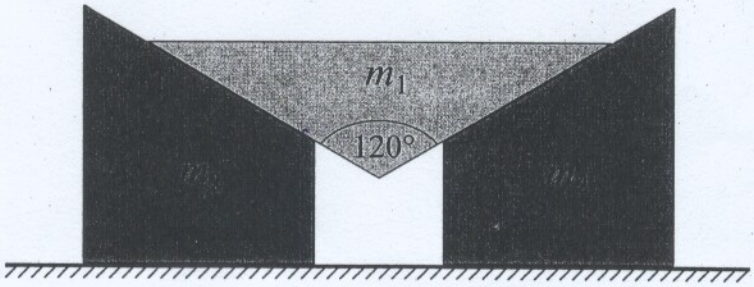
Masa Tarzana je 90 kg, a masa jane je 60 kg. Zanemarite dimenzije Tarzana i Jane te otpor zraka.




## Zadatak 2 (18 bodova)

Mali Ivica slaže različita geometrijska tijela na horizontalnoj podlozi. Dva jednaka tijela mase $m_2$ = 400 g postavio je na horizontalnu podlogu, a na njih je stavio tijelo mase $m_1$ = 500 g kao što je prikazano na slici. Trenje između oba tijela mase $m_2$ i tijela mase $m_1$ je zanemarivo.

a) Pretpostavite da je trenje između horizontalne podloge i oba tijela mase $m_2$ zanemarivo te izračunajte iznos i smjer ubrzanja sva tri tijela kojim će se gibati kad ih se pusti iz položaja koji je prikazan na slici.
b) Izračunajte koliki treba biti koeficijent trenja između horizontalne podloge i oba tijela mase $m_2$ da tri tijela miruju u položaju koji je prikazan na slici.

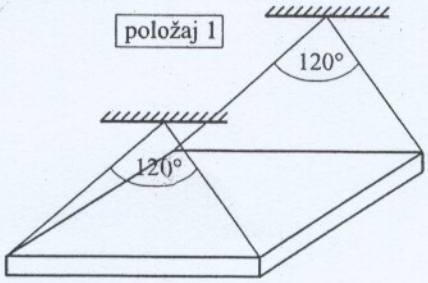


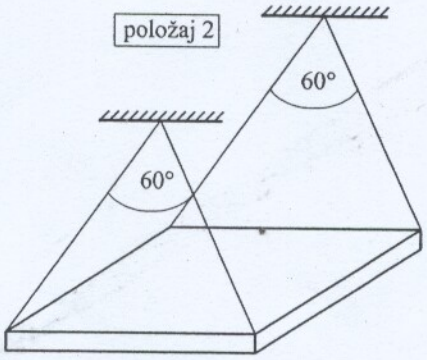
## Zadatak 3 (19 bodova)

Pravokutna ploča mase 1.5 kg obješena je pomoću četiri jednake elastične niti zanemarive mase za dva objesišta kao što je prikazano na slici. Objesišta se nalaze točno iznad prednje, odnosno stražnje stranice ploče. U početnom položaju (položaj 1 na slici) ploča miruje, niti zatvaraju kut 120°, a duljina svake niti je 25 cm. Sa visine 1 m iznad gornje stranice ploče puštena je kuglica mase $m$ iz mirovanja. Kuglica pada na središte ploče, a sudar kuglice i ploče je elastičan. Nakon sudara maksimalna visina, koju kuglica postiže, je 0.25 m iznad gornje stranice ploče u početnom položaju. Na minimalnoj visini, na koju se ploča spušta nakon sudara, niti zatvaraju kut 60° (položaj 2 na slici). Produljenje elastičnih niti određeno je Hookovim zkonom, odnosno produljenje je proporcionalno sili koja rasteže nit. Uzmite da je $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.

a) Izračunajte masu kuglice.

b) Izračunajte konstantu elastičnosti niti.




## Zadatak 4 (16 bodova)

Skulptura *Prizemljeno Sunce* djelo je akademskog kipara Ivana Kožarića, a nalazi se u užem središtu Zagreba u Bogovićevoj ulici. Skulptura ima oblik kugle te predstavlja model Sunca. Na širem području Zagreba smješten je i model cijelog Sunčevog sustava – umjetnička instalacija *Devet pogleda* čiji je autor Davor Preis. Udaljenost svakog „prizemljenog" planeta Sunčevog sustava od Prizemljenog Sunca umanjena je za faktor $k_1$ u odnosu na stvarnu prosječnu udaljenost pojedinog planeta od Sunca. Također, uzimajući u obzir promjer Prizemljenog Sunca i stvarnog Sunca, promjeri „prizemljenih" planeta umanjeni su za faktor $k_2$ u odnosu na stvarne promjere planeta. Na priloženoj karti označeni su položaji Prizemljenog Sunca, „prizemljenog" Merkura i „prizemljene" Zemlje. Period obilaska Zemlje oko Sunca iznosi 365.26 dana, a period obilaska Venere oko Sunca iznosi 224.7 dana. Pretpostavite da se planeti gibaju po kružnim putanjama oko Sunca, sa Suncem u središtu kružnice. Masa Zemlje je $5.97 \cdot 10^{24}$ kg, masa Sunca je $1.989 \cdot 10^{30}$ kg, gravitacijska konstanta je $G = 6.67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$.

a) Izračunajte polumjer Zemljine putanje oko Sunca. Koristeći kartu odredite faktor $k_1$ za koji su umanjene udaljenosti planeta od Sunca u zagrebačkom modelu Sunčevog sustava.

b) Odredite koji od označenih položaja A, B, C odgovara položaju „prizemljene" Venere.

c) Izračunajte period obilaska Merkura oko Sunca.

d) „Prizemljeni" planeti izrađeni su od nehrđajućeg čelika gustoće 7900 kg/m$^3$. Izračunajte kolika bi trebala biti gustoća materijala od kojeg je izrađeno Prizemljeno Sunce da i mase modela Sunca i planeta budu umanjene isti faktor $k_3$. Promjer Prizemljenog Sunca je 2 m, a promjer „prizemljene" Zemlje je 18 mm.

A
B
C
Merkur
Sunce
Zemlja
Ilica
Tomičeva
Gundulićeva
Margaretska
Frane Petrića
Radićeva
Dolac
Pod Zidom
Bakačeva
Trg Bana Josipa Jelačića
Junišćeva
Ljudevita Gaja
Praška
Nikole Tesle
Masarykova
Varšavska
0
50 m
©2012 Omnisdata | Map data ©2011 Geis d.o.o.

**DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**
**Biograd na Moru, 2. – 5. svibnja 2013.**

**Srednje škole – 1. grupa**
**Rješenja i smjernice za bodovanje**

## Zadatak 1 (17 bodova)

Brzina Tarzana u trenutku ispuštanja lijane tj. neposredno prije hvatanja Jane može se izračunati iz zakona očuvanja energije:

$$m_T g\frac{l}{2}=\frac{1}{2}m_T v_0^2 \;\Rightarrow\; v_0=\sqrt{gl}=9.5\,\text{m/s}$$ **(3 boda)**

Smjer brzine $v_0$ je 60° u odnosu na horizontalu **(1 bod)** pa su komponente brzine jednake:

$$v_{0x}=\frac{1}{2}v_0,\; v_{0y}=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$$ **(1 bod)**

Komponente brzine sustava Tarzan+Jane neposredno nakon „sudara" odredimo pomoću zakona očuvanja količine gibanja:

$$m_T v_{0x}=(m_T+m_J)u_{0x},\; m_T v_{0y}=(m_T+m_J)u_{0y}$$ **(2 boda)**

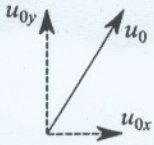
Slijedi:

$$u_{0x}=\frac{m_T}{m_T+m_J}\cdot\frac{1}{2}v_0=2.85\,\text{m/s},\; u_{0y}=\frac{m_T}{m_T+m_J}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}v_0=4.94\,\text{m/s}$$ **(2 boda)**

Prema tome, njihova brzina na početku zajedničkog gibanja jednaka je:

$$u=\sqrt{u_{0x}^2+u_{0y}^2}=\frac{m_T}{m_T+m_J}v_0=\frac{3}{5}v_0=5.7\,\text{m/s}$$ **(1 bod)**

Vektor brzine je **(1 bod)**:




Vrijeme potrebno da Tarzan i Jane padnu u jezero jednako je:

$$t=\frac{d}{u_{0x}}=2\,\text{s}$$ **(2 boda)**

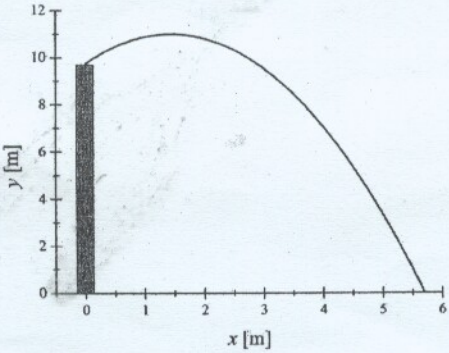
Visina mosta može se izračunati razmatrajući gibanje u vertikalnom smjeru:

$$y(t)=h+u_{0y}t-\frac{1}{2}gt^2$$ **(1 bod)**

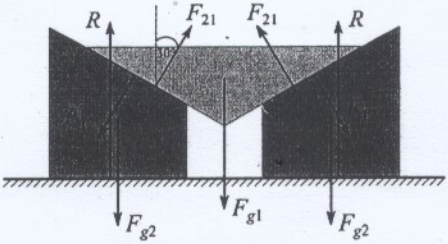
Uvršavanjem vremena potrebnog za pad u jezero dobije se:

$$h=-\frac{du_{0y}}{u_{0x}}+\frac{1}{2}g\left(\frac{d}{u_{0x}}\right)^2=9.74\,\text{m}$$ **(1 bod)**

Putanja po kojojoj se Tarzan i Jane gibaju prikazana je na slici **(1 bod)**:



**Zadatak 2 (18 bodova)**

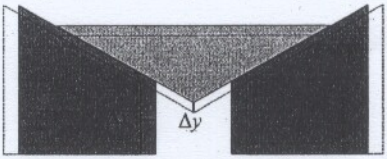



Ako nema trenja, na tijelo mase $m_1$ djeluju sile: težina, sila lijevog tijela mase $m_2$ i sila desnog tijela mase $m_2$ (radi simetrije sile lijevog i desnog tijela mase $m_2$ na tijelo mase $m_1$ su jednake). Na tijelo mase $m_2$ djeluju sile: težina, sila tijela mase $m_1$ i sila horizontalne podloge (također radi simetrije, dovoljno je razmatrati samo jedno tijelo mase $m_2$).

Primjenom 2. Newtonovog zakona na tijela mase $m_1$ i $m_2$ dobiju se jednadžbe:

$$m_1 a_1 = F_{g1} - 2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}F_{21} \text{ (2 boda)},\ m_2 a_2 = \frac{1}{2}F_{12} \text{ (2 boda)}$$

Zbog 3. Newtonovog zakona vrijedi $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ tj. $F_{12} = F_{21}$ **(1 bod)**




Potrebno je još naći vezu između ubrzanja $a_1$ i $a_2$. U istom vremenskom intervalu tijelo mase $m_1$ pomakne se za $\Delta y$, a tijelo mase $m_2$ za $\Delta x$. Sa slike se vidi da vrijedi:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{a_1}{a_2} \text{ (2 boda)}$$

Uvrštavanjem u gornje jednadžbe dobije se:

$$m_1 a_1 = F_{g1} - 2\sqrt{3}m_2 a_2$$

$$m_1 a_1 = m_1 g - 2\sqrt{3}m_2\cdot\sqrt{3}a_1$$

$$(m_1 + 6m_2)a_1 = m_1 g$$

$$a_1 = \frac{m_1}{m_1 + 6m_2}g = \frac{0.5}{0.5 + 6\cdot 0.4}9.81\,\text{m/s}^2 = 1.69\,\text{m/s}^2 \text{ (2 boda)}$$

$$a_2 = \sqrt{3}a_1 = \sqrt{3}\frac{m_1}{m_1 + 6m_2}g = \sqrt{3}\frac{0.5}{0.5 + 6\cdot 0.4}9.81\,\text{m/s}^2 = 2.93\,\text{m/s}^2 \text{ (2 boda)}$$

Smjer ubrzanja tijela mase $m_1$ je prema dolje. Smjer ubrzanja lijevog tijela mase $m_2$ je ulijevo, a smjer ubrzanja desnog tijela mase $m_2$ je udesno. **(1 bod)**

Ako postoji trenje između horizontalene podloge i oba tijela mase $m_2$, na njih osim prikazanih sila djeluje još i sila trenja. Sila trenja djeluje u horizontalnom smjeru i to udesno na lijevo tijelo te ulijevo na desno tijelo mase $m_2$. Iz uvjeta da sustav miruje slijede jednadžbe:

$$0 = F_{g1} - 2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}F_{21} \text{ (1 bod)},\ 0 = \frac{1}{2}F_{12} - F_{tr} \text{ (1 bod)},\ 0 = F_{g2} + \frac{\sqrt{3}}{2}F_{12} - R \text{ (1 bod)}$$

Sila trenja je $F_{tr} = \mu R$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem se dobije:

$$F_{21} = F_{12} = \frac{1}{\sqrt{3}}F_{g1}$$

$$F_{tr} = \mu\left(F_{g2} + \frac{1}{2}F_{g1}\right) = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}F_{g1}$$

$$\mu = \frac{1}{2\sqrt{3}}\cdot\frac{m_1}{m_2 + \frac{1}{2}m_1} = \frac{1}{2\sqrt{3}}\cdot\frac{0.5}{0.4 + 0.25} = \frac{5}{13\sqrt{3}} = 0.222 \text{ (2 boda)}$$

## Zadatak 3 (19 bodova)

Zakon očuvanja količine gibanja za sudar kuglice i ploče:

$mv_1 = -mu_1 + Mu_2$ **(1 bod)**

Zakon očuvanja energije za sudar kuglice i ploče:

$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}Mu_2^2$ **(1 bod)**

Brzine kuglice neposredno prije i nakon sudara jednake su:

$v_1^2 = 2gh_1$ **(1 bod)**

$u_1^2 = 2gh_2 = 2g\frac{h_1}{4} = \frac{v_1^2}{4} \Rightarrow u_1 = \frac{v_1}{2}$ **(2 boda)**

Uvrštavanjem u zakone očuvanja dobije se:

$\frac{3}{2}mv_1 = Mu_2$

$\frac{3}{4}mv_1^2 = Mu_2^2 = \frac{3}{2}mv_1u_2 \Rightarrow u_2 = \frac{v_1}{2}$ **(1 bod)**

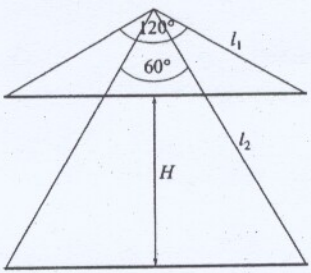
$\frac{3}{2}mv_1 = M\frac{v_1}{2} \Rightarrow \frac{M}{m} = 3, m = \frac{M}{3} = 0.5\,\text{kg}$ **(1 bod)**

U početnom položaju ploča miruje pa je zbroj svih sila na ploču jednak nuli:

$0 = Mg - 4\cdot\frac{1}{2}T$ **(2 boda)**

gdje je $T$ sila napetosti niti koja je jednaka $T = kx_1$, gdje je $k$ konstanta elastičnosti, a $x_1$ produljenje niti. Slijedi:

$Mg = 2kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{Mg}{2k}$ **(1 bod)**




Sa slike se vidi da vrijedi: $\frac{1}{2}l_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}l_1 \Rightarrow l_2 = \sqrt{3}l_1$ **(1 bod)**

Visina $H$ za koju se ploča spusti jednaka je:

$H = \frac{\sqrt{3}}{2}l_2 - \frac{1}{2}l_1$ **(1 bod)**

Produljenje niti u početnom položaju je $x_1 = l_1 - l_0$, gdje je $l_0$ duljina nerastegnute niti.

Produljenje niti u najnižem položaju jednako je: $x_2 = l_2 - l_0 = l_2 - l_1 + l_1 - l_0 = x_1 + \left(\sqrt{3}-1\right)l_1$ **(1 bod)**

Zakon očuvanja energije za spuštanje ploče od početnog položaja nakon sudara do najnižeg položaja u kojem je brzina ploče jednaka nuli je:

$\frac{1}{2}Mu_2^2 + 4\cdot\frac{1}{2}kx_1^2 = -MgH + 4\cdot\frac{1}{2}kx_2^2$ **(2 boda)**

Uvrštavanjem izraza za $u_2$, $x_1$, $H$ i $x_2$ dobije se:

$\frac{1}{4}Mgh_1 = -Mgl_1 + 4k\left(\sqrt{3}-1\right)\frac{Mg}{2k}l_1 + 2k\left(\sqrt{3}-1\right)^2 l_1^2$

Iz prethodne jednadžbe za konstantu elastičnosti niti se dobije:

$k = \frac{Mg}{4l_1}\left[\frac{h_1}{4\left(2-\sqrt{3}\right)l_1} - \sqrt{3}\right] = 30\,\text{N/m}$ **(4 boda)**

**Zadatak 4 (16 bodova)**

Za gibanje Zemlje oko Sunca vrijedi:

$F_{cp} = F_g$ **(1 bod)**

$$m_Z \frac{v^2}{r_Z} = G\frac{m_Z m_S}{r_Z^2}$$ **(1 bod)**

Brzina gibanja Zemlje može se izraziti pomoću perioda gibanja:

$$v = \frac{2r_Z\pi}{T_Z}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem slijedi:

$$r_Z^3 = \frac{Gm_S T_Z^2}{4\pi^2} \Rightarrow r_Z = \sqrt[3]{\frac{Gm_S T_Z^2}{4\pi^2}} = 1.496\cdot 10^{11}\,\text{m}$$ **(1 bod)**

Udaljenost „prizemljene" Zemlje od Prizemljenog Sunca na karti je 9.2 cm **(1 bod)**, uzimajući u obzir mjerilo karte (2 cm = 50 m), njihova stvarna udaljenost je $r_Z' = 9.2\cdot 25\,\text{m} = 230\,\text{m}$ **(1 bod)**, što znači da su udaljenosti umanjene za faktor:

$k_1 = 1.496\cdot 10^{11}/230 = 6.5\cdot 10^8$ **(1 bod)**

Iz prethodne jednadžbe slijedi jednakost (koja je također poznata i kao 3. Keplerov zakon):

$$\frac{r_Z^3}{r_V^3} = \frac{T_Z^2}{T_V^2}$$ **(2 boda)**

Slijedi da je polumjer gibanja Venere oko Sunca jednak:

$$r_V = r_Z\left(\frac{T_V}{T_Z}\right)^{2/3}$$ **(1 bod)**

Udaljenost „prizemljene" Zemlje na karti od Prizemljenog Sunca iznosi 9.2 cm, a s obzirom da su udaljenosti umanjene za isti faktor, slijedi da je „prizemljena" Venera na udaljenosti $9.2\,\text{cm}\cdot\left(\frac{224.7}{365.26}\right)^{2/3} = 6.65\,\text{cm}$ od Prizemljenog Sunca, što odgovara položaju B. **(1 bod)**

Na sličan način možemo izračunati period Merkura:

$$T_M = T_Z\left(\frac{r_M}{r_Z}\right)^{3/2} = 365.26\,\text{dana}\cdot\left(\frac{3.55}{9.2}\right)^{3/2} = 87.6\,\text{dana}$$ **(1 bod)**

Masa „prizemljene" Zemlje je jednaka:

$$m_Z' = \rho_Z' V = \rho_Z' \frac{4}{3} r_Z'^3 \pi = 24.1\,\text{g}$$ **(1 bod)**

Slijedi:

$$k_3 = \frac{m_Z}{m_Z'} = 2.475\cdot 10^{26}$$ **(1 bod)**

$$k_3 = \frac{m_S}{m_S'} \Rightarrow m_S' = \frac{m_S}{k_3}$$

$$\rho_S' \frac{4}{3} r_S'^3 \pi = \frac{m_S}{k_3} \Rightarrow \rho_S' = \frac{3}{4r_S'^3\pi}\frac{m_S}{k_3} = 1919\,\text{kg/m}^3$$ **(2 boda)**

S obzirom da je Prizemljeno Sunce izrađeno od bronce, čije je gustoća 8000 – 9000 kg/m$^3$, mase planeta nisu umanjene za isti faktor.

**DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE**
**Biograd na Moru, 2. – 5. svibnja 2013.**

**Srednje škole – 1. skupina**

**EKSPERIMENTALNI ZADATAK**

**Pribor:**
- Tri različite kovanice
- Dvije različite podloge
- Ravnalo
- Drveni kvadar
- Selotejp
- Škare

**Zadatak:** Uporabom priloženih sredstava:

a) Odredite faktor trenja za tri različite kovanice i dvije različite podloge:
- detaljno skicom i riječima zorno opišite postupak mjerenja; ..... 6 bodova
- izvedite, uz kratka pojašnjenja, odgovarajuće algebarske izraze; ..... 6 bodova
- rezultate za minimalno tri mjerenja za svaki sustav prikažite tablično; ..... 6 bodova

b) Provedite račun slučajnih pogrešaka i ukratko komentirajte dobivene zapise točnih rezultata za faktore trenja i relativne maksimalne pogreške ..... 6 bodova

c) Povežite teorijske osnove u području trenja s rezultatima mjerenja:
- definirajte trenje prema uzroku nastajanja ..... 1 bod
- definirajte faktor trenja i algebarski dokažite mjernu jedinicu; ..... 1 bod
- povežite tako definirano trenje s pojmom otpora sredstva; ..... 1 bod
- odredite o kojoj se vrsti trenja radi kod vašeg eksperimentalnog postava ..... 1 bod
- ukratko komentirajte rezultate obzirom na tri različite kovanice i dvije različite podloge ..... 1 bod
- na osnovi vaših mjerenja izvedite uopćen zaključak o čemu ovisi faktor trenja ..... 1 bod

---

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

Natjecateljima želimo uspješan rad!

**DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE**
**Biograd na Moru, 2. – 5. svibnja 2013**

**Srednje škole – 1. grupa**

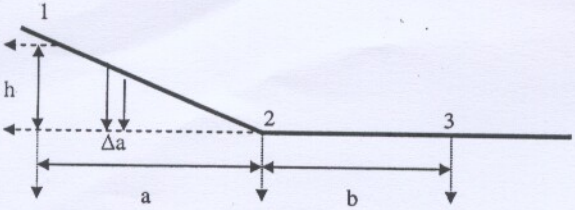
**Eksperimentalni zadatak - rješenje**

*a) Odredite faktor trenja za tri različite kovanice i dvije različite podloge:*
*- detaljno skicom i riječima zorno opišite postupak mjerenja;*

*..... 6 bodova*

Za određivanje faktora trenja potrebno je na eksperimentalno mjerljiv način pokrenuti kovanice po podlogama koje se nalaze u setu pribora, te je zbog toga potrebno pripremiti kosinu po kojoj će kovanice slobodno kliziti s poznate visine:

- na jednom kraju stola čvršćim selotejpom treba pričvrstiti drveni kvadar za stol;
- također je pomoću selotejpa potrebno pričvrstiti odabranu podlogu za gornji rub kvadra, a moguće je i dodatno pričvrstiti donji kraj podloge za stol;
- na gornjem dijelu podloge ravnalom se označi početni pravac iznad kojega treba svaki put postaviti kovanicu;
- kovanica se zatim pusti da slobodno klizi kosinom: bilježi se konačna točka na kojoj se kovanica zaustavi;
- isti eksperimentalni set koristi se za sve tri kovanice uz promjenu druge podloge.




Slika 1. Skica eksperimentalnog seta za određivanje faktora trenja klizanja kovanica

Prema Slici 1 vidljivo je da se mjere veličine:
h - visina s koje puštamo kovanicu
a - bazu kosine
b - put kovanice po ravnoj podlozi

*- izvedite, uz kratka pojašnjenja, odgovarajuće algebarske izraze;*

*..... 6 bodova*

Kovanica predstavlja tijelo mase m koje se nalazi na vrhu kosine u točci (1), na visini (h) iznad horizontalnog dijela podloge po kojoj tijelo klizi.

U položaju (1) kovanica ima potencijalnu energiju:

$$E_{gp} = mgh \qquad (1)$$

Nakon što pustimo kovanicu, ona klizi po podlozi i zaustavlja se u točci (3). Na račun gravitacijske potencijalne energije izvršen je rad sile trenja na dijelovima puta 1 – 2 i 2 – 3, tako da možemo napisati izraz zakon očuvanja mehaničke energije:

$$mgh = W_{1-2} + W_{2-3} \qquad (2)$$

Rad ($W_{1-2}$) odredit ćemo tako da put kovanice od točke (1) do točke (2) razdijelimo na najmanje intervale ($\Delta a$) koje možemo smatrati ravnima. Rad sile trenja na putu intervala ($\Delta a$) jednak je:

$$\Delta W_{1-2} = \mu\, mg\, \Delta a \cos \alpha \qquad (3)$$

gdje je ( $\mu$ ) fakor trenja
( $\alpha$ ) kut nagiba intervala puta ( $\Delta a$ ) na horizontalnu ravninu .

Uzevši to u obzir, relaciju (3) možemo napisati u obliku:

$$\Delta W_{1-2} = \mu\, mg\, \Delta a \qquad (4)$$

Ukupan rad na dijelu puta 1 – 2 predstavlja zbroj rada sile trenja ($\Delta W_{1-2}$ ) na svim intervalima ($\Delta a$) od točke (1) do točke (2):

$$W_{1-2} = \mu\, mg\, a \qquad (5)$$

gdje je ( a ) projekcija puta 1 – 2 na horizontalnu ravninu.

Rad sile trenja na dijelu puta 2 – 3:

$$W_{2-3} = \mu\, mg\, b \qquad (6)$$

Primjenom izraza (2) zakona očuvanja mehaničke energije i uvrštavanjem u izraz relacija (5) i (6) dobivamo:

$$mgh = \mu\, mg\, a + \mu\, mg\, b \qquad (7)$$

Sređivanjem izraza (7) faktor trenja može se računati:

$$\mu = h : (a + b) \qquad (8)$$

Faktor trenja eksperimentalno možemo dobiti preciznim mjerenjem veličina (h), (a) i (b).

- *rezultate za minimalno tri mjerenja za svaki sustav prikažite tablično;*

*..... 6 bodova*

Tablica treba biti tako organizirana da su pregledno navedene veličine koje se mjere i odgovarajuće mjerne jedinice, uz redni broj mjerenja. Oznake veličina ne moraju biti iste kao na Slici 1.; moguće je za svaki set mjerenja pripremiti zasebnu tablicu.

b) *Provedite račun slučajnih pogrešaka i ukratko komentirajte dobivene zapise točnih rezultata za faktore trenja i relativne maksimalne pogreške*

*..... 6 bodova*

Određivanje srednje vrijednosti: $\overline{\mu} = \Sigma\ \mu_i / n$, n – broj mjerenja

Apsolutna vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja: $|\Delta \mu_{max}|$

Relativna maksimalna pogreška: $r_m = [\ (\ |\Delta \mu_{max}| / \overline{\mu}\ ) \cdot 100\ ]\ \%$

Zapis točnog rezultata: $\mu = \overline{\mu} \pm \Delta \mu_{max}$

*c) Povežite teorijske osnove u području trenja s rezultatima mjerenja:*

- *definirajte trenje prema uzroku nastajanja*

..... *1 bod*

Trenje je sila koja se javlja pri dodiru dvaju tijela koja se nalaze u međusobnom gibanju ili ih u takvo gibanje želimo dovesti. Prema uzroku nastajanja razlikujemo:

- trenje mirovanja
- trenje klizanja
- trenje kotrljanja.

Za istovrsne površine trenje kotrljanja manje je od trenja klizanja.

- *definirajte faktor trenja i algebarski dokažite mjernu jedinicu;*

..... *1 bod*

Trenje je dano izrazom: $F_{tr} = \mu F_n$

gdje je ( $\mu$ ) faktor trenja: $\mu = F_{tr} / F_n$ mjerne jedinice za silu se krate!

($F_{tr}$) ~ sila trenja
($F_n$) ~ okomita komponenta sile kojom tijelo pritišće na podlogu

- *povežite tako definirano trenje s pojmom otpora sredstva;*

..... *1 bod*

Pri gibanju tijela kroz neko sredstvo javlja se sila trenja koju zovemo otpor sredstva.
Otpor sredstva ovisi o:
- veličini i obliku tijela,
- brzini gibanja tijela u odnosu prema tekućini ili plinu,
- vrsti fluida (tekućine ili plina).

- *odredite o kojoj se vrsti trenja radi kod vašeg eksperimentalnog postava*

..... *1 bod*

Pretpostavka je da su kovanice puštane tako da klize po podlozi, dakle, u pitanju je trenje klizanja (za ispitivanje trenja kotrljanja trebali bi postojati bolje definirani kontrolni uvjeti koji uključuju stabilnost i duljinu podloge).

- *ukratko komentirajte rezultate obzirom na tri različite kovanice i dvije različite podloge*

..... *1 bod*

Eksperimentalni podaci ukazuju na to da je faktor trenja broj manji od 1, te ovisi o osobinama obiju podloga – različiti metali/legure od kojih su kovanice i različite kombinacije podloga.

- *na osnovi vaših mjerenja izvedite uopćen zaključak o čemu ovisi faktor trenja*

..... *1 bod*

Uopćeno: pojava trenja posljedica je hrapavosti dodirnih ploha. Definicije koje temeljitije uzimaju u obzir atomarnu strukturu dodirnih ploha ovako zamišljenim mjerenjima nije moguće ispitivati.

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