

**DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**  
**Poreč, 8. - 11. svibnja 2008.**

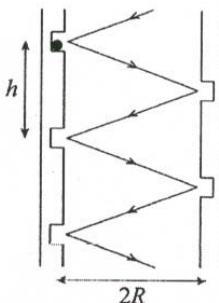
**Srednje škole – 1. grupa**

**Zadatak 1 (18 bodova)**

Dva vlaka iz Zagreba i Karlovca istovremeno kreću jedan prema drugome bez početne brzine. Oba vlaka se najprije gibaju jednoliko ubrzano po pravcu dok ne postignu brzinu  $v_1$ , odnosno  $v_2$ , a nakon toga se gibaju jednoliko po pravcu. Omjer brzina jednolikog gibanja vlakova je  $v_1/v_2 = 3/4$ . U trenutku mimoilaženja vlakovi imaju iste brzine, a u Karlovac, odnosno Zagreb stižu istovremeno. Koliki je omjer ubrzanja vlakova  $a_1/a_2$ ?

**Zadatak 2 (18 bodova)**

Niz spiralni žlijeb polumjera  $R = 1 \text{ m}$  i koraka  $h$  klizi malo tijelo brzinom stalnog iznosa. Koeficijent trenja između tijela i stijenki žlijeba iznosi  $\mu = 0.1$ . Omjer opsega i koraka žlijeba iznosi  $\sqrt{3}$ . Izračunajte brzinu kojom se tijelo spušta niz žlijeb.



**Zadatak 3 (17 bodova)**

Kugla mase  $M = 0.2 \text{ kg}$  miruje na stupu visine  $h = 5 \text{ m}$ . Metak mase  $0.01 \text{ kg}$  giba se brzinom  $v_0 = 500 \text{ m/s}$  prema kugli te prolazi kroz središte kugle. Kugla padne na tlo na udaljenosti  $20 \text{ m}$  od stupa.

- Gdje je metak pao na tlo?
- Koliki udio početne kinetičke energije metka se pretvorio u toplinu prilikom sudara? Zanemarite otpor zraka i prepostavite da je brzina metka prije sudara bila u horizontalnom smjeru.

**Zadatak 4 (17 bodova)**

Asteroid sferičnog oblika ima gustoću  $2\ 500 \text{ kg/m}^3$ .

- Izračunajte maksimalan polujmer asteroida sa kojeg čovjek, nakon što odskoči sa njegove površine, ne padne natrag na asteroid. Čovjek prilikom odskoka na asteroidu proizvede jednak impuls sile kao prilikom odskoka na Zemlji. Maksimalna visina, koju čovjek može doseći prilikom skoka na Zemlji, iznosi  $1 \text{ m}$ .
- Koliko iznosi period satelita koji se giba po kružnoj putanji oko ovog asteroida uz njegovu površinu?

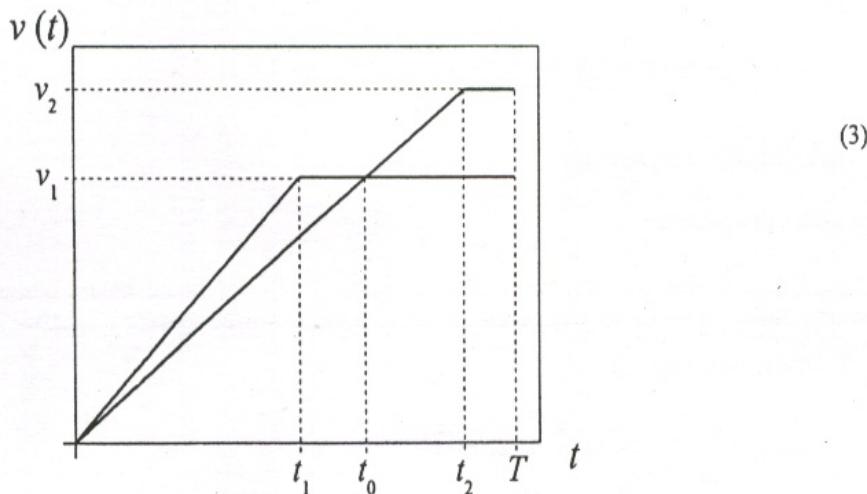
$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

**DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**  
**Poreč, 08. – 11. svibnja 2008.**

Srednje škole – 1. grupa – rješenja

**Zadatak 1 (18 bodova)**

Prikažimo gibanje vlakova na  $v-t$  dijagamu.



Brzine kojima se vlakovi gibaju jednoliko po pravcu jednake su:

$$\begin{aligned} v_1 &= a_1 t_1 \\ v_2 &= a_2 t_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Iz čega slijedi da je omjer ubrzanja jednak:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1}{v_2} \frac{t_2}{t_1} = \frac{3}{4} \frac{t_2}{t_1} \quad (1)$$

Ukupan put koji prijeđu vlakovi jednak je:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} v_1 t_1 + v_1 (T - t_1) = v_1 T - \frac{1}{2} v_1 t_1 \\ s &= \frac{1}{2} v_2 t_2 + v_2 (T - t_2) = v_2 T - \frac{1}{2} v_2 t_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Put koji su prešli vlakovi do trenutka mimoilaženja jednak je:

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{1}{2} v_1 t_1 + v_1 (t_0 - t_1) \\ s_2 &= \frac{1}{2} v_2 t_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Zbroj ova dva puta jednak je ukupnoj udaljenosti koju prijeđu vlakovi.

$$s = s_1 + s_2 = \frac{3}{2} v_1 t_0 - \frac{1}{2} v_1 t_1 \quad (1)$$

Ubrzanje drugog vlaka jednako je:

$$a_2 = \frac{v_2}{t_2} = \frac{v_1}{t_0} \quad (1)$$

Iz čega slijedi da je vrijeme mimoilaženja:

$$t_0 = \frac{v_1}{v_2} t_2 = \frac{3}{4} t_2 \quad (1)$$

Pa je udaljenost između gradova jednaka:

$$s = \frac{9}{8} v_1 t_2 - \frac{1}{2} v_1 t_1 \quad (1)$$

Ukupno vrijeme putovanja je:

$$T = \frac{s}{v_1} + \frac{1}{2} t_1 = \frac{9}{8} t_2 - \frac{1}{2} t_1 + \frac{1}{2} t_1 = \frac{9}{8} t_2 \quad (2)$$

$$T = \frac{s}{v_2} + \frac{1}{2} t_2 = \frac{9}{8} \frac{v_1}{v_2} t_2 - \frac{1}{2} \frac{v_1}{v_2} t_1 + \frac{1}{2} t_2 = \frac{43}{32} t_2 - \frac{3}{8} t_1$$

Iz čega slijedi:

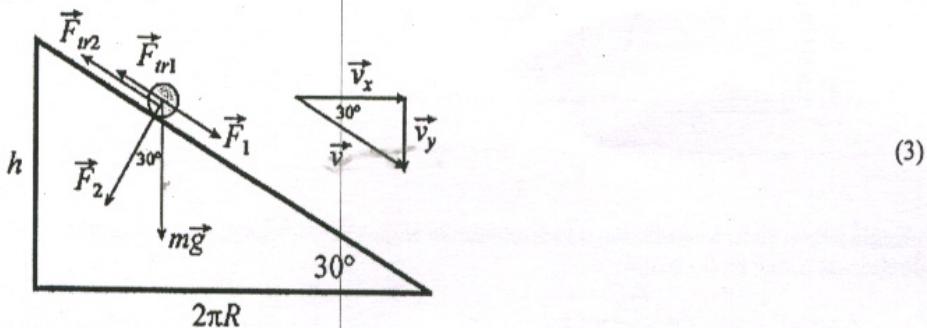
$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{12}{7} \quad (1)$$

Omjer ubrzanja je:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{9}{7} \quad (1)$$

### Zadatak 2 (18 bodova)

Tijelo se giba po kosini:



S obzirom da je omjer kateta pravokutnog trokuta jednak  $2\pi R/h = \sqrt{3}$ , kut između hipotenuze i duže katete je  $30^\circ$ .

Težinu tijela rastavimo na komponentu niz kosinu  $F_1$  i okomito na kosinu  $F_2$ :

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{1}{2} mg \\ F_2 &= \frac{\sqrt{3}}{2} mg \end{aligned} \quad (2)$$

Sila trenja na tijelo zbog dodira sa donjom podlogom je:

$$F_{tr} = \mu F_2 = \mu mg \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3)$$

Sila trenja zbog dodira sa okomitom stijenkom žlijeba je:

$$F_{tr2} = \mu \frac{mv_x^2}{R} \quad (3)$$

Horizontalna komponenta brzine kuglice  $v_x$  jednaka je:

$$v_x = \frac{\sqrt{3}}{2} v \quad (1)$$

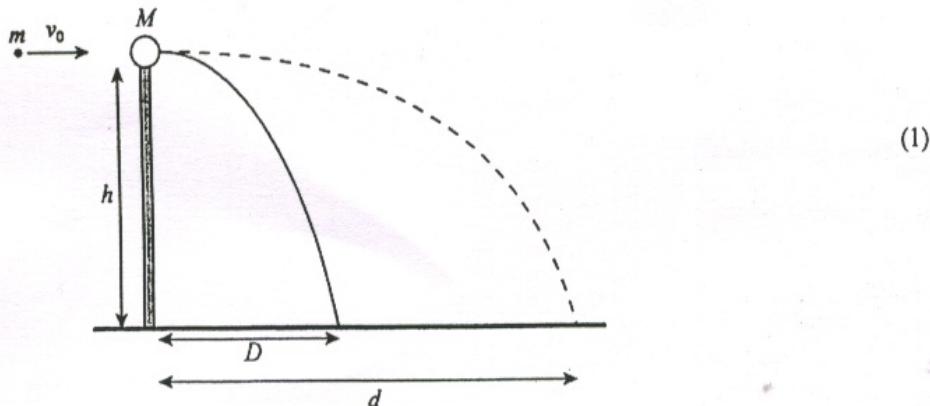
Tijelo se spušta brzinom stalnog iznosa pa je zbroj svih sila koje djeluju na tijelo niz kosinu jednak nuli:

$$F_1 - F_{tr1} - F_{tr2} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{1}{2} mg = \mu mg \frac{\sqrt{3}}{2} + \mu \frac{3mv^2}{4R} \quad (4)$$

$$v = \sqrt{\frac{2Rg}{3\mu} (1 - \mu\sqrt{3})} = 7.35 \text{ m/s} \quad (2)$$

### Zadatak 3 (17 bodova)



a) Kugla nakon sudara ima brzinu u horizontalnom smjeru te pada sa visine  $h$ . Vrijeme potrebno da padne na tlo iznosi:

$$h = \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 1 \text{ s} \quad (2)$$

Za to vrijeme u horizontalnom smjeru prijeđe udaljenost  $D$  iz čega se može izračunati brzina kugle nakon sudara:

$$D = Vt \Rightarrow V = \frac{D}{t} = 20 \text{ m/s} \quad (2)$$

Zakon očuvanja količine gibanja za sudar metka i kugle glasi:

$$mv_0 = mv + MV \quad (2)$$

Iz zakona očuvanja količine gibanja slijedi da je brzina metka nakon sudara jednaka:

$$v = v_0 - \frac{MV}{m} = 100 \text{ m/s} \quad (2)$$

Brzina metka nakon sudara je također u horizontalnom smjeru te će mu trebati jednako vrijeme  $t$  kao kugli da padne na tlo, a udaljenost od stupa na koju će pasti jednaka je:

$$d = vt = 100 \text{ m} \quad (2)$$

b) Zakon očuvanja energije:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} + Q \quad (2)$$

Slijedi da se prilikom sudara u toplinu pretvori

$$Q = \frac{mv_0^2}{2} - \left( \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} \right) = 1160 \text{ J} \quad (2)$$

Odnosno

$$p = \frac{Q}{\frac{mv_0^2}{2}} = 0.928 = 92.8\% \quad (2)$$

Početne kinetičke energije metka.

#### Zadatak 4 (17 bodova)

Brzina kojom čovjek odskoči sa površine asteroida jednaka je brzini kojom odskoči sa površine Zemlje. Za skok čovjeka vertikalno u vis na Zemlji vrijede sljedeće jednadžbe:

$$\begin{aligned} 0 &= v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{g} \\ h &= v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh} \end{aligned} \quad (3)$$

Ukupna energija čovjeka nakon odskoka sa površine asteroida mora biti jednaka nuli da ne padne natrag na asteroid.

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{GmM}{R} = 0 \quad (3)$$

Masu asteroida izrazimo pomoću gustoće:

$$M = \rho \frac{4\pi}{3} R^3 \quad (1)$$

Uvrštavanjem izraza za masu i brzinu  $v_0$  dobije se:

$$\begin{aligned} gR^2 &= G\rho \frac{4\pi}{3} R^3 \\ R &= \sqrt{\frac{3gh}{4\pi G\rho}} = 3.75 \text{ km} \end{aligned} \quad (3)$$

b) Gravitacijska sila asteroida na tijelo koje kruži blizu njegove površine jednaka je centripetalnoj sili.

$$\frac{GmM}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \quad (3)$$

Brzina kruženja satelita oko asteroida iznosi:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \quad (1)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$\begin{aligned} \frac{G}{R} \rho \frac{4\pi}{3} R^3 &= \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} \\ T &= \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = 7517 \text{ s} = 2.09 \text{ h} \end{aligned} \quad (3)$$

**DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**  
**Poreč, 8. - 11. svibnja 2008.**

**Srednje škole - 1. grupa**

**EKSPEIMENTALNI ZADATAK**

**Pribor:** vibrator, papirne trake, ljepljiva traka, kolica, stegač s dvije šipke, konopac, uteg s nosačem, ravnalo, dinamometar od 5N ili 10N

**Zadatak:** Uteg je povezan s kolicima konopcem i visi preko šipke montirane na stegaču. Za drugi kraj kolica pričvršćena je papirnata traka koja prolazi kroz vibrator. Snimiti gibanje kolica na traku. (3 boda)

Mjerenjem i izračunom odrediti kolika sila djeluje u suprotnom smjeru od smjera gibanja kolica. (20 bodova)

Koje sve sile djeluju u suprotnom smjeru od smjera gibanja kolica? (3 boda)

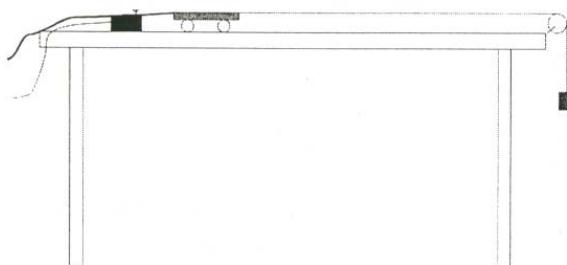
**Napomena:** Vrijeme između dva otkucanja vibratora je 0,02 s. Prvih nekoliko točkica na traci su vrlo nepouzdane pa se ne preporuča koristiti ih kod izračunavanja jer rezultat neće biti najbolji. Dobro je iz iste trake načiniti nekoliko izračuna radi usporedbe rezultata. Račun pogreške nije potreban. Za mjerenje je dovoljna samo jedna traka. Ostale trake su rezervne trake, a mogu poslužiti i za provjeru rezultata.

Masa kolica napisana je na naljepnici na kolicima.

Zašto se ne preporuča korištenje prvih nekoliko točkica? (3 boda )

Ukupno: 30 bodova

( Uz rješenja priložiti trakicu ili trakice s kojima ste radili, ali označiti iz koje trakice su koja mjerena u rješenjima. )



**DRZAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZICARA**  
*Poreč, 08. - 11. svibnja 2008.*

srednje škole - 1. grupa

**RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA**

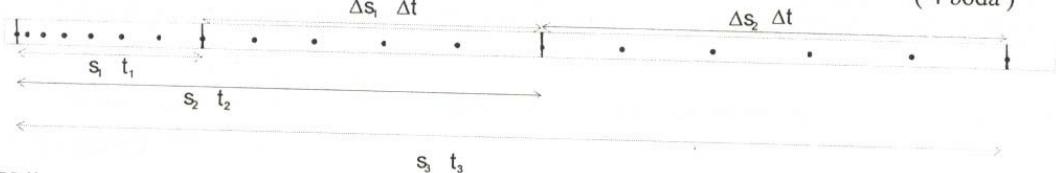
Kvaliteta mjerena

( 3 boda )

Iz trakice treba izračunati akceleraciju sustava.

Treba izabrati na traci dva područja s istim brojem točkica koja se nalaze jedno do drugog. Izmjeriti koliki su prevaljeni putovi u tim intervalima  $\Delta s_1$  i  $\Delta s_2$ . Za oba intervala isto je vrijeme  $\Delta t$ .

( 4 boda )



Vrijeme  $\Delta t$  izračunamo tako da broj odabralih točkica u jednom području pomnožimo s 0,02.

Prevaljeni put  $\Delta s_1$  možemo pisati kao:

$$\Delta s_1 = s_2 - s_1$$

Jedn. 1

$s_1$  je prevaljeni put od početka gibanja do prve točkice koju smo izabrali (početak prvog područja), a  $t_1$  je vrijeme od početka gibanja do prve izabrane točkice.  $s_2$  je prevaljeni put od početka gibanja do druge izabrane točkice (kraj prvog područja), a  $t_2$  je vrijeme od početka gibanja do druge odabранe točkice.

Prevaljeni put  $\Delta s_2$  je:

$$\Delta s_2 = s_3 - s_2$$

Jedn. 2

$s_3$  je prevaljeni put od početka gibanja do treće odabranе točkice (kraj drugog područja), a  $t_3$  vrijeme od početka gibanja do treće odabranе točkice.

$$s_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$s_2 = \frac{1}{2} a t_2^2$$

$$s_3 = \frac{1}{2} a t_3^2$$

Jedn. 3

( 1 bod )

$a$  je akceleracija sustava kolica i utega koju tražimo.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_3 - t_2$$

Jedn. 4

( 1 bod )

$$\Delta s_1 = \frac{1}{2} a (t_2^2 - t_1^2) = \frac{1}{2} a (t_2 - t_1)(t_2 + t_1)$$

( 1 bod )

Iz jedn. 4 dobijemo da je:  $t_2 = t_1 + \Delta t$

$$\Delta s_1 = \frac{1}{2} a \Delta t (2t_1 + \Delta t)$$

$$\Delta s_1 = a t_1 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$\Delta s_2 = \frac{1}{2} a(t_3^2 - t_2^2) = \frac{1}{2} a(t_3 - t_2)(t_3 + t_2)$$

( 1 bod )

Iz jedn. 4 dobijemo da je:  $t_3 = t_1 + 2\Delta t$

( 1 bod )

$$\Delta s_2 = \frac{1}{2} a\Delta t(2t_1 + 3\Delta t)$$

$$\Delta s_2 = at_1\Delta t + \frac{3}{2} a\Delta t^2$$

( 1 bod )

$$\Delta s_2 - \Delta s_1 = a\Delta t$$

$$a = \frac{\Delta s_2 - \Delta s_1}{\Delta t^2}$$

Jedn. 5

( 2 boda )

( Ako je netko računao akceleraciju od prve točkice po jedn.  $a = \frac{2s}{t^2}$  izračun akceleracije bodovat će se s 6 bodova, inače vrijedi 13 bodova)

Sila koja uzrokuje ubrzanje sustav je težina utega G koja se izmjeri dinamometrom.

( 1 bod )

Rezultantna sila koja ubrzava sustav jednaka je razlici sile koja ubrzava sustav (težina utega) i sile koja djeluje u suprotnom smjeru od smjera gibanja. Zbog suprotnog smjera sila je negativna.

( ako nije stavljeno da je sila negativna zbog suprotnog smjera konačni rezultat se priznaje, ali oduzima se jedan bod )  $F_R = G - (-F_{tr})$

( 2 boda )

pa je:

$$F_{tr} = F_R - G$$

Rezultanta sila ubrzava sustav kolica i utega pa je jednaka:

$$F_R = (m_k + m_u)a$$

( 2 boda )

masa utega računa se iz težine utega:  $m_u = \frac{G}{g}$  ( 1 bod )

g je ubrzanje tijela kod slobodnog pada (  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , a može i približna vrijednost  $g = 10 \text{ m/s}^2$  )

Sila koja djeluje u suprotnom smjeru od smjera gibanja dobije se iz izraza:

$$F_{tr} = (m_k + m_u)a - G$$

Jedn. 6

( 2 boda )

Uzrok sile u suprotnom smjeru:

1. Sila trenja između konopca i šipke ( 1 bod )
2. Udarci batića vibratora po traci zaustavljaju kolica ( 1 bod )
3. Sila trenja između kotača i osovine kotača ( 1 bod )

Sila trenja između kotača i podloge uzrokuje da se kotači vrte, ali ne doprinosi sili koja djeluje u suprotnom smjeru od gibanja kolica

Sila otpora zraka u ovom slučaju je potpuno zanemariva

Zašto nekoliko prvih točkica je nepouzdano.

1. teško je odrediti prvu točku mjerena ( 1 bod )
2. prva točkica od puštanja kolica neće biti udarena nakon 0,02 sekunde nego između 0 i 0,02 sekunde ( 1 bod )
3. prije ispuštanja kolica uteg napinje konopac svojom težinom. Konopac nije idealan i nešto malo će se rastegnuti. Kad pustimo sustav da se giba, sustav postaje ubrzan, a napetost niti će se smanjiti, a konopac će biti manje rastegnut. Dok se ne uspostavi ravnoteža, akceleracija će biti manja. ( 1 bod )