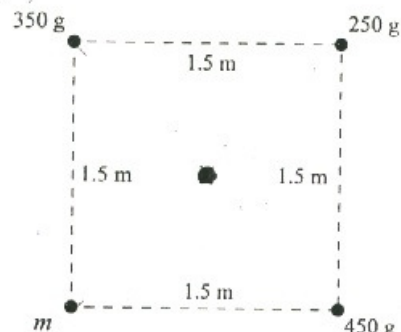


DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006. - 1. Grupa  
Vis, 11.-14. svibnja 2006.

**Zadatak 1** (18 bodova)

U vrhovima kvadrata stranice 1.5 m pričvršćena su tri tijela mase 250 g, 350 g, 450 g i jedno tijelo nepoznate mase  $m$  (vidi sliku). U sredini kvadrata nalazi se još jedno tijelo koje u jednom trenutku pustimo gibati iz stanja mirovanja. Odredite (barem jednu) vrijednost mase  $m$  koja će za početnu akceleraciju tijela u sredini kvadrata, uslijed gravitacijskog privlačenja, dati vrijednost od  $10^{-11} \text{ m/s}^2$ . Skicirajte smjer ukupne sile na tijelo u sredini kvadrata (s točnošću od  $45^\circ$ ).  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$ .



**Zadatak 2** (17 bodova)

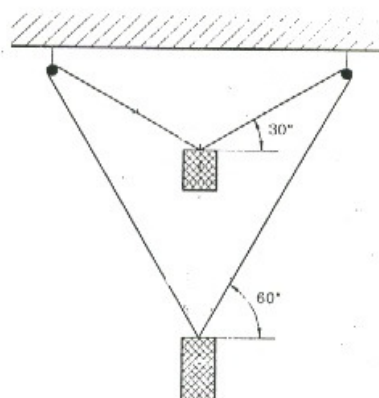
S vrha kosine, koja s horizontalom zatvara kut  $30^\circ$ , pusti se gibati tijelo zanemarivih dimenzija. Nakon što dođe do dna kosine, tijelo se nastavlja gibati po vodoravnoj podlozi. I kosina i vodoravna podloga su načinjeni od istog materijala, pa je i koeficijent trenja na njima isti. Izračunajte taj koeficijent trenja, ako je put koji je tijelo prešlo po vodoravnom dijelu podloge jednak duljini kosine.

**Zadatak 3** (17 bodova)

S vrha nebodera koji ima 22 kata bacimo tijelo da slobodno pada. Nakon dvije sekunde tijelo se nalazi na visini koja odgovara podu osamnaestog kata, a sekundu kasnije na visini koja odgovara podu desetog kata. Odredite komponentu brzine kojom je tijelo bačeno i visinu nebodera u metrima. Da li je tijelo bačeno prema gore ili prema dolje? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Zanemarite trenje. Pretpostavite da je pod početnog kata nebodera u ravnini sa tlom, te da je debljina poda zanemariva.)

**Zadatak 4** (18 bodova)

Sistem od dva utega, dvije koloture zanemarivih dimenzija i dvije nerastezljive niti (vidi sliku) nalazi se u ravnoteži, u Zemljinom gravitacionom polju. Nađite omjer masa utega.



**DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA**  
*Vis, 11.-14. svibnja 2006.*

**Srednje škole – 1. grupa**

**EKSPERIMENTALNI ZADATAK**

**Određivanje koeficijenta trenja drvenog kvadra s podlogom**

**Pribor**

kugla nepoznate mase  
kvadar nepoznate mase  
stalak  
nit  
ravnalo

**Zadatak**

- a. Objasniti postupak i fizikalne osnove mjerenja koeficijenta trenje kvadra s podlogom (15 bodova)
- b. Odrediti koeficijent trenja (8 bodova)
- c. Provesti osnovni račun pogreške (7 bodova)

**Ukupno 30 bodova**

**Rezultati zadataka 1. grupe (2006.)**  
(državno natjecanje)

**Zadatak 1 (18 bodova)**

Ukupnu silu je najjednostavnije naći tako da se prvo zbroje (tj. oduzmu) doprinosi uzduž dijagonala.

Ukupna iznos sile  $F_-$  na tijelo u sredini koja dolazi od tijela mase  $m_1 = 450\text{g}$  i mase  $m_2 = 350\text{g}$ :

$$F_- = G \frac{Mm_1}{(b\sqrt{2}/2)^2} - G \frac{Mm_2}{(b\sqrt{2}/2)^2} = \frac{2GM}{b^2}(m_1 - m_2) \quad (2)$$

Sila je usmjerena pod kutem od  $-45^\circ$ .

Ukupni iznos sile  $F_+$  na tijelo u sredini koja dolazi od tijela mase  $m_3 = 250\text{g}$  i mase  $m$ :

$$F_+ = \left| G \frac{Mm_3}{(b\sqrt{2}/2)^2} - G \frac{Mm}{(b\sqrt{2}/2)^2} \right| = \frac{2GM}{b^2} |m_3 - m| \quad (2)$$

Smjer sile  $F_+$  je, ovisno o relativnom odnosu masa  $m_3$  i  $m$ , pod kutem od  $45^\circ$  ili  $135^\circ$ .

Ukupni iznos sile na tijelo u sredini kvadrata, zbog toga što su  $F_+$  i  $F_-$  pod pravim kutem, jest:

$$F = \sqrt{F_+^2 + F_-^2} = \frac{2GM}{b^2} \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + (m_3 - m)^2} \quad (4)$$

Akceleracija tijela u sredini kvadrata jednaka je:

$$Ma = F \quad \Rightarrow \quad Ma = \frac{2GM}{b^2} \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + (m_3 - m)^2} \quad (2)$$

Odatle slijedi:

$$a = \frac{2G}{b^2} \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + (m_3 - m)^2} \quad \Rightarrow \quad (m_3 - m)^2 = \left( \frac{ab^2}{2G} \right)^2 - (m_1 - m_2)^2 \quad (3)$$

Uvrštavanjem:

$$(m - m_3)^2 = 0.01845 \quad \Rightarrow \quad m - m_3 = \pm 0.136 \text{ kg} = \pm 136 \text{ g} \quad (2)$$

Dakle, moguća su dva rješenja:

$$\text{I rješenje:} \quad m = m_3 + 136 = 386 \text{ g} \quad (\text{smjer sile između } 225^\circ \text{ i } 270^\circ) \quad (3)$$

$$\text{II rješenje:} \quad m = m_3 - 136 = 114 \text{ g} \quad (\text{smjer sile između } 0^\circ \text{ i } 45^\circ)$$

**Zadatak 2 (17 bodova)**

Zakon očuvanja energije za gibanje po kosini daje:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + F_r l \quad (2)$$

gdje je  $h$  visina vrha kosine, a  $l$  njena duljina. Tu smo uzeli u obzir da tijelo savladava konstantnu silu trenja na putu  $l$ .

Sila trenja jednaka je:

$$F_r = \mu T \quad (2)$$

( $T$  – pritisak tijela na podlogu/kosinu). Na kosini, sila  $T$  je jednaka:

$$T = mg \times \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

Iz gornjih izraza možemo napisati kolika je kinetička energija tijela u podnožju kosine:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{\sqrt{3}}{2} \mu mgl \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = mgh - \frac{\sqrt{3}}{2} \mu mgl \quad (2)$$

Za gibanje po ravnoj podlozi vrijedi također zakon očuvanja energije:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu mgl \quad (2)$$

Uvrštavanjem u gornji izraz dobivamo:

$$\mu mgl = mgh - \frac{\sqrt{3}}{2} \mu mgl \quad \Rightarrow \quad \mu l \left( 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = h \quad (2)$$

Uvažavajući činjenicu da je

$$h = \frac{1}{2}l \quad (1)$$

dobivamo izraz za koeficijent trenja:

$$\mu = \frac{1/2}{1 + \sqrt{3}/2} = \frac{1}{2 + \sqrt{3}} = 0.2679 \quad (2)$$

### Zadatak 3 (17 bodova)

Ako ishodište postavimo na vrh nebodera, tada za gibanje u okomitom smjeru vrijedi:

$$y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

( $v_0$  – početna brzina u okomitom smjeru; pozitivan smjer  $y$  osi je suprotan ubrzanju sile teže.)

Gibanje u vodoravnom smjeru, ako i postoji, ovdje nije važno. (1)

Udaljenost od vrha nebodera do 18., tj. 10. kata jednaka je:

$$H_{18} = 5h \quad (1)$$

$$H_{10} = 13h \quad (1)$$

( $h$  – visina jednog kata). Uvrštavanje u prvi izraz daje dvije jednadžbe:

$$-5h = v_0 t_0 - \frac{1}{2}gt_0^2 \quad (1)$$

$$-13h = v_0(t_0 + \Delta t) - \frac{1}{2}g(t_0 + \Delta t)^2 \quad (1)$$

Uvrštavanjem vrijednosti  $t_0 = 2$  s,  $\Delta t = 1$  s i  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, dobivamo sustav dvije jednadžbe s dvije nepoznanice:

$$-5h = 2v_0 - 20$$

$$-13h = 3v_0 - 45$$

Rješavanjem sustava dobivamo:

$$v_0 = \frac{35}{11} = 3.182 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$h = \frac{30}{11} = 2.727 \text{ m} \quad (3)$$

Prema tome, visina nebodera je

$$H = 22h = 60 \text{ m.} \quad (3)$$

Tijelo je bačeno s vrha nebodera prema gore (zbog  $v_0 > 0$ ). (1)

### Zadatak 4 (18 bodova)

Rastavimo napetost u niti na gornjem utegu, u vodoravnu i okomitu komponentu:

$$F_1^2 = F_{1x}^2 + F_{1y}^2, \quad (1)$$

$$F_{1y} = \frac{1}{2} m_1 g, \quad (2)$$

$$\frac{F_{1y}}{F_{1x}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Slično vrijedi i za napetost niti na donjem utegu:

$$F_2^2 = F_{2x}^2 + F_{2y}^2, \quad (1)$$

$$F_{2y} = \frac{1}{2} m_2 g, \quad (2)$$

$$\frac{F_{2y}}{F_{2x}} = \sqrt{3} \quad (2)$$

Kako se sistem nalazi u ravnoteži, sile  $F_1$  i  $F_2$  moraju biti jednake. Odatle slijedi:

$$F_{1x}^2 + F_{1y}^2 = F_{2x}^2 + F_{2y}^2 \quad (2)$$

Uvrštavanjem gornjih izraza dobiva se:

$$\left(\sqrt{3}F_{1y}\right)^2 + F_{1y}^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}F_{2y}\right)^2 + F_{2y}^2 \quad \Rightarrow \quad 4F_{1y}^2 = \frac{4}{3}F_{2y}^2 \quad (4)$$

Slijedi traženi omjer masa:

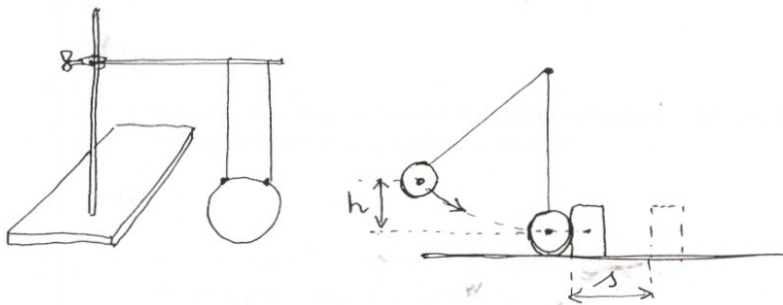
$$\frac{F_{2y}}{F_{1y}} = \sqrt{3} \quad \Rightarrow \quad \frac{m_2}{m_1} = \sqrt{3} \quad (2)$$

Rješavanje eksperimentalnog zadatka :

ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA TRENJA  
 $\mu$  KVADRA I PODLOGE

PRIBOR : STATIV  
 KUGLA  
 KVADAR  
 RAVNALO

POSTUPAK :



KUGLA I KVADAR JEDNAKIH SU MASA, KUGLU  
 POKAKNEMO NA NEKU VISINU I PUSTIMO. SUDAR  
 KUGLE I KVADRA MORA BITI CENTRALNI. MJERENJEM  
 VISINE  $h$  I POKAKA KVADRA NAKON SUDARA  $s$   
 U MOGUĆNOSTI SMO ODREDITI KOEFICIJENT  $\mu$ .

$$\Delta E_{PKUGLE} = W_{KVADRA}$$

$$mgh = \mu mg \cdot s$$

$$\mu = \frac{h}{s}$$

OVIM POKUSOM MOŽEMO ISPITATI I ZAKON  
 OČUVANJA ENERGIJE, PRETVORBU  $E_p$  U  $E_k$ !

TABLIČNI PRIKAZ :

$h/m$	$s/m$	$\mu$

$m/kg$	$h/m$	$E_p/J$	$v/m/s$	$E_k$

$$\bar{\mu} =$$