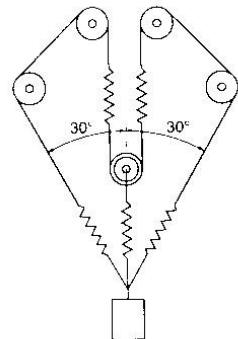


**DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2003. - 1. Grupa**  
Osijek, 15.-18. svibnja 2003.

**Zadatak 1** (17 bodova)

Sustav od četiri nepomične i jedne pomične koloture, nerastezljive niti, pet identičnih opruga i utega mase 2 kg (vidi sliku), nalazi se u vertikalnoj ravnni u ravnoteži u Zemljinom gravitacijskom polju. Ako su konstante opruga jednake 80 N/m, odredite njihovo produljenje.



**Zadatak 2** (17 bodova)

Sa vrha kosine duljine 1 m i nagiba  $30^\circ$  pustimo tijelo da klizi bez trenja. Kolika će biti brzina tog tijela na dnu kosine, ako se kosina – po vodoravnoj podlozi – također može gibati bez trenja? Kako se, u tom trenutku, odnose putevi koje su kosina i tijelo prešli od početka gibanja? Masa kosine je sedam puta veća od mase tijela. (Dimenzije tijela su zanemarivo male u odnosu na dimenzije kosine.)

**Zadatak 3** (19 bodova)

Dvije prazne uspravne posude cilindričnog oblika – nazovimo ih posude A i B – postavljene su na vodoravnu podlogu i povezane međusobno vodoravnom cjevčicom. U posudu A nalijevamo vodu konstantnom brzinom, a u posudi B mjerimo ovisnost nivoa vode o vremenu. Odredite omjer površina posuda, te visinu na kojoj se nalazi cjevčica, ako su poznata tri izmjerena para vrijednosti (vrijeme, nivo vode) u posudi B (vidi tabelu). Obrazložite postupak. (Volumen cjevčice koja spaja posude je zanemariv u odnosu na volumen posuda, dok je protok kroz nju puno brži od brzine kojom nalijevamo vodu u posudu A. Zanemarite trenje i eventualne posljedice nastajanja valova.)

vrijeme (min)	nivo vode (cm)
8	2.0
10	3.0
15	5.0

**Zadatak 4** (17 bodova)

Tanki valjkasti štapić leda duljine 10 cm pustimo da okomito padne u vodu. Koju dubinu će doseći gornja ploha štapića ako je njegova donja ploha prije puštanja bila 1 cm iznad površine vode? Gustoća leda je 10% manja od gustoće vode. (Zanemarite trenje i eventualne gubitke od nastajanja valova, te činjenicu da se led u vodi polagano topi.)

**DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2003**  
**Eksperimentalni zadatak – 1 razred**

**Određivanje volumena šupljine i mase šupljeg tijela**

**Pribor:**

- Menzura s vodom
- Ping-pong loptica punjena
- Ping-pong loptica sa šupljinom
- Mjerilo od 10 cm

**Zadatak**

- |  |           |
|--|-----------|
| a) objasniti postupak i fizikalne osnove mjerjenja traženih veličina | 15 bodova |
| b) odrediti gustoću tijela   | 5 bodova  |
| c) odrediti volumen šupljine   | 5 bodova  |
| d) odrediti masu šupljeg tijela                                      | 5 bodova  |

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Napomena:

- Zadatak riješiti isključivo danim priborom

**Rezultati zadatka 1. grupe (2003.)**  
(državno natjecanje)

**Zadatak 1 (17 bodova)**

S obzirom da opruge samo prenose sile, u prvom koraku ih možemo 'zamijeniti s niti'. U hvatištu utega, vektorski zbroj sila mora biti jednak nuli. To znači:

$$2F_0 + F_1 = mg \quad (2)$$

( $F_1$  - sila koju prenosi okomita nit,  $F_0$  - komponenta sile  $F_0$  koju prenosi koso postavljena nit, paralelna sili  $F_1$ ). Zbog činjenica da je kut jednak  $30^\circ$ :

$$F_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} F_1 \quad (2)$$

Zbog toga što se pomična kolotura ne giba, slijedi:

$$F_1 = 2F_2 \quad (2)$$

( $F_2$  - sila koju prenosi svaka nit iznad pomične koloture). Nit preko nepomičnih kolotura prenosi sile, te stoga mora biti i:

$$F_2 = F_0 \quad (1)$$

Kombiniranjem prvih dviju i drugih dviju jednadžbi dobivamo sistem:

$$\sqrt{3}F_0 + F_1 = mg \quad (2)$$

$$F_1 = 2F_0 \quad (2)$$

odakle dobivamo:

$$F_0 = F_2 = \frac{mg}{2 + \sqrt{3}} \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{2mg}{2 + \sqrt{3}} \quad (2)$$

Odatle slijede pripadna produljenja opruga:

$$\Delta l_0 = \Delta l_2 = \frac{mg/k}{2 + \sqrt{3}}, \quad \Delta l_1 = \frac{2mg/k}{2 + \sqrt{3}} \quad (2)$$

Uvrštavanjem:

$$\Delta l_0 = \Delta l_2 = 6.699 \text{ cm}, \quad \Delta l_1 = 13.40 \text{ cm} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (2)$$

$$\Delta l_0 = \Delta l_2 = 6.571 \text{ cm}, \quad \Delta l_1 = 13.14 \text{ cm} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \quad (2)$$

**Zadatak 2 (17 bodova)**

S obzirom da se i tijelo i kosina mogu slobodno gibati, osim što je sačuvana energija, sačuvana je i ukupna količina gibanja sustava, ali samo u vodoravnom smjeru. (3)

Zakon očuvanja energije i impulsa:

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

$$0 = mv - MV \quad (3)$$

( $m, M$  - mase tijela i kosine,  $v, V$  - brzine tijela i kosine,  $v_0$  - vodoravna komponenta brzine tijela).

Kako je kut kosine  $30^\circ$ , slijedi:

$$v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} v \quad \text{i} \quad h = \frac{1}{2} l. \quad (2)$$

Uvrštavanjem toga u zakon očuvanja impulsa, te eliminiranjem brzine kosine, dobivamo:

$$gl = v^2 \left( 1 + \frac{3}{4} \frac{m}{M} \right) \Rightarrow v = \sqrt{gl / \left( 1 + \frac{3}{4} \frac{m}{M} \right)} \quad (2)$$

Uvrštavanjem:

$$\begin{aligned} v &= 3.005 \text{ m/s } (g = 10 \text{ m/s}^2) \\ v &= 2.977 \text{ m/s } (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \end{aligned} \quad (1)$$

Ako stavimo ishodište koordinatnog sustava u sjecište kateta kosine, onda možemo pisati:

$$m \cdot 0 + MX_T = m(0 - \Delta x) + M(X_T + \Delta X) \quad (2)$$

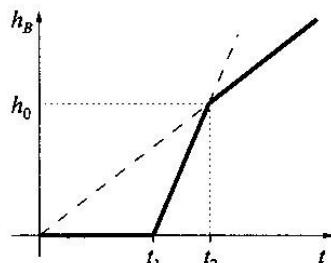
Pri tom je potpuno nebitno koliko zaista iznosi  $X_T$  – položaj težišta kosine!

Slijedi:

$$\frac{\Delta x}{\Delta X} = \frac{m}{M} = 1/7 \quad (2)$$

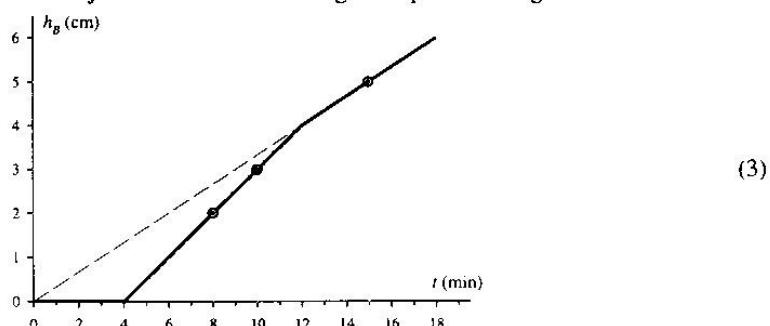
### Zadatak 3 (19 bodova)

Jedan od načina na koji se zadatak može riješiti jest grafički. Okvirno ponašanje nivoa vode u posudi B je skicirano na slici:



- do trenutka  $t_1$ , dok voda u posudi A ne dosegne visinu  $h_0$  na kojoj je cjevčica, vode u posudi B nema (1)
- od  $t_1$  do  $t_2$  se puni samo posuda B (1)
- nakon  $t_2$ , pune se obje posude zajedno (kao da nema cjevčice); nivo tekućine raste sporije nego u prethodnom slučaju (2)
- produžetak pravca koji vrijedi nakon vremena  $t_2$ , prolazi kroz ishodište! (2)

Postoji samo jedan način na koji se točke iz zadatka mogu uklopiti na dani graf:



Sa grafa se odmah mogu očitati podaci:

$$h_0 = 4 \text{ cm } (\text{visina cjevčice}) \quad (2)$$

$$t_1 = 4 \text{ min}, t_2 = 12 \text{ min.} \quad (2)$$

Nadalje, ako s  $I$  označimo brzinu kojom nadolijevamo vodu u posudu, onda nivo vode u pojedinim slučajevima raste kao:

$$\frac{\Delta h_B}{\Delta t} = \frac{I}{S_B}, \quad \text{za } t_1 \leq t \leq t_2 \quad (2)$$

$$\frac{\Delta h_B}{\Delta t} = \frac{I}{S_B + S_A}, \quad \text{za } t \geq t_2 \quad (2)$$

Uvrštavanjem pripadnih vrijednosti u te izraze, dobivamo sustav dviju jednadžbi:

$$\frac{S_B}{I} = 2 \quad \text{i} \quad \frac{S_A + S_B}{I} = 3 \quad (1)$$

odakle slijedi traženi omjer:

$$S_B : S_A = 2 : 1. \quad (1)$$

#### Zadatak 4 (17 bodova)

Kada je ledeni štapić u potpunosti van vode, onda je sila koja na njega djeluje jednaka:

$$F_1 = mg \quad (2)$$

Kada je štapić *djelomično u vodi*, onda je sila jednaka:

$$F_2(x) = mg - Sx\rho_v g = mg \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_L} \frac{x}{h}\right) = mg \left(1 - \frac{1}{9}x\right) \quad (4)$$

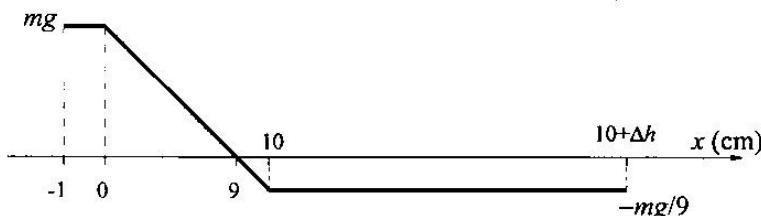
gdje smo s  $x$  označili udaljenost donje plohe štapića od površine vode u centimetrima [ $\rho_{VL}$  – gustoća vode (leda)]. Uočimo da je ravnotežni položaj štapića za:

$$x = 9 \text{ cm} \quad (2)$$

Kada je štapić u potpunosti u vodi, onda na njega djeluje ukupna sila (suprotnog smjera od sile  $F_1$ ):

$$F_3 = -mg \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} - 1\right) = -\frac{1}{9}mg \quad (2)$$

To možemo grafički prikazati u 'sila-položaj' grafu (os za silu ovdje nije nacrtana):



gdje smo s  $\Delta h$  označili maksimalnu dubinu do koje je došao vrh štapića. S obzirom da rad/energija odgovara površini ispod krivulje, moraju se podudarati površine ispod i iznad x-osi:

$$mg \cdot 1 + \frac{1}{2}mg \cdot 9 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{9}mg \cdot 1 + \frac{1}{9}mg \cdot \Delta h \quad (5)$$

Nakon kraćenja s  $mg$ , dobivamo:

$$1 + \frac{9}{2} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} \cdot \Delta h \quad \Rightarrow \quad \Delta h = 9 + \frac{81}{2} - \frac{1}{2} = 49 \text{ cm} \quad (2)$$

**RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA**

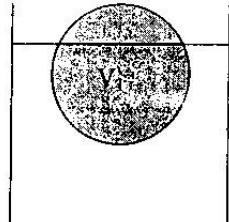
**I.GRUPA**

- a) Objasnjenje postupka i fizikalne osnove mjerjenja ..... 15 bodova
- b) Određivanje gustoće tijela..... 5 bodova
- c) Određivanje volumena šupljine..... 5 bodova
- d) Određivanje mase šupljeg tijela..... 5 bodova

UKUPNO : 30 bodova

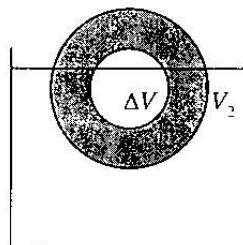
1)

$$V_1 \cdot \rho_v \cdot g = V \cdot \rho_{uj} \cdot g$$



$$\rho_{uj} = \frac{V_1}{V} \cdot \rho_v$$

2)



$$V_2 \cdot \rho_v \cdot g = (V - \Delta V) \cdot \rho_{uj} \cdot g$$

$$V_2 \cdot \rho_v = (V - \Delta V) \cdot \frac{V_1 \cdot \rho_v}{V}$$

$$V_2 \cdot V = (V - \Delta V) \cdot V_1$$

$$\Delta V = V \cdot \left( 1 - \frac{V_2}{V_1} \right)$$

3)

$$m = (V - \Delta V) \cdot \rho_{uj}$$