

# ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ И МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА

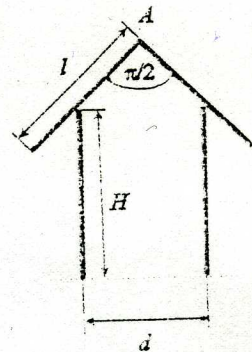
Задаци за републичко такмичење ученика средњих школа из физике-I разред  
11. мај 2002.

1. Три тачке се налазе на теменима једнакостраничног троугла стране  $a = 3\text{m}$ , истовремено почињу да се крећу константним брзинама интензитета  $v = 1\text{m/s}$ , при чему прва све време држи курс ка другој, друга ка трећој, а трећа ка првој. Израчунати време након ког долази до истовременог судара све три тачке. (20 п)

2. Цреп масе  $m = 0.5\text{kg}$  почне да се креће са врха крова без почетне брзине. Ивице крова куће заклапају прав угао, а дужина ивице крова је  $l = 6\text{m}$ . Ширина куће је  $d = 7\text{m}$ , а висина од подножја до тачке која додирује ивицу крова је  $H = 10\text{m}$ . Цреп се креће једнако убрзано по крову. Кретања црепа по крову траје 2 пута дуже од кретања црепа од крова до гла.

а) Колико времена треба црепу да падне са врха крова (тачка А) на тло и на којем ће растојању пасти у односу на подножје куће? Занемарити димензије комада црепа у односу на кућу.  $g = 9.81\text{m/s}^2$ . (10 п)

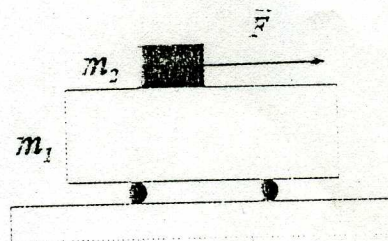
б) Одредити коефицијент трења  $\mu$  између црепа и крова. (3п)  
 ц) Тло око куће је неравно, на месту пада црепа је нормално на његову брзину. Време интеракције између црепа и гла износи  $\Delta t = 0.1\text{s}$ , а цреп може да издржи да не пукне максималну силу од  $F_{\text{max}} = 75\text{N}$ . Да ли ће цреп пући? Сматрати да се при удару у тло цреп успорава равномерно. (7 п)



3. На платкој хоризонталној подлози мирују колица масе  $m_1$  и на њима тело масе  $m_2$ . На тело почне да делује хоризонтална сила чији се интензитет мења са временом по закону  $F = ct$ , где је  $c$  константа. Коефицијент трења између тела и колица је  $\mu$ , а трење котрљања између колица и подлоге се занемарује. Клизање тела по колцима почиње у тренутку  $t_0$ .

а) Нађите како од времена зависи убрзање колица  $a_1$  и убрзање тела  $a_2$  (не разматрати случај када тело падне са колица). (8 п)

б) Нађи максималну вредност силе трења мировања  $F_{\text{стат}}^{\text{max}}$  и брзину колица  $v_1$  и тела  $v_2$  у тренутку  $t_0$ . (7 п)



4. Суд масе  $M = 4.5\text{kg}$ , направљен од топлотно непроводног материјала, пада без почетне брзине са висине  $H = 10\text{m}$ . У суду се налази  $m = 500\text{g}$  хелијума. На коју висину  $h$  одскаче суд после апсолутно еластичног судара са подлогом (судар при коме не мења кинетичку енергију). Сматрати да се осцилације гаса у суду веома брзо пригушују. Занемарити трење суда са ваздухом, као и преношење енергије гаса на суд у току посматраног процеса. (20п)

5. Диск може да ротира око хоризонталне осовине. На њега је намотан дуг неистегљив конач, на чији се слободан крај вешају тегови различитих маса. Мерењем времена спуштања тегова, без почетне брзине, за исту висину, између два сензора дигиталног мерача времена добијене су следеће вредности:

$m$ [g]	11	14	18	22	25
$t$ [s]	5.47	4.65	3.91	3.53	3.12
	5.40	4.60	3.89	3.39	3.20
	5.33	4.55	3.89	3.28	3.25

Пречник диска измерен нонијусом чија је вредност најмањег подеока  $\Delta d = 0.1\text{mm}$ , износи  $d = 18.00\text{cm}$ . Вредност најмањег подеока на дигиталном мерачу времена је  $\Delta t = 0.01\text{s}$ . Растојање између сензора је измерено метарском траком и износи  $h = (41.0 \pm 0.2)\text{cm}$ . Грешка масе тегова се занемарује.

- Изразити експлицитно зависност угаоног уобразања диска од момента силе која га ротира. (3п)
- Нацртати график ове зависности на основу резултата мерења. (8п)
- Одредити са графика коефицијент правца праве и одсечак на ординати, као и њихове апсолутне грешке. (6п)
- Одредити момент инерције диска са његовом апсолутном грешком. (4п)
- Одредити момент силе трења у лежишту осовине са његовом апсолутном грешком. (4п)

Такмичарима желимо успешан рад!

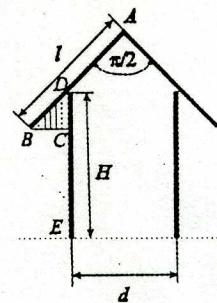
Задатке припремили: Душко Борка (1-3) Мићо Митровић (4) и Андријана Жекић (5)

Рецензент: Мићо Митровић

Председник комисије: Мићо Митровић

1. Брзина сваке честице се мења као вектор са временом, али се не мења по интензитету. Пошто је проблем симетричан довољно је посматрати тачку 1. Са становишта посматрача везаног за тачку 1, он ће се праволинијски кретати брзином интензитета  $u$  у односу на тачку 2 и до судара ће прећи растојање  $a$ . Укупно време кретања материјалне тачке до судара је  $t = a/u$  (5 п), где је  $u$  интензитет релативне брзине тачке 1 и 2 тј.  $u = v + v \cos 60^\circ = v + v/2 = 3v/2$  (10 п), а  $v$  је интензитет брзине тачака у односу на непокретног посматрача. Из ових израза добијамо да је тражено време  $t = 2a/3v = 2$  s (5 п).

2. а) Из троугла  $BCD$  видимо да је  $x = BC = CD = l\sqrt{2}/2 - d/2 = 0.74$  m (2 п). Од тачке  $B$  до гла вертикално растојање је  $h = H - x = 9.26$  m (1 п). Време за које комад црепа пређе растојање  $AB = l = at_1^2/2$  (1 п) је  $t_1 = 2t_2$  (1 п) где је  $t_2$  време потребно да комад црепа падне од тачке  $B$  на тло. Значи важи  $h = vt_2\sqrt{2}/2 + gt_2^2/2$  (1 п), где је  $v$  интензитет брзине коју ће комад црепа имати у тачки  $B$ , тј.  $v = at_1 = l/t_2$  (1 п), јер је  $a = l/2t_2^2$ . Укупно време кретања посматраног комада црепа је  $t = t_1 + t_2 = 3\sqrt{2(h - l\sqrt{2}/2)}/g = 3.03$  s (2 п). Комад црепа ће пасти на растојање  $s = vt_2\sqrt{2}/2 + x = l\sqrt{2} - d/2 = 4.99$  m (1 п) од подножја куће.

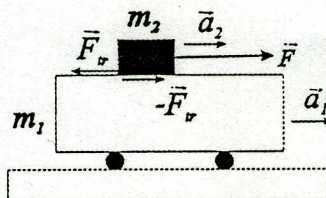


б) За време кретања црепа по крову важи  $ma = mg\sqrt{2}/2 - \mu mg\sqrt{2}/2$  (2 п); па одатле следи  $\mu = 1 - a\sqrt{2}/g = 0.58$ . (1 п)

ц) За тренутак интеракције црепа и подлоге важи  $N_y - mg = mv_y/\Delta t$  (2 п) и  $N_x = mv_x/\Delta t$  (2 п), где су  $v_x = v\sqrt{2}/2$  (1 п) и  $v_y = v\sqrt{2}/2 + gt_2$ .

Пошто је Укупна сила која делује на цреп је  $\vec{F} = \frac{m}{\Delta t} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 73.55$  N, цреп неће пући.

3. а) За  $t < t_0$  тело се не креће у односу на колица, па важи  $a_1 = a_2 = a$  (1 п) и  $F = (m_1 + m_2)a$  (1 п), одакле је  $a = ct/(m_1 + m_2)$  (1 п). За  $t \geq t_0$  почиње клизање тела по колицима, па тада важе једначине  $m_1 a_1 = F_{ir}$  (1 п),  $m_2 a_2 = F - F_{ir}$  (1 п) и  $F_{ir} = \mu m_2 g$  (1 п) одакле се добија  $a_1 = \mu m_2 g / m_1$  (1 п) и  $a_2 = (ct/m_2 - \mu g)$  (1 п).



б) У  $t = t_0$  непосредно пре него што тело почне да клизи сила трења мировања има максималну вредност  $F_{ir} = F_{ir, \max}$ . Посто се тада још увек оба тела крећу као једна целина важиће једначине  $m_1 a = F_{ir, \max}$  (1 п),  $m_2 a = F - F_{ir, \max}$  (1 п) и  $F = ct_0$  (1 п), одакле следи  $F_{ir, \max} = ct_0 m_1 / (m_1 + m_2)$  (1 п). Површина испод графика силе једнака је импулсу тела и колица  $F(t_0)t_0/2 = (m_1 + m_2)v$  (2 п), па је  $v_1(t_0) = v_2(t_0) = v = ct_0^2/2(m_1 + m_2)$  (1 п).

4. Брзина суда, молекула гаса и њиховог центра масе пре судара  $v = \sqrt{2gH}$ . После судара суд има исту брзину на горе [1], молекули гаса на доле [2]. Брзина центра масе система на горе  $v_{cm} = \frac{m_0 - m}{m_0 + m} v = \frac{m_0 - m}{m_0 + m} \sqrt{2gH}$  [9], па се пење на висину

$$H_1 = \left( \frac{m_0 - m}{m_0 + m} \right)^2 H = \left( \frac{4}{5} \right)^2 H = 6.4 \text{ m [2].}$$

$$5. ma = mg - T \quad I\alpha = M - M_t \Rightarrow \alpha = \frac{1}{I}M - \frac{M_t}{I} \quad (3)$$

m [g]	t <sub>i</sub> [s]	t [s]	Δt [s]	α [s <sup>-2</sup> ]	Δα [s <sup>-2</sup> ]	M [·10 <sup>-3</sup> Nm]	ΔM [·10 <sup>-3</sup> Nm]
11	5.47	5.40	0.07	0.312	0.0098	9.684	0.036
	5.40			0.31	0.01	9.68	0.04
	5.33						
14	4.65	4.60	0.05	0.431	0.012	12.31	0.041
	4.60			0.43	0.02	12.3	0.04
	4.55						
18	3.91	3.897	0.013	0.5999	0.0073	15.805	0.028
	3.89	3.90	0.02	0.600	0.008	15.80	0.03
	3.89						
22	3.53	3.40	0.13	0.788	0.065	19.28	0.17
	3.39		0.2	0.79	0.07	19.3	0.2
	3.28						
25	3.12	3.19	0.06	0.894	0.039	21.89	0.11
	3.20		0.89	0.04	21.9	0.1	
	3.25						

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} ; \quad \Delta t = \max\{t_s - t_i\} \quad (0.5) ; \quad \alpha = \frac{4h}{dt^2} \quad (1) \Rightarrow \Delta\alpha = \alpha \left( \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta d}{d} + 2 \frac{\Delta t}{t} \right) \quad (0.5)$$

$$M = m \frac{d}{2} (g - a) = m \frac{d}{2} \left( g - \frac{2h}{t^2} \right) \quad (1) \Rightarrow \Delta M = M \left( \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h} + 2 \frac{\Delta t}{t} \right) \quad (0.5)$$

α = f(M) (8). Реципрочна вредност момента инерције система одговара коефицијенту правца, односно  $\frac{1}{I} = k = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{M_B - M_A}$ . За израчунавање његове вредности одабране су

следеће тачке: A(11·10<sup>-3</sup> Nm; 0.37 s<sup>-2</sup>) и B(20·10<sup>-3</sup> Nm; 0.8 s<sup>-2</sup>).

$$\frac{1}{I} = k = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{M_B - M_A} = \frac{(0.8 - 0.37) s^2}{(20 - 11) \cdot 10^{-3} \text{ Nm}} = 47.48 \frac{1}{\text{kgm}^2} \quad (4) \Rightarrow I = \frac{1}{k} = 20.9 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \quad (3)$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta\alpha_B + \Delta\alpha_A}{\alpha_B - \alpha_A} + \frac{\Delta M_B + \Delta M_A}{M_B - M_A} = \frac{(0.012 + 0.065) s^2}{(0.8 - 0.37) s^2} + \frac{(0.17 + 0.1) \cdot 10^{-3} \text{ Nm}}{(20 - 11) \cdot 10^{-3} \text{ Nm}} = 0.21$$

$$\Delta k = 0.21 \cdot 47.48 \frac{1}{\text{kgm}^2} = 9.9 \frac{1}{\text{kgm}^2} \approx 10 \frac{1}{\text{kgm}^2} \quad (2) \Rightarrow k = (50 \pm 10) \frac{1}{\text{kgm}^2}$$

$$\Rightarrow \Delta I = I \frac{\Delta k}{k} = 20.93 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \cdot 0.21 = 4.4 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \quad (1)$$

$$\Rightarrow I = (21 \pm 5) \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 = (2.1 \pm 0.5) \cdot 10^{-2} \text{ kgm}^2$$

I начин(4п): Вредност M<sub>t</sub> читана директно са графика-одсечак на апсциси-мања грешка.

M<sub>t</sub> = (3.2 ± 0.1) · 10<sup>-3</sup> Nm. Грешка одговара вредности најмањег подеока на апсциси. (3+1)

II начин(3.5п): Величини (-M<sub>t</sub>/I) одговара одсечак на у - оси чија вредност читана са графика износи b = (-0.15 ± 0.01) s<sup>2</sup>. Грешка одсечка је једнака грешци по ординати најближе експ. тачке.

$$\Rightarrow M_t = I \cdot b = 20.9 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \cdot 0.15 s^2 = 3.135 \cdot 10^{-3} \text{ Nm} \quad (3)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta M_t}{M_t} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta b}{b} = \frac{4.4}{20.9} + \frac{0.01}{0.15} = 0.277 \Rightarrow \Delta M_t = 0.87 \cdot 10^{-3} \text{ Nm} \approx 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ Nm} \quad (0.5)$$

$$\Rightarrow M_t = (3.1 \pm 0.7) \cdot 10^{-3} \text{ Nm}.$$

ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВОЙ УБЫТКА ОТ МОМЕНТА СМЯЖ

