



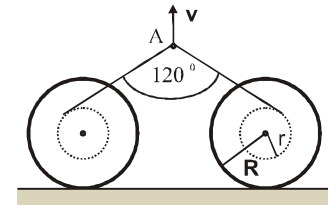
I РАЗРЕД

Друштво Физичара Србије  
Министарство Просвете Републике Србије  
ЗАДАЦИ

ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
БЕОГРАД  
09.04.2011.

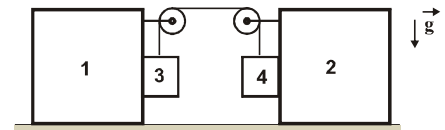
1. Танка, безмасена неистегљива нит је намотана на два идентична калема, који се налазе на хоризонталној подлози (слика 1). Део нити који није намотан на калемове се налази у равни која је вертикална у односу на раван у којој се налазе осе калемова. У тачки А, која се налази на средини нити између оса два калема, нит почне да се вуче вертикално навише константном брзином. Калемови почну да се котрљају по подлози без проклизавања. Сматрати да осе калемова током кретања не мењају правац, као и да нема проклизавања конца.

Одредити интензитет брзине којом се међусобно приближавају осе калемова у тренутку када је брзина тачке А једнака  $v$ , а угао који заклапа конац код тачке А једнак  $\beta = 120^\circ$  (видети слику 1). Унутрашњи полупречник калемова је  $r$ , а спољашњи полупречник калемова је  $R = 2r$ . (20п)



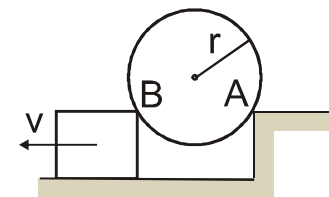
Слика 1.

2. У систему приказаном на слици 2 масе блокова 1 и 2 су једнаке  $M$ , а масе блокова 3 и 4 једнаке  $m$ . Блокови 3 и 4 су повезани безмасеном неистегљивом нити која је пребачена преко два идеална котура. Блокови 1 и 3, као и блокови 2 и 4 се у сваком тренутку налазе у међусобном контакту. Ако је систем почео да се креће из стања мировања, одредити интензитет убрзања сваког блока у односу на подлогу. Занемарити све силе трења у систему. (20п)



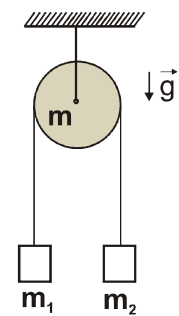
Слика 2.

3. Хомогени цилиндар масе  $m$  и полупречника основе  $r$  ослања се на две подлоге које имају исте висине (слика 3). Једна подлога (десна) је непокретна, а друга подлога (блок) се помера испод цилиндра константном брзином интензитета  $v$  као на слици 3. Одредити силу којом цилиндар делује на непокретну подлогу у тренутку када је растојање међу тачкама ослоња  $AB = r\sqrt{2}$ . Сматрати да је у почетном тренутку систем мировао и да су подлоге биле веома близу једна другој. Занемарити све силе трења у систему. (20п)



Слика 3.

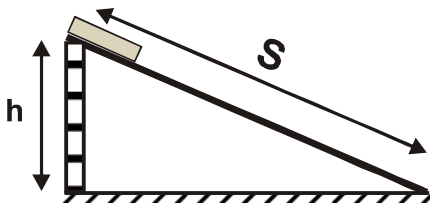
4. Преко котура масе  $m = 80\text{ g}$  је пребачен танак неистегљив канап на чијим крајевима обешена два тега маса  $m_1 = 100\text{ g}$  и  $m_2 = 200\text{ g}$  (слика 4). У почетном тренутку оба тег се налаза на истом растојању од подлоге и мирују. Ако се систем препусти себи, одредити силе затезања у канапу и убрзање тегова у односу на подлогу. Сматрати да нема проклизавања канапа преко котура и занемарити силу трења у осовини котура. Колика је брзина међусобног удаљавања тегова у тренутку када вертикално растојање између њих буде  $l = 20\text{ cm}$ ? (20п)



Слика 4.



5. Помоћу стрме равни експерименталним путем се одређује убрзање Земљине теже. Мало хомогено тело облика квадра се пусти да клизи низ глатку стрму раван од врха до подножја прелазећи увек исти пут  $S=80\text{ cm}$ . Помоћу одговарајућих сензора одређена су времена  $t_i$  за које тело, кренувши из стања мировања, пређе тај пут  $S$  за различите висине  $h$  (слика 5). Време је мерено дигиталним мерачем чија је тачност  $0,001\text{ s}$ . Ради једноставности занемарити грешке мерења висине  $h$  и пута  $S$ . У табели 1 су дати резултати мерења за пет различитих висина  $h$ .



Слика 5.

Табела 1.

$h$ [ cm ]	$t$ [ s ]
28	0,680
30	0,658
34	0,618
36	0,600
40	0,570

- а) Наћи теоријску зависност између мерених физичких величина  
б) Нацртати одговарајући график  
в) Графичком методом одредити убрзање Земљине теже и проценити грешку **(20п)**

Задатке припремио: др Зоран Мијић, Институт за физику, Београд

Рецензент: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење ДФС: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

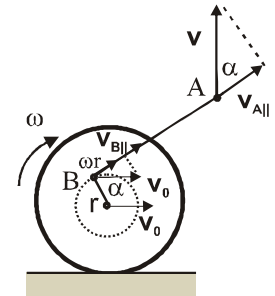


**I РАЗРЕД**

**Друштво Физичара Србије**  
**Министарство Просвете Републике Србије**  
**РЕШЕЊА ЗАДАТАКА**

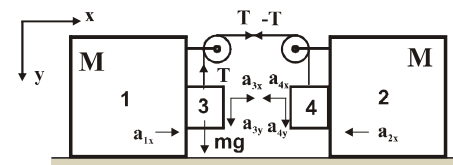
**ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ**  
**БЕОГРАД**  
**09.04.2011.**

**P1.** На слици 1 су приказане релевантне величине које се односе на кретање левог калема. Пошто нема клизања калема по подлози, брзина центра калема износи  $v_0 = \omega R$  (**3п**) где је  $R = 2r$  полупречник калема, а  $\omega$  угаона брзина. Пројекција брзине тачке  $A$  на правац  $AB$  је  $v_{A\parallel} = v/2$  (**3п**) (угао  $\alpha = 60^\circ$ ). Како нема проклизавања конца брзина тачке  $B$  дуж правца  $AB$  је  $v_{B\parallel} = \omega r + \sqrt{3}v_0/2$  (**5п**) при чему важи  $v_{A\parallel} = v_{B\parallel}$  (**4п**). Из претходног се за брзину центра калема добија  $v_0 = v/(1 + \sqrt{3})$  (**2п**). Из симетрије проблема слично важи и за десни калем па је тражена брзина међусобног приближавања калема  $v_p = 2v_0 = 2v/(1 + \sqrt{3})$  (**3п**).



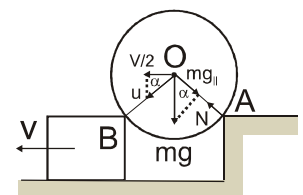
Слика 1.

**P2.** На слици 2 су приказане одговарајуће силе које делују на поједине блокове, као и претпостављени смерови убрзања. Из симетрије система се може закључити да мора да важи  $a_{1x} = a_{3x} = A$  (**2п**),  $a_{2x} = a_{4x} = -A$  (**2п**) и  $a_{3y} = a_{4y} = a$  (**2п**). Из услова неистегљивости конца мора да важи  $\Delta x_2 - \Delta x_1 + \Delta y_3 + \Delta y_4 = 0$  (**4п**) одакле следи  $-2At^2/2 + 2at^2/2 = 0$  тј.  $a = A$  (**2п**). За систем блокова 1 и 3 важи  $(M + m)A = T$  (**2п**), док за кретање блока 3 дуж  $y$  осе важи  $ta = mg - T$  (**2п**). Из претходног се за интензитет убрзање блокова 1 и 2 добија  $a = mg/(2m + M)$  (**2п**). Интензитет убрзања блокова 3 и 4 се налази из  $a_3 = a_4 = \sqrt{a_{3x}^2 + a_{3y}^2} = \sqrt{2} mg/(2m + M)$  (**2п**).



Слика 2.

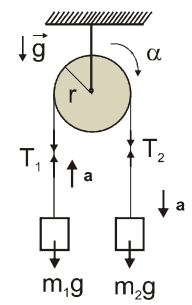
**P3.** Пошто се блок креће брзином  $v$ , оса цилиндра (тачка  $O$ ) ће увек бити тачно на средини између две тачке ослонца ( $A$  и  $B$ ) па ће хоризонтална компонента брзине осе цилиндра бити  $v/2$  (**5п**). Оса цилиндра се креће по кружници радијуса  $r$  око тачке ослонца  $A$  брзином  $u$  која је у сваком тренутку времена нормална на радијус  $AO = r$ . У датом тренутку када је  $\overline{AB} = r\sqrt{2}$  угао  $AOB$  је  $\alpha = 45^\circ$  (**3п**) (слика 3) па важи  $v/2 = u/\sqrt{2}$  одакле је  $u = v/\sqrt{2}$  (**4п**). Центрипетално убрзање осе цилиндра у односу на тачку  $A$  је  $a_{cp} = u^2/r$  па је једначина кретања осе цилиндра дуж правца  $AO$   $mu^2/r = mg/\sqrt{2} - N$  (**5п**) где је  $N$  сила реакције непокретне подлоге (сила реакције покретне подлоге је нормална на правац  $AO$ ). На основу III Њутновог закона сила  $N$  је тражена сила којом цилиндар делује на непокретну подлогу тј.  $N = mg/\sqrt{2} - mv^2/(2r)$  (**3п**).



Слика 3.

*Напомена: Очигледно је да мора бити испуњен услов  $v < \sqrt{gr\sqrt{2}}$*

**P4.** Једначине кретања тегова су  $m_1 a = T_1 - m_1 g$  (**2п**) и  $m_2 a = m_2 g - T_2$  (**2п**) док за ротацију катура важи  $I\alpha = (T_2 - T_1)r$  (**2п**) где је  $a = \alpha r$  (**2п**) угаоно убрзање катура,  $I = mr^2/2$  момент инерције катура, а  $r$  полупречник катура. Из претходног се за убрзање тегова налази  $a = (m_2 - m_1)g/(m_1 + m_2 + m/2) \approx 2,88m/s^2$  (**4п**), док су силе затезања канапа  $T_2 = m_2(g - a) \approx 1,39N$  (**2п**) и  $T_1 = m_1(g + a) \approx 1,27N$  (**2п**). Када је вертикално растојање између тегова  $l$ , тј. када сваки тег пређе пут  $l/2$ , брзина сваког је  $v = \sqrt{al}$  (**2п**), а њихова брзина удаљавања износи  $v_r = 2\sqrt{al} \approx 1,52m/s$  (**2п**)



Слика 4.



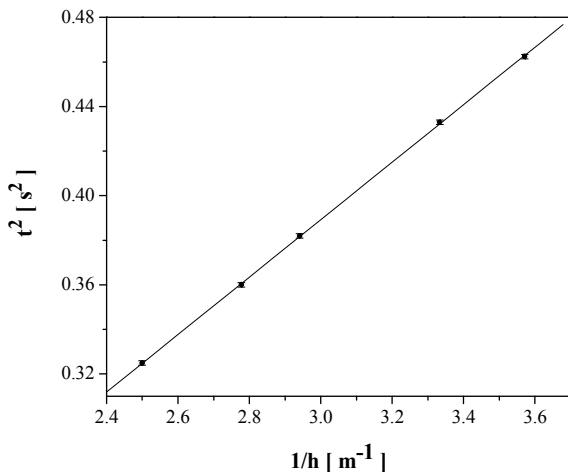
**49. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ**  
**УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2010/2011. ГОДИНЕ**



**P5.** Тело клизи низ стрму раван при чему увек прелази исти пут  $s = \frac{at^2}{2}$  **(1п)**. Једначина транслаторног кретања тела је  $ma = mg \frac{h}{s}$  **(2п)**. Из претходног се добија  $t^2 = \frac{2S^2}{g} \frac{1}{h}$  **(1п)** односно линеарна зависност  $t^2 = f\left(\frac{1}{h}\right)$  на основу које се може графичком методом одредити коефицијент правца  $k = \frac{2S^2}{g}$  **(1п)** одакле

Табела 1.

$t$ [s]	$t^2$ [s <sup>2</sup> ]	$\Delta t^2 = 2t\Delta t$	$h$ [m]	$1/h$ [m <sup>-1</sup> ]
0,680	0,4624 0,462	0,0013 0,002	0,28	3,571
0,658	0,4329 0,433	0,0013 0,002	0,30	3,333
0,618	0,3819 0,382	0,0012 0,002	0,34	2,941
0,600	0,3600 0,360	0,0012 0,002	0,36	2,777
0,570	0,3249 0,325	0,0011 0,002	0,40	2,5



Слика 5. Одређивање убрзања Земљине теже

се лако налази тражено убрзање Земљине теже. У табели 1 су приказане израчунате вредности одговарајућих величина, а на слици 5 је дат график  $t^2 = f\left(\frac{1}{h}\right)$ . Коректно састављена табела и нацртан

график вреде **(6п)**. Избором две неексперименталне тачке са графика, нпр. тачке А(2,62 m<sup>-1</sup> 0,34 s<sup>2</sup>) и тачке В(3,47 m<sup>-1</sup> 0,45 s<sup>2</sup>) може се одредити коефицијент правца праве као

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \Rightarrow k = 0,1294 \text{ s}^2 \text{ m} \text{ (2п)}$$

Релативна грешка коефицијента се рачуна према једначини  $\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta y_B + \Delta y_A}{y_B - y_A} + \frac{\Delta x_B + \Delta x_A}{x_B - x_A} \approx 0,029$  одакле

се налази  $\Delta k = 0,0037 \text{ s}^2 \text{ m}$  **(2п)** па се за коефицијент правца коначно налази  $k = (0,129 \pm 0,004) \text{ s}^2 \text{ m}$  **(1п)**.

Како је  $g = \frac{2S^2}{k} = 9,891 \text{ m/s}^2$  **(1п)** и  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta k}{k}$ , одакле је  $\Delta g \approx 0,28 \text{ m/s}^2$  **(1п)**, за убрзање Земљине теже се коначно добија  $g = (9,9 \pm 0,3) \text{ m/s}^2$  **(2п)**.

**Напомена:** Признаће се и другачија зависност

$$h = f\left(\frac{1}{t^2}\right) \text{ којом се добија коректан резултат}$$