



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2012/2013. ГОДИНЕ



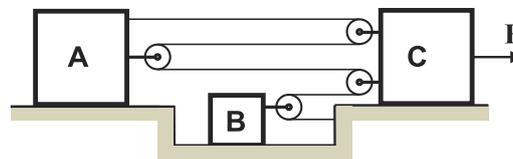
Друштво физичара Србије

I РАЗРЕД

Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије
ЗАДАЦИ

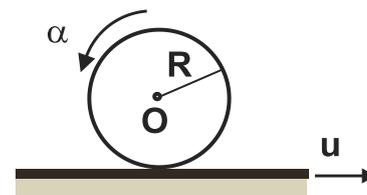
ОКРУЖНИ НИВО
09.03.2013.

1. У систему приказаном на слици 1 масе блокова А и С су $m_A = m_C = 2m$, док је маса блока В $m_B = m$. Блокови су међусобно повезани безмасеном неистегљивом нити, која је у сваком тренутку хоризонтална. У почетном тренутку систем се налази у стању мировања. У неком тренутку на блок С почне да делује хоризонтална сила F , константног интензитета, као на слици 1. Одредити убрзања блокова у односу на непокретну подлогу и силу затезања нити. Занемарити трење између блокова и подлоге, као и трење у котуровима. Сматрати да се масе котурова могу занемарити. (20п)



Слика 1.

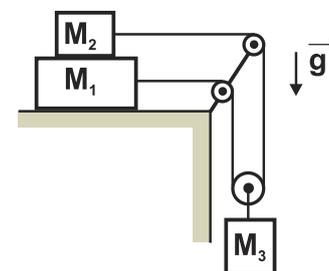
2. Точак полупречника R се налази на покретној траци која се креће праволинијски константном брзином u . Точак мирује у односу на траку, а креће се заједно са њом у односу на лабораторијски систем. У неком тренутку точак почне да се ротира око своје осе симетрије (тачка O) равномерним угаоним убрзањем α као на слици 2. Сматрати да се точак котрља по траци без проклизавања, да је све време у контакту са траком и да оса ротације точка не мења правац. Одредити број обртаја које точак направи од тренутка почетка убрзавања до тренутка када се точак врати у исти положај, у односу на лабораторијски систем, у којем је био када је почео да се креће убрзано? (15п)



Слика 2.

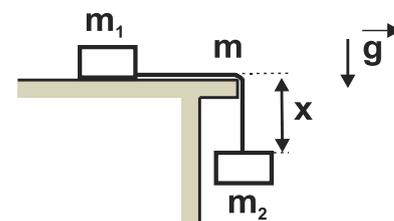
3. Аутобус се креће праволинијски константном брзином $v_A = 63 \text{ km/h}$. Иза њега, дуж истог правца и у истом смеру се креће бициклиста константном брзином $v_B = 33 \text{ km/h}$. Камион се креће праволинијски константном брзином $v_K = 52 \text{ km/h}$ тако да је у сваком тренутку растојање између камиона и бициклисте једнако растојању између камиона и аутобуса. Одредити интензитет брзине камиона у односу на аутобус. (20п)

4. На глатком хоризонталном столу налази се блок масе M_1 и на њему блок масе M_2 (слика 3). Маса блока M_3 је $M_3 = M_1 + M_2$. Блокови су повезани безмасеном неистегљивом нити. Ако се систем пусти да крене из стања мировања, одредити при ком односу маса M_1 и M_2 неће доћи до проклизавања између блокова. Коефицијент трења између блокова M_1 и M_2 је μ . Занемарити масу котурова, као и трење у њима. (20п)



Слика 3.

5. У систему приказаном на слици 4 блокови маса m_1 и m_2 су међусобно повезани неистегљивом нити. Нит је хомогена, укупне масе m и дужине l . У почетном тренутку тег масе m_1 се налази на глатком столу, док тег масе m_2 виси окачен о нит. Дужина дела нити који виси износи x (слика 4). Ако систем почне да се креће из стања мировања, одредити интензитет силе затезања у тачки на средини нити. Занемарити силу трења између стола и блока, као и између нити и стола. (25п)



Слика 4.

Задатке припремили: др Зоран Мијић, Институт за физику, Београд
Зоран Поповић, Физички факултет, Београд

Рецензент: др Невена Пуач, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичење ученика средњих школа: др Александар Крмпот, Институт за физику, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2012/2013. ГОДИНЕ



Друштво физичара Србије

I РАЗРЕД

Министарство просвете, науке и технолошког развоја

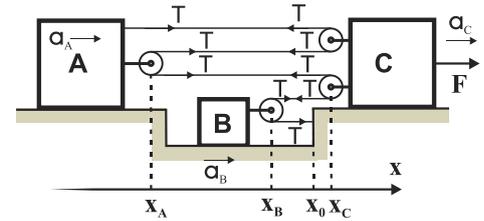
ОКРУЖНИ НИВО

Републике Србије

09.03.2013.

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

P1. На слици 1 су приказане релевантне силе које делују у систему. Једначине кретања блокова у односу на подлогу су $2ma_A = 3T$ (2п), $2ma_C = F - 4T$ (2п) и $ma_B = 2T$ (2п). Из услова неистегљивости конца следи да се укупна дужина нити не мења $l = const$ тј. важи $2\Delta x_B + 3\Delta x_A - 4\Delta x_C = 0$ (2п) одакле се налази веза између убрзања блокова $2a_B + 3a_A = 4a_C$ (4п). Из претходних једначина се налазе тражена убрзања $a_A = 2F/11m$ (2п) $a_B = 8F/33m$ (2п) $a_C = 17F/66m$ (2п) и сила затезања нити $T = 4F/33$ (2п).

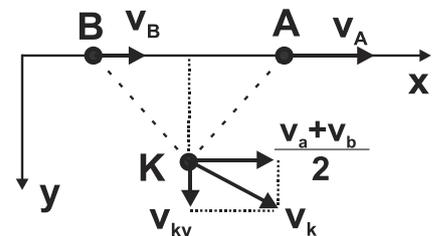


Слика 1.

P2. I-начин: Након што добије угаоно убрзање, точак успорава у односу на лабораторијски систем референце. Брзина у односу на лабораторијски систем у сваком тренутку до заустављања је $v = u - \alpha Rt$ (2п), а пређени пут је разлика путева које пређе трака у односу на лабораторију и центар точка у односу на траку $s = s_1 - s_1c = ut - \alpha Rt^2/2$ (2п). У лабораторијском систему точак се зауставља ($v=0$) након времена $t_1 = u/(R\alpha)$ (2п) и пређеног пута $s_1 = u^2/(2\alpha R)$ (2п) од места почетка убрзавања. Након заустављања, точак се почиње кретати у супротном смеру од кретања траке, у односу на лабораторијски систем. Од тренутка заустављања у лабораторијском систему, пређени пут центра точка у односу на траку је $s_{2c} = ut + \alpha Rt^2/2$, а у односу на лабораторијски систем референце $s = s_{2c} - s_1 = ut + \alpha Rt^2/2 - ut = \alpha Rt^2/2$ (2п). У тренутку повратка у тачку у којој је почео убрзавати точак пређе исти пут у односу на лабораторију тј. $s_2 = s_1 = \alpha Rt_2^2/2$. Одавде се добије да је $t_2 = t_1 = t = u/(R\alpha)$ (2п). Пут центра точка у односу на траку, од почетка убрзавања до повратка у почетни положај у односу на лабораторијски систем референце, је $s_c = s_{1c} + s_{2c} = u^2/(2\alpha R) + 3u^2/(2\alpha R) = 2u^2/(\alpha R)$ (2п). Број обртаја од тачке почетка убрзавања до повратка у ту тачку је $n = s_c / (2\pi R) = u^2/(\pi R^2\alpha)$ (1п).

II-начин: Брзина точка у односу на лабораторијски систем референце је једнака брзини траке u . Потом точак почне да убрзава угаоним убрзањем α . Пошто нема проклизавања, центар точка почне да се креће, у односу на траку, у смеру супротном од смера њеног кретања брзином $v = \alpha Rt$ (2п). Брзина центра точка се повећава и у једном тренутку када достигне интензитет брзине траке $u = \alpha Rt_1$ (2п), точак се заустави у односу на лабораторију. Даље, у односу на лабораторију, точак се креће супротно од смера кретања траке. У тренутку $t_2 = 2u/(R\alpha)$ (6п) точак достиже брзину траке у односу на лабораторију, али у смеру супротном од смера кретања траке и долази на место у односу на лабораторију као у тренутку почетка убрзања. До тог тренутка точак се заротира за угао $\varphi = (\alpha t_2^2)/2 = 2u^2/(R^2\alpha)$ (3п). Број обртаја у тренутку повратка у почетни положај је $n = \varphi/(2\pi) = u^2/(\pi R^2\alpha)$ (2п).

P3. На слици 2 је приказано задато кретање и релевантне брзине. Према услову задатка у сваком тренутку положаји аутобуса (А), бициклисте (В) и камиона (К) чине темења једнакокраког троугла. Очигледно је да се пројекција положаја камиона на правац кретања аутобуса и бициклисте (x оса) у сваком тренутку налази на половини растојања између А и В. Положај аутобуса се током времена мења према једначини $x_A(t) = x_{A0} + v_A t$ (2п), а бициклисте $x_B(t) = x_{B0} + v_B t$ (2п) где су x_{A0} и x_{B0} положаји аутобуса и бициклисте у неком почетном тренутку. Из претходног следи да се тачка која одговара половини растојања између А и В дуж x осе креће брзином $(v_A + v_B)/2$ (4п).



Слика 2.

Јасно је да камион мора да се креће дуж x осе са истом брзином $(v_A + v_B)/2$, а из познате нумеричке вредности за интензитет брзине камиона следи да он мора да се креће по неком другом правцу тако да пројекција његове брзине на x осу буде једнака $v_{kx} = (v_A + v_B)/2$ (4п). Са слике се налази у компонента брзине камиона која је једнака $v_{ky}^2 = v_k^2 - \left(\frac{v_A + v_B}{2}\right)^2$ (3п).

У односу на аутобус, у компонента брзине камиона се не мења, док је x компонента једнака $v_{kxA} = \frac{v_A + v_B}{2} - v_A$ (3п). Коначно тражени интензитет брзине камиона у односу на аутобус је

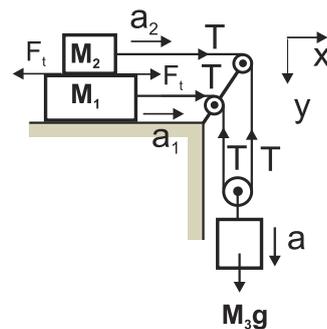
$$v_{kA} = \sqrt{v_{ky}^2 + v_{kxA}^2} = 25 \text{ km/h (2п).}$$



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2012/2013. ГОДИНЕ**



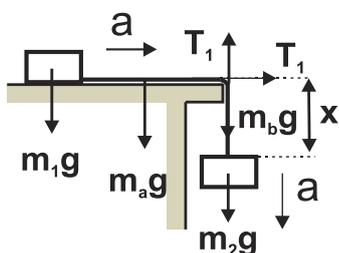
P4. На слици 3 је приказан случај када блокови проклизавају, одговарајуће силе које делују у систему, као и претпостављени смерови убрзања блокова. У случају $a_2 > a_1$ једначине кретања блокова су $M_2 a_2 = T - F_t$ (2п), $M_1 a_1 = T + F_t$ (2п) и $M_3 a = M_3 g - 2T$ (2п). У другом случају, када је $a_1 > a_2$ важи $M_2 a_2 = T + F_t$ (2п) и $M_1 a_1 = T - F_t$ (2п) док једначина за кретање блока M_3 остаје непромењена. Из услова неистегљивости конца важи $2\Delta y = \Delta x_1 + \Delta x_2$ одакле следи $2a = a_1 + a_2$ (2п). У граничном случају када нема проклизавања блокова, убрзања блокова на столу су једнака тј. $a_1 = a_2$ па из претходног кинематског услова важи $a_1 = a_2 = a$. У том граничном случају из претходних једначина следи да је $a = g/2$ (1п), односно $T = (M_1 + M_2)g/4$ (1п). За интензитет силе трења се у првом случају налази $F_t = (M_1 - M_2)g/4$ (1п), а у другом $F_t = (M_2 - M_1)g/4$ (1п), а како мора да буде испуњен услов $|F_t| \leq \mu M_2 g$ (2п) то се за тражени однос маса блокова коначно добија $1 - 4\mu \leq M_1/M_2 \leq 1 + 4\mu$ (2п)



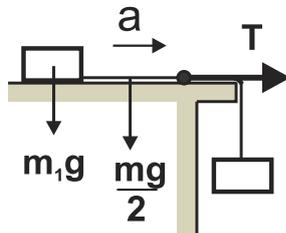
Слика 3.

P5. Нека је маса дела нити који виси $m_b = mx/l$ (2п) док је маса дела нити који се налази на столу $m_a = m(l - x)/l$ (2п) (слика 4). Једначина кретања дуж x осе за блок и део нити на столу је $(m_1 + m_a)a = T_1$ (3п) док је кретање дела нити и блока који виси описано једначином $(m_2 + m_b)a = (m_2 + m_b)g - T_1$ (3п). Из претходних једначина се налази интензитет убрзања система $a = (m_2 + m_b)g/(m_1 + m_2 + m)$ (3п). Сила затезања нити у тачки на средини нити се налази у зависности од два могућа случаја. У првом случају, када је $x \leq l/2$, тачка средине нити се налази на столу (слика 5а) па за блок m_1 и половину нити која се налази на столу важи $(m_1 + m/2)a = T$ (2п) одакле се налази сила затезања $T = (m_1 + m/2)(m_2 + m_b)g/(m_1 + m_2 + m)$ (2п). У другом случају, за $x \geq l/2$, тачка средине нити виси па за блок m_2 и део нити који виси важи $(m_2 + m/2)a = (m_2 + m/2)g - T$ (2п) одакле се налази сила затезања $T = (m_2 + m/2)(m_1 + m_a)g/(m_1 + m_2 + m)$ (2п). Коначно, тражена сила затезања на средини нити је $T = (m_1 + m/2)(m_2 + mx/l)g/(m_1 + m_2 + m)$ за $x \leq l/2$ (2п) односно $T = (m_2 + m/2)(m_1 + m(l - x)/l)g/(m_1 + m_2 + m)$ за $x \geq l/2$ (2п).

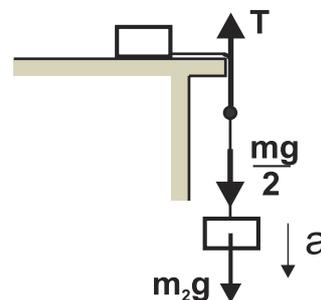
Напомена: Тривијалан је случај ($T=0$) када блок масе m_1 склизне са стола па цео систем слободно пада.



Слика 4.



Слика 5а.



Слика 5б.