



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ

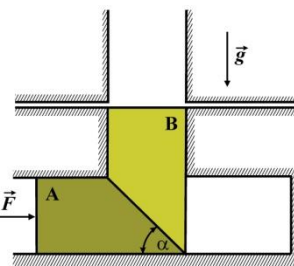


I РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
ЗАДАЦИ-фермионска категорија

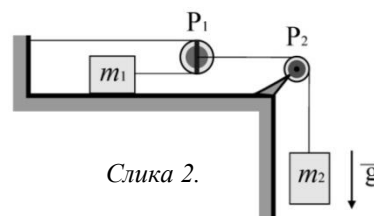
ОКРУЖНИ НИВО
13.03.2016.

1. На слици 1. приказана је проста механичка замка састављена од два покретна клина А и В смештена у жлебу. Доњи клин А може да се креће хоризонтално, док се горњи клин В може кретати вертикално. Зидови жлеба су апсолутно глатки тј. нема трења између њих и клинова, а коефицијент трења између клинова је μ . Зидови клинова који су у контакту заклапају угао $\alpha = 45^\circ$ са хоризонталом. Колика је минимална сила F потребна да би се клинови покренули и колика је тада нормална сила на додирној површини између клинова, ако је маса клина В једнака m . (20п)



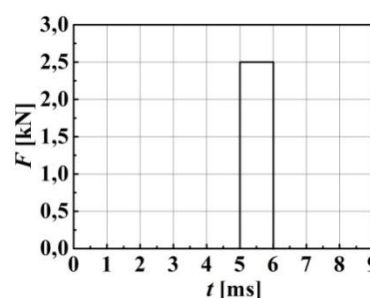
Слика 1.

2. Тело масе m_1 налази се на глаткој хоризонталној подлози и повезано је са телом масе m_2 , лаким неистегљивим нитима, пребачених преко идеалних лаких котурова P1 и P2 као на слици 2. Горње нити су све време хоризонталне и затегнуте. Наћи убрзања тела a_1 и a_2 у зависности од m_1 , m_2 и g . (20п)



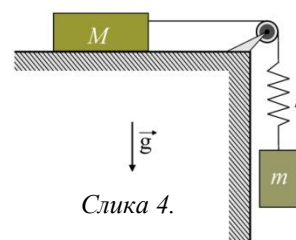
Слика 2.

3. Тело масе $m=2\text{kg}$ креће се удесно, праволинијски по хоризонталној подлози брзином интензитета v . Изненада, тело бива ударено хоризонталном силом, која делује у кратком временском интервалу. На графику (слика 3.) приказана је зависност интензитета силе од времена. Било да сила делује удесно (у правцу и смеру брзине тела $\vec{v}$) или улево (у супротном смеру у односу на смер брзине $\vec{v}$), тело након њеног деловања настави да се креће удесно. Однос интензитета брзина тела након деловања силе у та два случаја је 2:1. Колики је интензитет брзине v ? (20п)



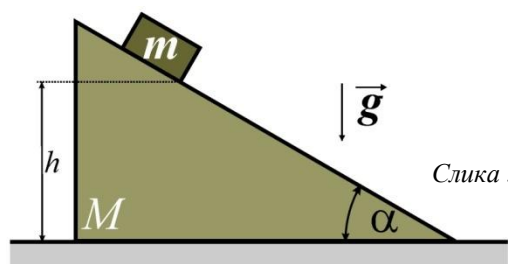
Слика 3.

4. Систем приказан на слици 4. чине тело масе $m=0.3\text{kg}$, које је преко идеалне безмасене опруге, која се наставља на лаку неистегљиву нит, повезано са телом масе $M=0.5\text{kg}$ које се налази на равној подлози. Коефицијент еластичности опруге је $k=20\text{N/m}$. Конац је пребачен преко идеалног котура занемарљиве масе који се ротира без трења. Тела се крећу равномерно убрзано, нит је све време затегнута, а опруга је све време кретања издужена за $x=10\text{cm}$ у односу на свој неистегнути положај. Колики је коефицијент трења између тела масе M и подлоге ($g=9.81\text{m/s}^2$)? (20п)



Слика 4.

5. Тело масе m се налази на призми масе $M=10m$ и нагибног угла $\alpha = 30^\circ$, тако да му је доњи део на висини $h=15\text{cm}$ од подлоге (слика 5.). Трење између тела и призме је занемарљиво. Посматрамо праволинијско кретање тела низ призму. У првом случају призма је фиксирана, а у другом случају призма може да се креће по подлози без трења. У оба случаја у почетном тренутку систем се пусти из стања мировања. Израчунати за колико се разликују времена потребна да тело масе m дотакне подлогу у поменутих случајевима ($g=9.81\text{m/s}^2$)? (20п)



Слика 5.

Задатке припремили: др Петар Мали, ПМФ, Нови Сад

Светислав Мијатовић, Физички факултет, Београд

Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Рецензент: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење за средње школе: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ



I РАЗРЕД

Друштво физичара Србије

Министарство просвете и науке Републике Србије

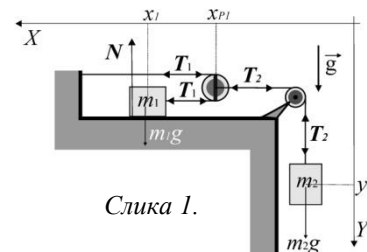
ОКРУЖНИ НИВО

13.03.2016.

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА-фермионска категорија

P1. Једначине кретања клинова В и А редом су $\frac{N}{\sqrt{2}} - \frac{F_{tr}}{\sqrt{2}} - mg = m_B a_B$ (4п); $F - \frac{N}{\sqrt{2}} - \frac{F_{tr}}{\sqrt{2}} = m_A a_A$ (4п). Да би се клинови покренули, на клин А потребно је деловати силом F тако да буде испуњено $a_B = a_A = 0$ (6п). Сила трења између клинова је $F_{tr} = N\mu$ (2п). Минимална сила F , као и нормална сила између клинова се добију решавањем горе дефинисаног система једначина и редом су $F = \frac{mg(1+\mu)}{1-\mu}$ (2п) $N = \frac{mg}{1-\mu}\sqrt{2}$ (2п).

P2. Једначине кретања тела су $m_1 a_1 = T_1$ (2п), $m_2 a_2 = m_2 g - T_2$ (2п). Из услова задатка да су котурови идеални, веза између сила затезања нити је $2T_1 = T_2$ (3п). Из услова неистегљивости нити имамо везу $L = (x_{P1} - x_1) + x_{P1} = \text{const}$ (2п) (слика 1.), тј. $L = ((x_{P1} + \Delta x_{P1}) - (x_1 + \Delta x_1)) + (x_{P1} + \Delta x_{P1})$ (3п) одакле се добије веза између помераја тела $2\Delta x_{P1} - \Delta x_1 = 0$ (2п), $\Delta x_{P1} = \Delta y_2$ (1п) а напослетку и веза између њихових убрзања $2a_2 = a_1$ (2п). Из претходних једначина добије се $m_2 a_2 = m_2 g - 2T_1 = m_2 g - 4m_1 a_2$ (1п), а одавде се добију убрзања тела $a_2 = \frac{m_2 g}{(m_2 + 4m_1)}$ (1п), $a_1 = \frac{2m_2 g}{(m_2 + 4m_1)}$ (1п).

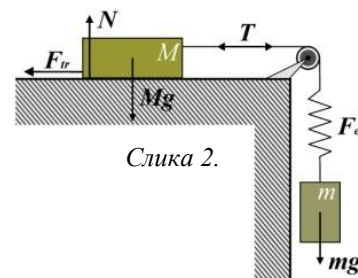


Слика 1.

P3. Први начин: Интензитет импулса који делује на камен у оба случаја је $p = F\Delta t = 2,5 \text{ kgm/s}$ и он одговара површини испод графика функције $F(t)$ (4п). У случају да сила делује удесно интензитет брзине камена након њеног деловања ће бити $v_1 = v + \frac{p}{m}$ (4п), а у случају да делује улево интензитет брзине камена након њеног деловања ће бити $v_2 = v - \frac{p}{m}$ (4п). Из услова задатка је $v_1 = 2v_2$ (2п). Односно $v + \frac{p}{m} = 2(v - \frac{p}{m})$ (2п). Одатле је интензитет брзине камена пре деловања силе $v = 3\frac{p}{m}$ (2п), а након замене бројних вредности добија се $v = 3,75 \text{ m/s}$ (2п).

Други начин: Сила од $F = 2,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ делује на тело масе $m = 2 \text{ kg}$ у временском интервалу $t = 10^{-3} \text{ s}$. Одатле се може израчунати убрзање $a = \frac{F}{m} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$ (4п). У случају да сила делује удесно интензитет брзине након њеног деловања на камен је $v_1 = v + at$ (4п), а у случају да делује улево интензитет брзине након њеног деловања на камен је $v_2 = v - at$ (4п). Из услова задатка је $v_1 = 2v_2$ (2п). Услов задатка у овом случају постаје $v + at = 2(v - at)$ (2п) и сређивањем овог израза добија се $v = 3at$ (2п), што заменом бројних вредности даје $v = 3,75 \text{ m/s}$ (2п).

P4. На споју опруге и конца делују две силе, еластична и сила затезања. Пошто је маса тог споја нула (и опруга и конач су безмасени) следи да сила затезања мора бити једнака еластичној сили $T = F_{el} = kx$ (4п). Из услова неистегљивости нити и то да је опруга све време константно истегнута следи да су интензитети убрзања тела исти (2п). Једначина кретања тела масе m је $ma = mg - T$ тј. $ma = mg - kx$ (3п), а за кретање тела масе M је $Ma = T - F_{tr}$ (3п), док је сила трења $F_{tr} = N\mu = Mg\mu$ (3п), одакле се коначно добија једначина кретања тела $Ma = kx - Mg\mu$ (2п). Из добијеног система једначина добије се коефицијент трења $\mu = \frac{(M+m)kx}{mMg} - 1$ (2п), односно $\mu = 0,087$ (1п).

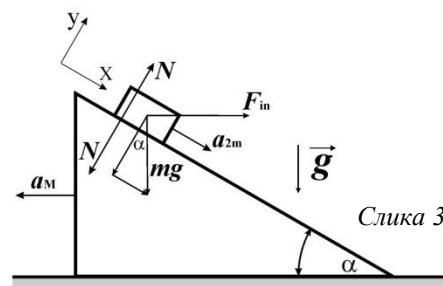


Слика 2.

P5. У првом случају једначина кретања тела низ призму која мирује је $ma_{1m} = mg \sin \alpha$ (2п), одакле се добије убрзање тела масе m , $a_{1m} = \frac{g}{2}$ (1п), а време потребно да дотакне тло се добије из једначине $h/\sin \alpha = \frac{a_{1m} t_1^2}{2}$ (2п), одакле се добија коначна формула за

време кретања низ призму када је она фиксирана $t_1 = \sqrt{\frac{8h}{g}}$ (1п), односно $t_1 = 0,35 \text{ s}$ (1п).

У другом случају (слика 3.), када призма може да се креће без трења по хоризонталној равни, једначина кретања за призму је $Ma_M = N \sin \alpha$ (2п). Кретање тела описано је у неинерцијалном систему везаном за призму. Једначина кретања тела низ призму је $ma_{2m} = F_{in} \cos \alpha + mg \sin \alpha$ (2п), а ортогонално на њену површину $mg \cos \alpha = F_{in} \sin \alpha + N$ (2п), где је $F_{in} = ma_M$ инерцијална сила која се јавља због тога што смо у систему везаном за призму који је неинерцијалан (1п). Решавањем система једначина добије се убрзање тела у односу на призму $a_{2m} = g \sin \alpha + \frac{mg \cos^2 \alpha}{M+m \sin^2 \alpha} \sin \alpha$ (2п), а уношењем вредности датих у задатку добије се $a_{2m} = \frac{22g}{41}$ (1п). Време кретања тела низ стрму



Слика 3.

раван у другом случају се добија аналогно као у првом и износи $t_2 = \sqrt{\frac{82h}{11g}}$ (1п), односно $t_2 = 0,338 \text{ s}$ (1п). Времена кретања тела низ стрму раван до тла се разликују за $\Delta t = t_1 - t_2 = 12 \text{ ms}$ (1п).



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ**

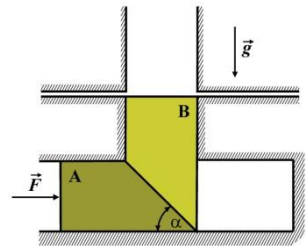


I РАЗРЕД

**Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
ЗАДАЦИ-бозонска категорија**

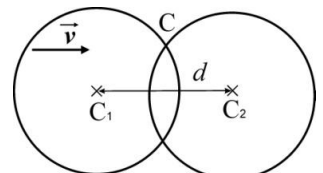
**ОКРУЖНИ НИВО
13.03.2016.**

1. На слици 1. приказана је проста механичка замка састављена од два покретна клина А и В смештена у жлебу. Доњи клин А може да се креће хоризонтално, док се горњи клин В може кретати вертикално. Зидови жлеба су апсолутно глатки тј. нема трења између њих и клинова, а коефицијент трења између клинова је μ . Зидови клинова који су у контакту заклапају угао $\alpha = 45^\circ$ са хоризонталом. Колика је минимална сила F потребна да би се клинови покренули и колика је тада нормална сила на додирној површини између клинова, ако је маса клина В једнака m . (20п)



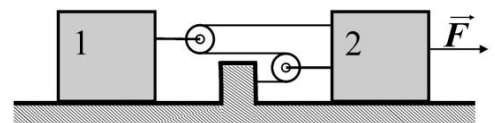
Слика 1.

2. Један од два круга мирује док се други креће транслаторно у правцу првог (вектор брзине усмерен од центра првог ка центру другог круга) брзином v као на слици 2. Полупречници оба круга су исти и износе r . Наћи зависност брзине горње тачке пресека кругова (тачка С) од растојања d између њихових центара. (20п)



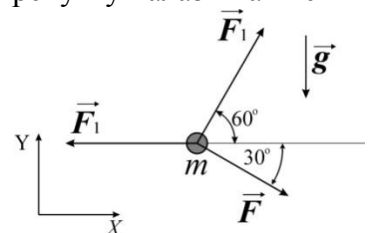
Слика 2.

3. У систему на слици 3. масе блокова су $m_1 = m_2 = m$. Блокови су међусобно повезани неистегљивом нити занемарљиве масе која је све време хоризонтална. Наћи убрзање оба блока као и силу затезања нити, ако на блок 1 делује хоризонтална сила константног интензитета надесно. Трење између подлоге и блокова као и трење у котуровима занемарити. Маса котурова се такође занемарују. (20п)



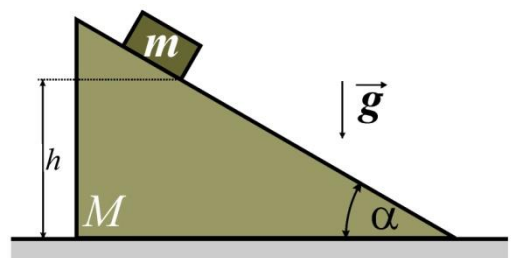
Слика 3.

4. На тело занемарљивих димензија масе $m=0,62\text{kg}$, које се у почетном тренутку налази на висини $h=2\text{m}$ од тла, почну да делују силе, константног интензитета, као на слици. При томе тело почне да се креће равномерно убрзано у равни по законитости $x(t) = At + Bt^2$, $y(t) = Ct + D$, где су вредности константи $A=2\text{m/s}$, $B=0,55\text{m/s}^2$, $C=1,5\text{m/s}$, $D=2\text{m}$. а)Одредити интензитете сила $\vec{F}$ и $\vec{F}_1$ са слике 4. (12п) б) Написати вектор брзине и интензитет брзине тела након 5s од почетка кретања. Које су координате тела у том тренутку? Узети $g=9,81\text{m/s}^2$. (8п)



Слика 4.

5. Тело масе m се налази на призми масе $M=10m$ и нагибног угла $\alpha = 30^\circ$, тако да му је доњи део на висини $h=15\text{cm}$ од подлоге слика 5. Трење између тела и призме је занемарљиво. Посматрамо праволинијско кретање тела низ призму. У првом случају призма је фиксирана, а у другом случају призма може да се креће по подлози без трења. У оба случаја у почетном тренутку систем се пусти из стања мировања. Израчунати за колико се разликују времена потребна да тело масе m дотакне подлогу у поменутих случајевима ($g=9.81\text{m/s}^2$)? (20п)



Слика 5.

Задатке припремили: др Петар Мали, ПМФ, Нови Сад

Светислав Мијатовић, Физички факултет, Београд

Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Рецензент: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење за средње школе: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ



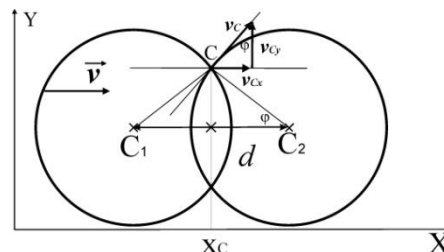
I РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА-бозонска категорија

ОКРУЖНИ НИВО
13.03.2016.

P1. Једначине кретања клинова В и А редом су $\frac{N}{\sqrt{2}} - \frac{F_{tr}}{\sqrt{2}} - mg = m_B a_B$ (4п); $F - \frac{N}{\sqrt{2}} - \frac{F_{tr}}{\sqrt{2}} = m_A a_A$ (4п). Да би се клинови покренули, на клин А потребно је деловати силом F тако да буде испуњено $a_B = a_A = 0$ (6п). Сила трења између клинова је $F_{tr} = N\mu$ (2п). Минимална сила F , као и нормална сила између клинова се добију решавањем горе дефинисаног система једначина и редом су $F = \frac{mg(1+\mu)}{1-\mu}$ (2п) $N = \frac{mg}{1-\mu}\sqrt{2}$ (2п).

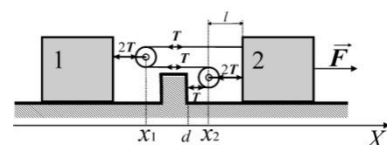
P2. Горња и доња тачка пресека кругова слика 1. се налазе на половини растојања између центара кругова, стога је њихова брзина на правцу који дефинишу центри кругова $v_{Cx} = \frac{\Delta x_C}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta x_2}{2} + \frac{\Delta x_1}{2}}{\Delta t} = \frac{v_{c1} + v_{c2}}{2} = \frac{v+0}{2} = \frac{v}{2}$ (7п). Пројекција вектора брзине тачке пресека кругова дуж X осе има интензитет $\frac{v}{2}$. Тачка С се креће по кружности 2, те стога њена укупна брзина мора да буде тангента на ту кружницу (7п). Сада можемо да доведемо у везу укупну брзину тачке пресека са њеном пројекцијом дуж X осе $v_C =$



Слика 1.

$$\frac{v_{Cx}}{\sin \varphi} = \frac{v}{2 \sin \varphi} = \frac{v}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2r}\right)^2}} \quad (6п).$$

P3. Једначине кретања тела 1 и 2 су: $m_2 a_2 = F - 3T$ (3п), $m_1 a_1 = 2T$ (3п). Из услова да је нит неистегљива тј. константне дужине $L = 3x_2 - 2x_1 - d + l$ (4п) (слика 2.) добије се веза између помераја тела $3\Delta x_2 - 2\Delta x_1 = 0$ (3п), а одатле следи веза између убрзања ова два тела $3a_2 = 2a_1$ (3п). Ако се искористи веза $T = \frac{3ma_2}{4}$ (1п) добију се убрзања тела $a_2 = \frac{4}{13} \frac{F}{m}$



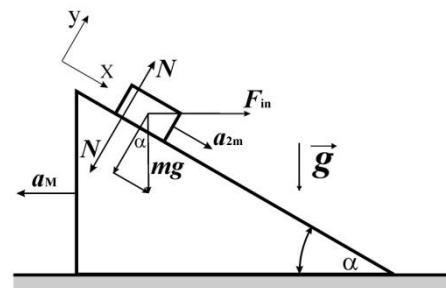
Слика 2.

(1п), $a_1 = \frac{6}{13} \frac{F}{m}$ (1п) и сила затезања нити $T = \frac{3F}{13}$ (1п).

P4. Из услова да делују силе константног интензитета, које међусобно нису у равнотежи, следи да се тело креће равномерно убрзано. Према једначинама кретања померај тела дуж x осе на кратком временском интервалу од $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$ износи $\Delta x = A(t + \Delta t/2) + B(t + \Delta t/2)^2 - A(t - \Delta t/2) - B(t - \Delta t/2)^2 = A\Delta t + 2Bt\Delta t$ (1п), одакле добијемо x компоненту тренутне брзине $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{A\Delta t + 2Bt\Delta t}{\Delta t} = A + 2Bt$ (1п). Даље, из промене x компоненте тренутне брзине $\Delta v_x = A + 2B(t + \Delta t/2) - A - 2B(t - \Delta t/2) = 2B\Delta t$ (1п), добије се x компонента убрзања $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = 2B = 1,1 \text{ m/s}^2$ (1п). Аналогним поступком налази се $v_y = C = 1,5 \text{ m/s}$ (1п) и $a_y = 0$ (1п). (Уколико неко директно из једначина положаја добије добре вредности убрзања признати све поене.) Одатле се добија систем једначина $\frac{F_1\sqrt{3}}{2} = \frac{F}{2} + mg$ (2п), $\frac{F_1}{2} + \frac{F\sqrt{3}}{2} - F_1 = ma_x$ (2п). Решавањем система добију се интензитети сила $F = m(g + a_x\sqrt{3}) = 7,26 \text{ N}$ (1п) и $F_1 = m(a_x + g\sqrt{3}) = 11,22 \text{ N}$ (1п). б) Вектор брзине након 5s од почетка кретања је $\vec{v} = v_x \vec{e}_x + v_y \vec{e}_y$ (1п), где је $v_x = v_{0x} + a_x t$, $v_{0x} = v_x(t=0) = A = 2 \text{ m/s}$, па следи $v_x = 7,5 \text{ m/s}$ (2п), а $v_y = v_{0y} = C = 1,5 \text{ m/s}$ (2п). Интензитет брзине је $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 7,65 \text{ m/s}$ (1п). Координате тачке у том тренутку су (23,75m, 9,5m) (2п).

P5. У првом случају једначина кретања тела низ призму која мирује је $ma_{1m} = mg \sin \alpha$ (2п), одакле се добије убрзање тела масе m , $a_{1m} = \frac{g}{2}$ (1п), а време потребно да дотакне тло се добије из једначине $h/\sin \alpha = \frac{a_{1m} t_1^2}{2}$ (2п), одакле се добија коначна формула за време кретања низ призму када је она

фиксирана $t_1 = \sqrt{\frac{8h}{g}}$ (1п), односно $t_1 = 0,35 \text{ s}$ (1п). У другом случају (слика 3.), када призма може да се креће без трења по хоризонталној равни, једначина кретања за призму је $Ma_M = N \sin \alpha$ (2п). Кретање тела описано је у неинерцијалном систему везаном за призму. Једначина кретања тела низ призму је $ma_{2m} = F_{in} \cos \alpha + mg \sin \alpha$ (2п), а ортогонално на њену површину $mg \cos \alpha = F_{in} \sin \alpha + N$ (2п), где је $F_{in} = ma_M$ инерцијална сила која се јавља због тога што смо у систему везаном за призму који је неинерцијалан (1п). Решавањем система једначина добије се убрзање тела у



односу на призму $a_{2m} = g \sin \alpha + \frac{mg \cos^2 \alpha}{M + m \sin^2 \alpha} \sin \alpha$ (2п), а уношењем вредности датих у задатку добије се $a_{2m} = \frac{22g}{41}$ (1п). Слика 3.

(1п). Време кретања тела низ стрму раван у другом случају се добија аналогно као у првом и износи $t_2 = \sqrt{\frac{82h}{11g}}$ (1п), односно $t_2 = 0,338 \text{ s}$ (1п). Времена кретања тела низ стрму раван до тла се разликују за $\Delta t = t_1 - t_2 = 12 \text{ ms}$ (1п).