ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије

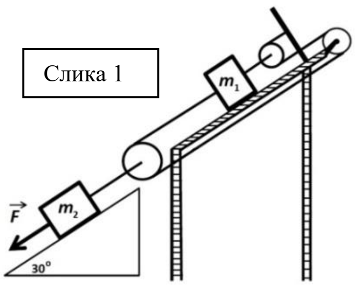
VIII РАЗРЕД

СФО
11-12.05.2023.

ЗАДАЦИ

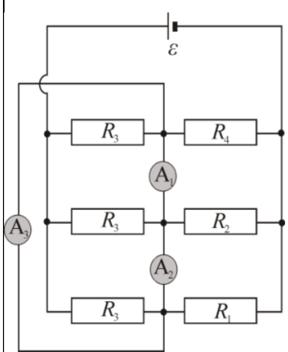
1. На глаткој хоризонталној површини лежи даска дужине L и масе M. На крају даске налази се мали тег. На тег почиње да делује стална хоризонтална сила тако да се он креће низ даску убрзањем које је веће од убрзања даске. Одредите убрзање којим се кретала даска, уколико се у току кретања тега по њој ослободила количина топлоте Q.

2. Милош и Симеон су на селу нашли акрилну каду за купање, на којој је писало да је њена маса $m_A = 15\ \mathrm{kg}$. Пошто су хтели да се окупају у њој поставили су каду на стиропол, а изнутра су је прекрили вишеструко пресавијеном полиетиленском фолијом дужине $a = 8\ \mathrm{m}$, ширине $b = 4\ \mathrm{m}$ и дебљине $c = 0{,}15\ \mathrm{mm}$, и потом су унутра насули $V_1 = 50\,l$ воде. Након пар сати измерили су да је температура воде у кади $t_1 = 23\ ^{\circ}\mathrm{C}$. Да би могли да се окупају повећали су температуру воде у кади, тако што је Милош насуо у каду $V_2 = 25\,l$ воде температуре $t_2 = 37\ ^{\circ}\mathrm{C}$, а Симеон је истовремено насуо у каду $V_3 = 20\,l$ воде температуре $t_3 = 39\ ^{\circ}\mathrm{C}$. Колико износи температура воде након успостављања топлотне равнотеже између каде, фолије и воде? Претпоставити да процес досипања воде у каду и успостављања топлотне равнотеже траје веома кратко, тако да се може занемарити размена топлоте система са околином. Густине полиетиленске фолије и воде редом износе $\rho_F = 1\,050\ \mathrm{kg/m^3}$ и $\rho_V = 1\,000\ \mathrm{kg/m^3}$. Специфични топлотни капацитети акрила, полиетиленске фолије и воде редом износе $c_A = 1\,464\ \mathrm{J/kgK}$, $c_F = 1\,550\ \mathrm{J/kgK}$ и $c_V = 4\,200\ \mathrm{J/kgK}$.



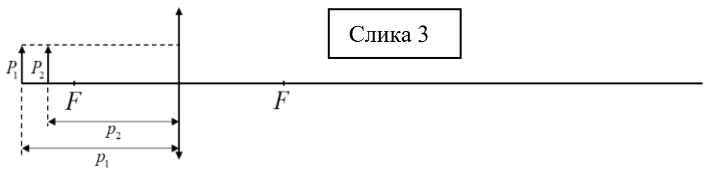
Слика 1

3. У систему приказаном на слици 1, масе тела су $m_1 = 10\ \mathrm{kg}$ и $m_2 = 24\ \mathrm{kg}$, а нити су неистегљиве. На тело масе m_2 делује сила $F = 25\ \mathrm{N}$. Коефицијент трења између тела масе m_2 и подлоге је $\mu_2 = 0{,}12$, док је коефицијент трења између тела масе m_1 и подлоге занемарљив. Одредити интензитет и смер брзине тела након $t = 1{,}2\ \mathrm{s}$. Масе котура и нити су занемарљиве.



Слика 2

4. Одредити струје које показују амперметри приказани на слици 2, ако је познато да је $R_1 = 2\ \mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 4\ \mathrm{k\Omega}$, $R_3 = 6\ \mathrm{k\Omega}$, $R_4 = 8\ \mathrm{k\Omega}$ и $\varepsilon = 4{,}4\ \mathrm{kV}$. Унутрашње отпорности амперметара и извора ЕМС су занемарљиве.



Слика 3

5. Два предмета исте висине налазе се испред танког сабирног сочива на међусобном растојању $\Delta p = 60\ \mathrm{cm}$ као на слици 3. Колико је међусобно растојање њихових реалних ликова ако су им увећања 2 и 4, по реду?

Сваки задатак носи 20 поена.

Задатке припремили: Марко Милошевић (2,5), ПМФ Крагујевац, Нора Тркља (3) и Биљана Максимовић (1,4), Физички факултет, Београд
Рецензенти: доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац, Маја Стојановић, ПМФ, Нови Сад и Иван Манчев, ПМФ, Ниш
Председник комисије: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Свим такмичарима желимо успешан рад!

VIII РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије

СФО
11-12.05.2023.

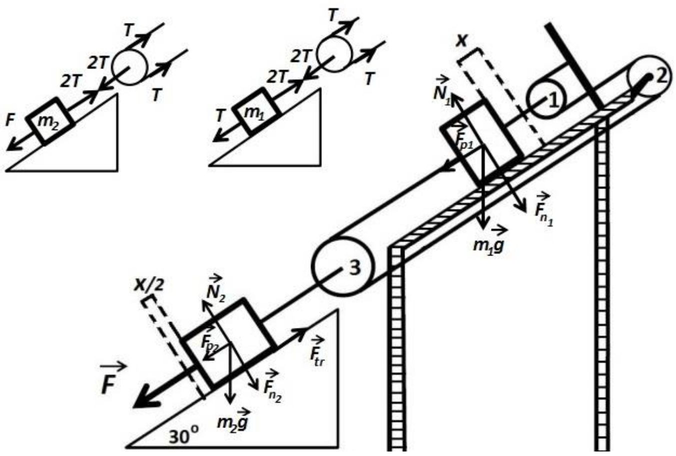
РЕШЕЊА

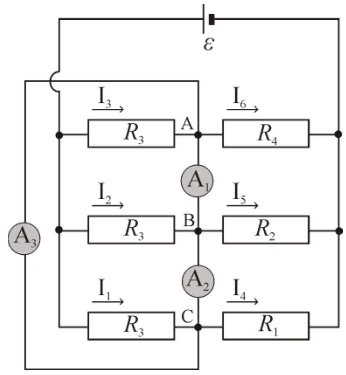
1. **1. начин.** За тег и даску важе следеће једначине кретања: $ma_1 = F - F_{tr}$ **[3п]** и $Ma_2 = F_{tr}$ **[3п]**. Пређени путеви тега и даске у систему везаном за непокретног посматрача су: $s_1 = a_1 t^2/2$ **[2п]** и $s_2 = a_2 t^2/2$ **[2п]**, а разлика ових путева је дужина даске $L = s_1 - s_2$ **[1п]**. Рад силе која делује на тег је: $A = Fs_1 = (ma_1 + Ma_2)s_1$ **[3п]**. Из закона одржања енергије за систем тег и даска имамо: $A = \frac{m}{2}(a_1 t)^2 + \frac{M}{2}(a_2 t)^2 + Q = ma_1 s_1 + Ma_2 s_2 + Q$ **[3п]**, а комбинујући претходне једначине добија се $Q = Ma_2(s_1 - s_2) = Ma_2 L$ **[2п]**, па је $a_2 = \frac{Q}{ML}$ **[1п]**.

2. начин. Количина топлоте која се ослободи при трењу једнака је раду силе трења при премештању тела $Q = F_{tr}L$ **[10п]**, а убрзање даске је $a_2 = \frac{F_{tr}}{M}$ **[6п]**, па је $a_2 = \frac{Q}{ML}$ **[4п]**.

2. Маса фолије износи $m_F = \rho_F abc = 5{,}04\,\mathrm{kg}$ **[2п]**. Масе воде износе: $m_1 = \rho_V V_1 = 50\,\mathrm{kg}$ **[2п]**, $m_2 = \rho_V V_2 = 25\,\mathrm{kg}$ **[2п]** и $m_3 = \rho_V V_3 = 20\,\mathrm{kg}$ **[2п]**. Након успостављања топлотне равнотеже температура система каде, фолије и воде износи t, и важи релација $m_2 c_V(t_2 - t) + m_3 c_V(t_3 - t) = m_A c_A(t - t_1) + m_F c_F(t - t_1) + m_1 c_V(t - t_1)$ **[7п]**, одакле је $t = \frac{c_V(m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3) + (m_A c_A + m_F c_F)t_1}{c_V(m_1 + m_2 + m_3) + m_A c_A + m_F c_F} \approx 29{,}56\,^\circ\mathrm{C}$ **[4+1п]**.

3. На основу слике се види да су котурови 1 и 3 покретни, док је котур 2 фиксиран. Једначина која представља везу између убрзања тела маса m_1 и m_2 добија се из услова неистегљивости нити. Посматрајмо нит за коју је везано тело масе m_1, дужина те нити је константа. Нека се тело масе m_1 помери **навише** за вредност x, тада ће се и котур 1 померити навише за x, што значи да ће постојати „вишак" у дужини нити у износу од $2x$. Половина тога је потребна да би се тело масе m_1 подигло за вредност x, а половина преостаје, па се котур 3 спушта за вредност $x/2$. Тело масе m_2 **спушта** се колико и котур 3, за вредност $x/2$. Изрази за пређене путеве у току времена t имају облик: $s_1 = x = \frac{a_1 t^2}{2}$ и $s_2 = \frac{x}{2} = \frac{a_2 t^2}{2}$, па је веза убрзања $a_1 = 2a_2$ **[4п]**. Једначине кретања тела су: $m_1 a_1 = 2T - T - \frac{1}{2}m_1 g$ **[4п]** и $m_2 a_2 = F + \frac{1}{2}m_2 g - \mu m_2 g\frac{\sqrt{3}}{2} - 2T$ **[4п]**. Изражавањем силе затезања из прве једначине кретања, уз везу између убрзања ($a_1 = 2a_2$), добија се следећа једначина: $a_2 = \frac{F + \frac{1}{2}m_2 g - \mu m_2 g\frac{\sqrt{3}}{2} - m_1 g}{4m_1 + m_2}$ **[2п]**, тј. $a_2 = 0{,}31\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ и $a_1 = 0{,}62\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ **[2п]**. Након $t = 1{,}2\ \mathrm{s}$, тело масе m_1 креће се навише брзином $v_1 = 0{,}37\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **[2п]**, док се тело масе m_2 креће наниже брзином $v_2 = 0{,}74\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ **[2п]**.





4. Отпорност амперметара је занемарљиво мала па их можемо сматрати идеалним проводницима. Тада је укупна отпорност у колу $R_e = \frac{R_3}{3} + (\frac{R_1 R_2 R_4}{R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4}) = \frac{22}{7}\,\Omega$ **[2п]**, а струја $I = \frac{\varepsilon}{R_e} = 1{,}4$ А **[1п]**. Отпорници су спојени паралелно па су струје I_1 , I_2 и I_3 једнаке тј. $I_1 = I_2 = I_3 = \frac{I}{3} = 0{,}467$ А **[2п]**. Пошто је струја обрнуто пропорционална отпорности, минимална струја I_6 ће протицати кроз отпорник R_4 ($I_6 = I_{min}$), а преостале струје су $I_5 = 2I_6$ и $I_4 = 4I_6$ **[2п]**. Кроз извор протиче струја $I = I_4 + I_5 + I_6 = 7I_6$ **[1п]**, па је $I_6 = I/7 = 0{,}2$ А, $I_5 = 2I/7 = 0{,}4$ А и $I_4 = 4I/7 = 0{,}8$ А **[3п]**. За контуру ABC важи $i_{AB} + i_{BC} + i_{CA} = 0$ **[2п]**. Из закона одржања наелектрисања за чвор B, важи $i_{AB} + I_2 = i_{BC} + I_5$ **[2п]**, а за чвор C $i_{BC} + I_1 = i_{CA} + I_4$ **[2п]**. Из претходних једначина се добија да су струје у амперметрима: $i_{AB} = \frac{I}{21} = 0{,}067$ А **[1п]**, $i_{BC} = \frac{2I}{21} = 0{,}133$ А **[1п]**, $i_{CA} = -\frac{I}{7} = -0{,}2$ А **[1п]**.

5. Важе следеће релације $U_1 = \frac{l_1}{p_1} = 2$ **[1п]** и $U_2 = \frac{l_2}{p_2} = 4$ **[1п]**, одакле следи да је $l_1 = 2p_1$ **[1п]** и $l_2 = 4p_2$ **[1п]**.

Из једначине сочива, за први предмет важи $l_1 = \frac{fp_1}{p_1 - f}$ **[1п]**, а за други предмет важи $l_2 = \frac{fp_2}{p_2 - f}$ **[1п]**.

Комбинацијом претходне четири релације добијају се следећи изрази $p_1 = \frac{3f}{2}$ **[2п]** и $p_2 = \frac{5f}{4}$ **[2п]**, и са слике се види да важи $\Delta p = p_1 - p_2$ **[1п]**. Комбинацијом претходне три релације добија се да је $f = 4\Delta p$ **[2п]**.
Заменом израза за p_1 у израз за l_1 добија се $l_1 = 3f$ **[2п]**, а заменом израза за p_2 у израз за l_2 добија се $l_2 = 5f$ **[2п]**. Даље важи $\Delta l = l_2 - l_1 = 2f = 8\Delta p = 480\,\text{cm}$ **[2+1п]**.