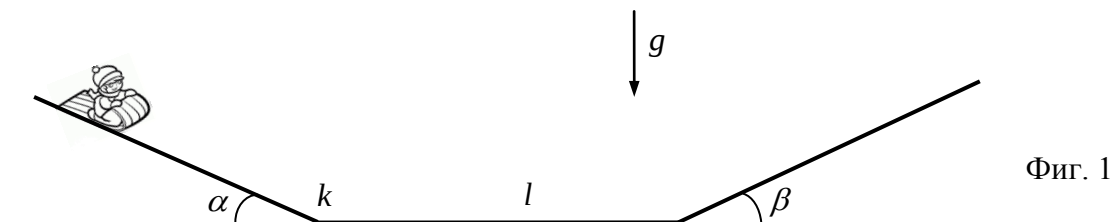


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
8 – 9 НОЕМВРИ 2014 Г., ПЛЕВЕН
Тема 10. клас, Решения и указания

Задача 1. Пързаяне с шейна.



а) Шейната се движи равноускорително с ускорение $a_1 = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ и нулева начална скорост. **[0,5 т]** Следователно, изминатият път до подножието на склона е $s_1 = \frac{h_0}{\sin \alpha} =$

$$= \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - k \cos \alpha) t^2}{2} \quad \mathbf{[0,5 \text{ т}]}, \text{ т.е. } k = \tan \alpha - \frac{2h_0}{\sin \alpha \cos \alpha g t^2} = \frac{17}{49\sqrt{3}} \approx 0,20. \quad \mathbf{[1 \text{ т}]}$$

б) Скоростта в подножието на склона е $v_1 = a_1 t = g(\sin \alpha - k \cos \alpha) t = \frac{2h_0}{t \sin \alpha}$. **[0,5 т]** При

преминаване на хоризонталния участък на шейната действа постоянна сила на триене $f = kmg$, насочена обратно на посоката на движение. **[0,5 т]** Съществува следната връзка между скоростта в подножието на склона v_1 и скоростта в края на хоризонталния участък v_2 :

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + kmg l \quad \mathbf{[0,5 \text{ т}]}, \text{ откъдето } l = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2kg} = \frac{v_1^2(1 - 0,8^2)}{2kg} = \frac{0,72h_0^2}{kg t^2 \sin^2 \alpha} \approx 12 \text{ m}. \quad \mathbf{[1,5 \text{ т}]}$$

в) При движението по склона с неизвестен наклон на шейната действа постоянна сила на триене $f = kmg \cos \beta$, насочена обратно на посоката на движение. **[0,5 т]** Използваме следната връзка между скоростта в подножието на склона v_2 и максималната височина на

издигане h : $\frac{mv_2^2}{2} = mgh + kmg \cos \beta \frac{h}{\sin \beta} = mgh + kmgh \cot \beta$. **[0,5 т]** Още едно уравнение

следва от условието работата на силата на триене да е равна на изменението на механичната енергия от началото на изкачването на склона с наклон β до момента на окончателно

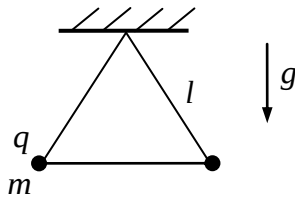
спиране на шейната: $\frac{mv_2^2}{2} = 2kmgh \cot \beta + kmg l$. **[0,5 т]** От тези две уравнения се получава, че

$$h = \frac{1}{2} \left(\frac{v_2^2}{2g} + kl \right) = \frac{v_1^2}{4g} = \frac{h_0^2}{gt^2 \sin^2 \alpha} = \frac{kl}{0,72} \approx 3,3 \text{ m}. \quad \mathbf{[1,5 \text{ т}]}$$

$$\tan \beta = \frac{k}{0,28} \approx 0,71. \quad \mathbf{[0,5 \text{ т}]} \text{ Окончателно: } \beta \approx 36^\circ. \quad \mathbf{[0,5 \text{ т}]}$$

г) Работата A_f може да се намери от условието работата на силата на триене да е равна на изменението на механичната енергия от началото на първото спускане до окончателния край на движението: $mgh_0 = kmgh \cot \alpha + kmg l + 2kmgh \cot \beta + kmg l = A_f = 4 \text{ kJ}$. **[1 т.]**

Задача 2. Заредени топчета.



Фиг. 2

а) Интензитетът в точката на окачване е равен на векторната сума на интензитетите, създавани от отделните заряди. [0,5 т] Поради симетрията в разположението на зарядите интензитетът е насочен вертикално нагоре и има големина $E = 2 \frac{kq}{l^2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq}{l^2}$. [1 т]

Електричният потенциал е сума на потенциалите, създавани от зарядите в точката: $U = \frac{2kq}{l}$. [0,5 т]

б) От условието за равновесие на топчетата, когато долната нишка още не е прерязана, получаваме две уравнения: $\frac{kq^2}{l^2} - T_1 \cos 60^\circ - T_2 = 0$ [0,5 т] и $mg - T_1 \sin 60^\circ = 0$ [0,5 т], където

с T_1 и T_2 сме означили големините на силите на опън на горните и долната нишки, съответно. Прерязването на нишката води до изчезване на члена T_2 в първото уравнение, при което

ускорението в този момент ще има големина $a = \frac{kq^2}{ml^2} - \frac{T_1 \cos 60^\circ}{m} = \frac{T_2}{m}$. [0,5 т] Изискването

максималната височина на издигане на топчетата да е височината на точката на окачване се изразява чрез следното уравнение (като използваме и закона за запазване на енергията):

$\frac{kq^2}{l} - 2mgh = \frac{kq^2}{2l}$ [0,5 т], където $h = l \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}l}{2}$ (избираме нулевото ниво на гравитацион-

ната потенциална енергия да е при точката на окачване). Така получаваме връзката

$\frac{kq^2}{l^2} = 2\sqrt{3}mg$ [0,5 т], която заедно с горните две уравнения ни дава, че $T_2 = \frac{5mg}{\sqrt{3}}$ [0,5 т], т.е.

$a = \frac{5g}{\sqrt{3}} \approx 29 \text{ m/s}^2$. [1 т]

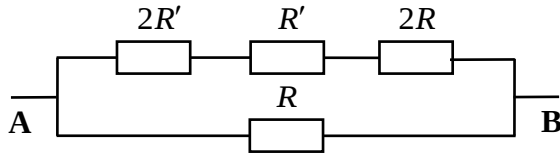
в) Когато топчетата са в най-горно положение, скоростта им е нула, и от условието за равновесие в радиално направление получаваме $T = \frac{kq^2}{4l^2} = \frac{\sqrt{3}mg}{2}$ [1 т], откъдето следва, че

$m = \frac{2T}{\sqrt{3}g} \approx 0,23 \text{ kg}$ [0,5 т], а $q = 2l \sqrt{\frac{T}{k}} \approx 15 \text{ } \mu\text{C}$. [0,5 т]

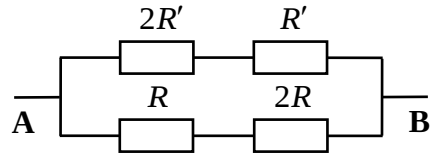
г) Използваме закона за запазване на енергията, който дава: $\frac{kq^2}{l} - \frac{2\sqrt{3}mgl}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}l}$

$-\frac{2mgl}{\sqrt{2}}$ [1 т], откъдето следва, че $v = \sqrt{gl(\sqrt{2} + \sqrt{3} - \sqrt{6})} \approx 1,9 \text{ m/s}$. [1 т]

Задача 3. Електрически вериги.



Фиг. 3



Фиг. 4

а) Еквивалентният вид на веригите е показан на фиг. 3 и фиг. 4. Общото съпротивление на веригата във фиг. 3 е $R'_{AB} = \frac{R(2R + 3R')}{3(R + R')}$ [1 т], а съпротивлението във фиг. 4 е

$$R''_{AB} = \frac{(R + 2R)(2R' + R')}{3(R + R')} = \frac{3RR'}{R + R'}. [1 т]$$

б) Мощността, която се отделя във веригата, е $P = \frac{E^2}{R_{AB}}$. [0,5 т] Така получаваме две

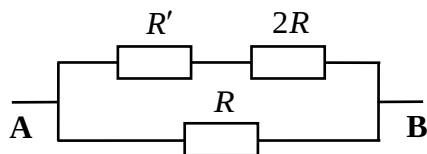
уравнения за неизвестните съпротивления R и R' : $\frac{R(2R + 3R')}{3(R + R')} = \frac{E^2}{P_1} = 45 \Omega$ [0,5 т] и

$$\frac{3RR'}{R + R'} = \frac{E^2}{P_2} = 90 \Omega. [0,5 т] \text{ Т.е. } R(2R + 3R') = 135(R + R') \text{ и } RR' = 30(R + R'). \text{ Изразяваме,}$$

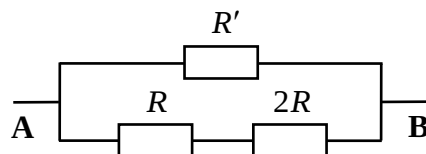
например, R' от второто уравнение: $R' = \frac{30R}{R - 30}$ [0,5 т], и го замества в първото уравнение

[0,5 т], при което получаваме, че $R = 52,5 \Omega$. [1 т] Накрая намираме, че $R' = 70 \Omega$. [0,5 т]

в) Затварянето на ключовете води до липса на ток през резистора със съпротивление $2R'$. Т.е. еквивалентните схеми изглеждат по следния начин: [1 т]



Фиг. 5



Фиг. 6

Еквивалентните съпротивления са $\frac{R(2R + R')}{3R + R'}$ [0,5 т] и $\frac{3RR'}{3R + R'}$ [0,5 т], съответно. За отделените

мощности във веригите се получават $P'_1 = \frac{E^2(3R + R')}{R(2R + R')} \approx 22,3 \text{ W}$ [1 т] и $P'_2 = \frac{E^2(3R + R')}{3RR'} \approx 18,6 \text{ W}$. [1 т]