

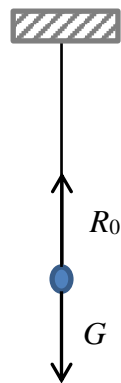
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 21 февруари 2021 г.

Тема за 10. клас (четвърта състезателна група)

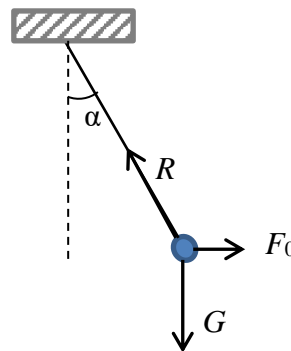
Решения и указания за оценяване

Задача 1. Заредено махало в електростатично поле.

а) В равновесното положение *A* на топчето действат две сили – силата на тежестта *G* и реакцията на нишката *R*₀ [0,5 т.] (фиг. 1, *a*), а в равновесното положение *B* – силата на тежестта *G*, електричната сила *F*₀ и реакцията на нишката *R* [0,75 т.] (фиг. 1, *b*).



Фиг. 1, *a*



Фиг. 1, *b*

б) Равнодействащата сила *F* на *G* и *F*₀, която уравновесява реакцията на нишката *R*, е хипотенуза в правоъгълен триъгълник с остър ъгъл α и катети *G* и *F*₀ [0,5 т.]. Тогава имаме

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_0}{G}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тъй като са в сила изразите

$$F_0 = qE, \quad G = mg, \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad [1,25 \text{ т.}]$$

намираме

$$E = \frac{mg}{\sqrt{3}q} \approx 5,8 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 5,8 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}. \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Периодът на незареденото махало е

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

За да намерим периода *T* на зареденото махало, ще определим силата *F* :

$$F = \sqrt{G^2 + F_0^2} = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тя може да се запише във вида

$$F = mg\sqrt{1 + \left(\frac{qE}{mg}\right)^2} = mg', \quad [0,5 \text{ т.}]$$

където

$$g' = g \sqrt{1 + \left(\frac{qE}{mg}\right)^2}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава по аналогия с периода на махалото при $E = 0$, имаме

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}} = \frac{T_0}{\left[1 + \left(\frac{qE}{mg}\right)^2\right]^{1/4}}, \quad [1 \text{ т.}]$$

откъдето следва

$$\frac{|\Delta T|}{T_0} = 1 - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{qE}{mg}\right)^2\right]^{1/4}} \approx 1 - \left(\frac{3}{4}\right)^{1/4} \approx 0,07. \quad [1,5 \text{ т.}]$$

Задача 2. . Електростатика

а) В равновесие при едноименни заряди пружината е разтегната. [0,5 т.] Тя действа на всеки един от зарядите със сила, чиято големина във въздух е

$$F_1 = k_0(l_1 - l_0). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тази сила се уравновесява от електричната сила на отблъскване между зарядите

$$F_1' = k \frac{|q_1||q_2|}{l_1^2}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

При потопяване в течността разтегнатата пружина действа на всеки един от зарядите със сила

$$F_2 = k_0(l_2 - l_0), \quad [0,5 \text{ т.}]$$

която уравновесява електричната сила

$$F_2' = k \frac{|q_1^*||q_2^*|}{l_2^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon l_2^2}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От равенствата

$$F_1' = F_1, \quad F_2' = F_2, \quad [1 \text{ т.}]$$

чрез почленно делене намираме

$$\frac{\epsilon l_2^2}{l_1^2} = \frac{l_1 - l_0}{l_2 - l_0}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От това равенство можем да изразим l_0 , при което получаваме

$$l_0 = \frac{l_1^3 - \epsilon l_2^3}{l_1^2 - \epsilon l_2^2} = l_2 \frac{\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^3 - \epsilon}{\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 - \epsilon}. \quad [1 \text{ т.}]$$

б) Естествената дължина на пружината удовлетворява неравенствата $0 < l_0 < l_2$ [0,5 т.].

Тогава от условието $l_0 > 0$, имаме

$$1 < \varepsilon < \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 \approx 1,26, \quad \varepsilon > \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^3 \approx 1,43, \quad [1 \text{ т.}]$$

докато от условието $l_0 < l_2$ следва

$$\varepsilon > \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 \approx 1,26. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава от удовлетворяването на двете неравенства $0 < l_0 < l_2$, намираме

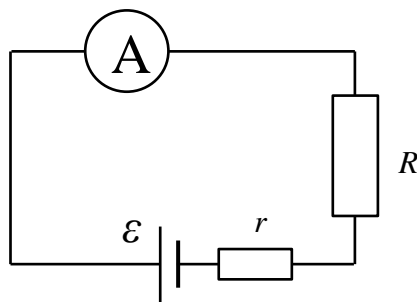
$$\varepsilon > \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^3 \approx 1,43. \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Минималната възможна целочислена стойност е $\varepsilon = 2,0$ [1 т.]. Следователно с точност до две значещи цифри определяме

$$l_0 = l_2 \frac{\varepsilon - \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^3}{\varepsilon - \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2} \approx 13 \text{ cm}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 3. Електрична верига

а) Съществено за описаната ситуация е наличие на вътрешно съпротивление r на източника [1 т.]. Тогава на фиг. 2 е показана еквивалентната схема на веригата при свързване към източника на съпротивление R и амперметър. [1,5 т.]



Фиг. 2

б) При първото свързване токът във веригата е

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}, \quad [1 \text{ т.}]$$

а при второто

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}. \quad [1 \text{ т.}]$$

За да намерим ЕДН ε , изразяваме r по два начина

$$r = \frac{\varepsilon}{I_1} - R_1, \quad r = \frac{\varepsilon}{I_2} - R_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава от приравняването на двата израза

$$\frac{\varepsilon}{I_1} - R_1 = \frac{\varepsilon}{I_2} - R_2, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

намираме

$$\varepsilon = \frac{I_1 I_2}{I_1 - I_2} (R_2 - R_1) = 7,5 \text{ V}. \quad [1,5 \text{ т.}]$$

в) По определение токът на късо съединение е

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{r}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Като заместим r с единия от двата израза, намираме

$$I_0 = \frac{\varepsilon I_1}{\varepsilon - I_1 R_1} = \frac{\varepsilon I_2}{\varepsilon - I_2 R_2} = 5 \text{ A}. \quad [1,5 \text{ т.}]$$