

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

Разград, 10-12 април 2017 г.

Решения на темата върху учебно съдържание за 9. клас

Задача 1. Падащо мънисто

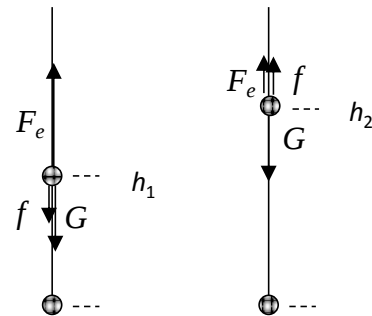
А) На мънистото действат електростатичната сила F_e и силата на тежестта G , които се уравновесяват:

$$\frac{kq^2}{h_0^2} = mg \quad (1.0 \text{ т})$$

Следователно:

$$h_0 = q \sqrt{\frac{k}{mg}} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm} \quad (1.0 \text{ т})$$

(– 0.5 точки за грешен числен отговор или за липсващи единици)



Б) Силите, действащи на мънистото, са показани на фигурата вляво. (1.5 т)

(по 0.5 точки за **правилна посока** на всяка сила; – 0.5 точки, ако от чертежа не личи, че $F_e > G$). От условието за равновесие намираме:

$$f = \frac{kq^2}{h_1^2} - mg = mg \left(\frac{h_0^2}{h_1^2} - 1 \right) = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ N} \quad (1.0 \text{ т})$$

(– 0.5 точки за грешен числен отговор или за липсващи единици)

В) Силите, действащи на мънистото, са показани на фигурата вдясно. (1.5 т)

(по 0.5 точки за **правилна посока** на всяка сила; – 0.5 точки, ако от чертежа не личи, че $F_e < G$). От условието за равновесие имаме:

$$f = mg - \frac{kq^2}{h_2^2} \quad (1.0 \text{ т})$$

Силата на триене в най-горната точка има същата големина, като силата на триене в най-долната точка. Следователно:

$$\frac{kq^2}{h_1^2} - mg = mg - \frac{kq^2}{h_2^2} \quad (1.0 \text{ т})$$

$$\frac{1}{h_1^2} - \frac{1}{h_0^2} = \frac{1}{h_0^2} - \frac{1}{h_2^2}$$

$$h_2 = \frac{h_0 h_1}{\sqrt{2h_1^2 - h_0^2}} \approx 8 \text{ cm} \quad (1.0 \text{ т})$$

(– 0.5 точки за грешен числен отговор или за липсващи единици)

Г) Понеже $H > h_2$, равнодействащата на силите F_e, G и f е насочена надолу. (0.5 т)
 Мънистото се ускорява до момента, в който трите сили се уравниават, т.е. докато достигне височина h_2 . Следователно:

$$h_m \equiv h_2 \approx 8 \text{ cm} \quad (0.5 \text{ т})$$

Задача 2. Свърхкондензатор

А) Енергията на заредения кондензатор е:

$$W = \frac{CU_{\max}^2}{2} \quad (0.5 \text{ т})$$

Началната кинетична енергия на автомобила е:

$$E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2} \quad (0.5 \text{ т})$$

Ако енергията на кондензатора бъде използвана изцяло за ускоряване на автомобила, кинетичната енергия на автомобила става равна на:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{CU_{\max}^2}{2} \quad (0.5 \text{ т})$$

Оттук намираме:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{CU_{\max}^2}{m}} \approx 25 \text{ m/s} \quad (1.0 \text{ т})$$

Б) Зарядът на кондензатора се увеличава с времето по закона:

$$q = It \quad (0.5 \text{ т})$$

а напрежението му:

$$U_c = \frac{q}{C} = \frac{It}{C} \quad (0.5 \text{ т})$$

Понеже реостатът и кондензаторът са свързани последователно към източника, напрежението U върху реостата трябва да се променя с времето t по закона:

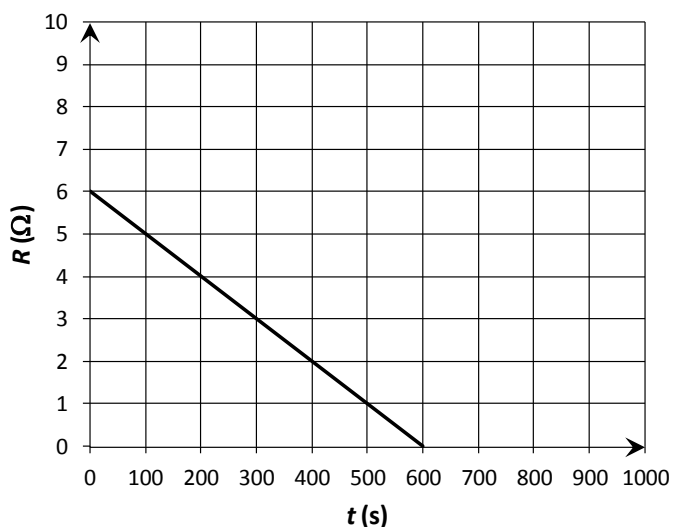
$$U(t) = \mathcal{E} - U_c = \mathcal{E} - \frac{It}{C} \quad (0.5 \text{ т})$$

От закона на Ом намираме как трябва да се променя съпротивлението на реостата:

$$R(t) = \frac{U(t)}{I} = \frac{\mathcal{E}}{I} - \frac{t}{C} \quad (1.0 \text{ т})$$

Оценяване на графиката:

- Нанесени са стойности по абсцисата
(0.2 т)
- Абсцисата е надписана и са посочени единиците
(0.2 т)
- Нанесени са стойности по ординатата
(0.2 т)
- Ординатата е надписана и са посочени единиците
(0.2 т)
- Графиката пресича абсцисата при 600 s и ординатата при 6 Ω
(1.2 т)



Точките за надписване на осите и нанасяне на стойности по тях не се дават, ако не е построена самата графика.

В) В началния момент съпротивлението на реостата е:

$$R_0 = \frac{\mathcal{E}}{I} \quad (0.2 \text{ т})$$

От съотношението:

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (0.5 \text{ т})$$

получаваме дължината на реостата в началния момент:

$$L_0 = \frac{\mathcal{E} S}{\rho I} \quad (0.3 \text{ т})$$

Времето за зареждане на кондензатора се определя от условието $R(t) = 0$. Следователно:

$$t = \frac{C \mathcal{E}}{I} \quad (0.2 \text{ т})$$

За това време плъзгачът се премества по цялата дължина на реостата. Следователно търсената скорост е:

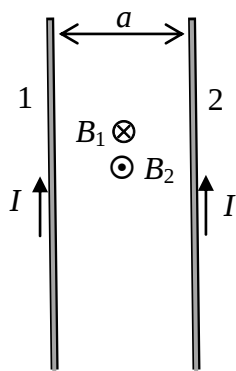
$$v = \frac{L_0}{t} = \frac{S}{\rho C} \quad (0.5 \text{ т})$$

Като вземем предвид, че:
намираме:

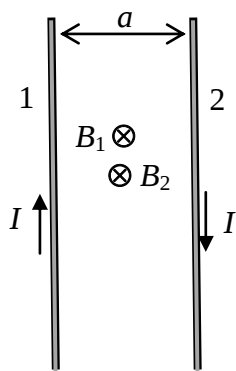
$$S = \pi d^2 / 4 \quad (0.3 \text{ т})$$

$$v = \frac{\pi d^2}{4 \rho C} \approx 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} = 0,157 \text{ mm/s} \quad (1.0 \text{ т})$$

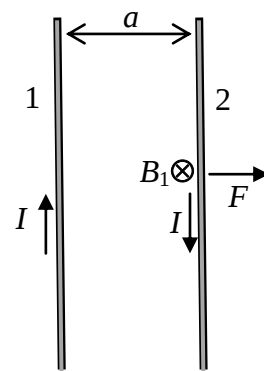
Задача 3. Полета и сили



Фиг. 3 а



Фиг. 3 б



Фиг. 3 в

А) Магнитните силови линии на праволинеен проводник са концентрични окръжности около проводника, които пробождат равнината на чертежа под прав ъгъл. Следователно магнитната индукция е перпендикулярна на чертежа. (1.0 т)

Б) На фиг. 3 а са показани посоките на магнитните индукции B_1 и B_2 , които създават проводниците в т. А, когато по тях текат токове в еднакви посоки, а на фиг. 3 б – когато посоките на токовете са противоположни. Понеже т. А е равноотдалечена от проводниците, $B_1 = B_2$. Вижда се, че в случай на токове с еднакви посоки резултантната индукция е нула. (1.0 т)

Следователно по проводниците текат токове в противоположни посоки. (1.0 т)

В) На фиг. 3 в е дадена магнитната индукция B_1 , която създава първия проводник в точка от втория проводник. Като приложим правилото на дясната ръка, определяме посоката на силата F , действаща на втория проводник. (1.0 т)

Вижда се, че проводниците се отблъскват един от друг. (1.0 т)

Г) Магнитната индукция B_1 , която създава първият проводник на разстояние r от проводника, се дава с израза:

$$B_1(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (0.5 \text{ т})$$

В точка А, която е на разстояние $r/2$ от проводника, магнитната индукция е съответно:

$$B_1(a/2) = \frac{\mu_0 I}{\pi a} \quad (0.5 \text{ т})$$

От принципа на суперпозицията следва, че в т. А:

$$B = B_1 + B_2 \quad (0.5 \text{ т})$$

където B_2 е индукцията, която създава в тази точка втория проводник. Понеже в т. A $B_1 = B_2$, следва:

$$B_1 = \frac{B}{2} \quad (0.5 \text{ т})$$

Така получаваме:

$$\frac{B}{2} = \frac{\mu_0 I}{\pi a} \quad (0.5 \text{ т})$$

Откъдето изразяваме тока по проводниците:

$$I = \frac{\pi a B}{2\mu_0} \quad (0.5 \text{ т})$$

Вторият проводник се намира в поле, създадено от първия проводник, с индукция:

$$B_1(a) = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{B}{4} \quad (0.5 \text{ т})$$

Силата, действаща на участъка от втория проводник, е:

$$F = IB_1(a)L \quad (0.5 \text{ т})$$

Следователно:

$$F = \frac{\pi B^2}{8\mu_0} aL = 0,025 \text{ N} \quad (1.0 \text{ т})$$

(– 0.5 точки за грешен числен отговор или за липсващи единици)