

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЕСЕННО НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

17 - 19 ноември 2017 година

РЕШЕНИЕ НА ТЕМАТА за 10.клас (четвърта състезателна група)

Задача 1. Електричество и магнетизъм

а) На пръта действат две сили: магнитна $F_M = BIL$ [0.25т] и гравитационна $F_g = mg$ [0.25т]. Посоката на F_M е вертикално нагоре, тъй като тя се стреми да възпрепятства промяната (в случая нарастването) на потока на магнитното поле, който е пропорционален на заградената площ. Движението на пръта е ускорително до момента, в който F_M стане достатъчно голяма, за да компенсира F_g . Така за максималния ток намираме: $BI_{\text{MAX}}L = mg$. Налагаме условието

$$I_{\text{MAX}} \geq I_0, \text{ откъдето следва } m \geq \frac{BI_0L}{g}. \text{ Така за критичната маса намираме: } m_0 = \frac{BI_0L}{g}. \text{ [0.5т]}$$

б) В момента, когато бушонът изгаря, напрежението върху резистора е $U_0 = RI_0$ [0.5т]. От друга страна напрежението можем да намерим и от закона (по големината) $U_0 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ [0.5т], където $\Phi = BS = BLx$ [0.5т]. Намираме $U_0 = BLv$. Оттук за търсената скорост получаваме $v = \frac{RI_0}{BL}$. [0.5т]

в) Тъй като през резистора тече ток I , напрежението е $U = RI$, където $R = \frac{\rho_F l}{\pi r^2}$ [1т]. Така получаваме $E_F = \frac{U}{l} = \frac{\rho_F I}{\pi r^2}$. [1т]

г) Магнитното поле B_F е сума от външното поле B и полето, създадено от тока, който тече през бушона B' [1т]. Имаме $B' = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ [1т] (линиите на полето са концентрични окръжности).

Посоката на B' можем да определим по различни начини. Ще използваме закона на Фарадей, който ни казва, че индуцираният ток в контура се стреми да противодейства на промяната на потока на магнитното поле през контура. Това означава, че под бушона посоката на B' е обратна на външното поле B , т.е. $B_F = B - B'$, а над бушона е в посока на външното поле B , т.е. $B_F = B + B'$. [1т]

д) Излъчената мощност от бушона е $P = I_0^2 R = I_0^2 \frac{\rho_F l}{\pi r^2}$ [1т]. От закона на Стефан-Болцман

$$\text{имаме } P = 2\pi r^2 \sigma T_0^4. \text{ Така намираме } T_0 = \left(\frac{\rho_F I_0^2}{2\pi^2 \sigma r^3} \right)^{\frac{1}{4}}. \text{ [1т]}$$

Задача 2. Махало в кондензатор

а) Електричното поле между плочите е $E = U/d$. Три сили действат на частицата: електростатична, гравитационна и сила на опън от страна на нишката. За първите две имаме:

$F_E = qE = qU/d$ [0.5т] и $F_g = mg$ [0.5т]. В равновесие хоризонталната и вертикалната компоненти на силата на опън F_T балансират електростатичната и гравитационната сили.

Следователно $\tan \theta_0 = \frac{F_E}{F_g} = \frac{qU}{mgd}$. [1т]

б) Силата на опън F_T се задава с $F_T = \frac{mg}{\cos \theta_0}$ [2т]. Математическото махало има период

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$
 [1т], където g е ускорението на свободно падане. В нашия случай, ако срежем

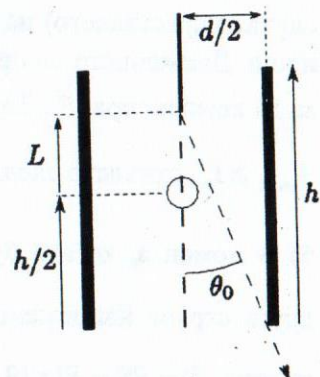
нишката, ускорението на частицата ще бъде F_T/m [1т].

Следователно имаме

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{F_T}} = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta_0}{g}}$$
 [1т]

Еквивалентни, но не толкова красиви решения, са

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{qE} \sin \theta_0} \text{ и } T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + (qE/m)^2}}}$$
 [1т]



в) След срязване на нишката, частицата ще се движи равноускорително по права линия, склучваща ъгъл θ_0 спрямо вертикалата [1т]. Поради това частицата ще напусне кондензатора на разстояние $x = (L + h/2) \tan \theta_0$ [1т] от вертикалната ос, минаваща през центъра на кондензатора. В

граничния случай имаме $x = \frac{d}{2}$. Така получаваме $U_{\max} = \frac{mgd^2}{(2L + h)q}$. [1т]

Задача 3. Топлина

Част 1:

а) Топлината, която внася бойлерът, за да загрее вода с маса Δm с температура ΔT , е $\Delta Q = \Delta m c \Delta T$ [1т]. Следователно, ако с P означим мощността на бойлера, имаме връзката

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} c \Delta T = V c \Delta T, \text{ т.е. } P \approx 13.4 \text{ kW. [1т]}$$

Част 2:

б) Гърсената топлина е $Q = m c_1 \Delta T + m \lambda_1$ [1т], където c_1 е специфичният топлинен капацитет на леда, а λ_1 е специфичната топлина на топене на леда.

Следователно $Q = 0.5 \frac{\text{cal}}{\text{g K}} 200 \text{ g } 20 \text{ K} + 200 \text{ g } 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 18 \text{ kcal. [1т]}$

в) Количеството топлина, което поемат съдът, водата и ледът, е $Q = m_1 \lambda_1 + (m_w + m_1) c_w (T_E - T_0) + m_{AL} c_{AL} (T_E - T_0) = 13700 \text{ cal [1т]}$, където по условие $T_0 = 0^\circ$ [1т]. Тази топлина идва за сметка на кондензираната пара и впоследствие охладената вода, т.е. $Q = m_s h_w + m_s c_w (T_s - T_E) = 590 m_s$ [1т]. Така получаваме $m_s = 23.2 \text{ g. [1т]}$

г) Общото количество вода в съда е $M_w = m_s + m_w + m_1 = 243 \text{ g. [2т]}$