

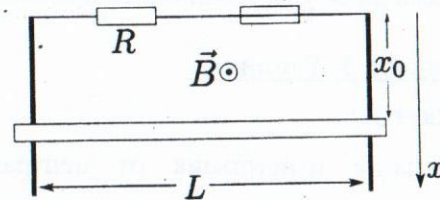
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЕСЕННО НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

17 - 19 ноември 2017 година

ТЕМА за 10. клас (четвърта състезателна група)

Задача 1. Електричество и магнетизъм

Към краищата на две дълги успоредни проводящи релси, разположени вертикално, са свързани резистор с големина R и бушон, който изгаря, ако през него премине ток с големина по-голяма или равна на I_0 . За релсите е закрепен проводящ прът, с маса m , който първоначално е поставен на разстояние x_0 от горните им краища.



Фиг. 1

Системата е поставена в еднородно магнитно поле B , перпендикулярно на чертежа, както е показано на фигурата. Релсите, проводниците и прътът са с пренебрежимо съпротивление. Когато прътът се разкача от релсите, той започва да пада под действие на земното притегляне, но никога не губи електрически контакт с релсите. Разстоянието между релсите е L , а земното ускорение е g . Намерете:

а) минималната маса m_0 на пръта, необходима, за да изгори бушонът; [1 т.]

б) скоростта на движение v на пръта в момента, когато бушонът изгаря. [2 т.]

Бушонът представлява проводящ цилиндър с дължина l , радиус $r \ll l$ и специфично съпротивление ρ_f . Приемете, че през бушона тече ток I . Намерете:

в) големината на електричното поле E_f в бушона; [2 т.]

г) големината на магнитното поле B_f непосредствено над повърхността на бушона в равнината на контура. [3 т.]

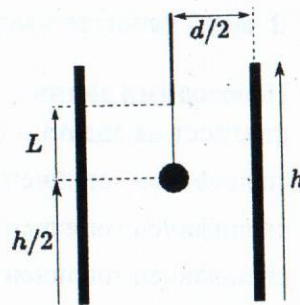
Бушонът изгаря, когато достигне температурата на топене T_0 , съответстваща на тока I_0 .

д) Намерете температурата T_0 . [2 т.]

Упътване: Загрятите тела излъчват приблизително според закона $P = \sigma ST^4$, където P е мощността на излъчване, σ е константата на Стефан-Болцман, S е площта на излъчващата повърхност, а T е температурата на тялото.

Задача 2. Махало в кондензатор

Плосък кондензатор, чиито плочи са ориентирани във вертикално направление, е захванат неподвижно в пространството. Разстоянието между плочите е d . Плочите са с височина h и имат площ $A \gg d^2$. Заредена частица с маса m , заряд q и пренебрежими размери е окачена на безмасова нишка с дължина L , чиито горен край е захванат неподвижно за твърда връзка. Когато кондензаторът не е зареден, частицата се намира в центъра на кондензатора (на разстояние $d/2$ от всяка плоча и на височина $h/2$ от основата на плочите).



Фиг. 2

При прилагане на потенциална разлика U между плочите нишката сключва ъгъл θ_0 спрямо вертикалата, когато частицата е в равновесие. Съпротивлението на въздуха е пренебрежимо. Земното ускорение е g .

а) Намерете равновесния ъгъл θ_0 . [2 т.]

б) Частицата е повдигната на ъгъл θ , който е *малко* по-голям от ъгъла θ_0 , и оставена да се движи свободно, при което тя започва да извършва трептения около равновесното положение. Намерете периода на движението T , изразен чрез ъгъла θ_0 . [5 т.]

в) Частицата се намира в покой в равновесното положение (на ъгъл θ_0), след което нишката е срязана. Намерете максималната стойност на напрежението U_{\max} , при която частицата няма да се удари в плочите при напускане на кондензатора. [3 т.]

Задача 3. Топлина

Част 1

Вода е изпомпвана от централна отоплителна система със скорост $V = 1,15 \text{ m}^3/\text{h}$. Температурата на водата, излизаща от бойлера, е $T_{\text{OUT}} = 58^\circ\text{C}$, а температурата на водата, която се връща в бойлера, е $T_{\text{IN}} = 48^\circ\text{C}$. Приемете, че топлообменът между бойлера и околната среда е пренебрежим.

а) Намерете мощността на бойлера P в kW. [2 т.]

Част 2

Лед с температура -20°C и маса 200 g се загрева, при което ледът се превръща във вода с температура 0°C .

б) Намерете количеството топлина Q , което получава ледът. [2 т.]

Получената вода (с маса $m_w = 200 \text{ g}$) се налива в алуминиев съд с маса $m_{\text{AL}} = 100 \text{ g}$ и в нея се потапя $m_l = 20 \text{ g}$ лед, като съдът, ледът и водата са с равновесна температура T_0 . Пара с температура $T_s = 100^\circ\text{C}$ влиза в контакт със сместа, след което се установява равновесна температура $T_E = 50^\circ\text{C}$. Теплообменът на тази система с околната среда е пренебрежим. Намерете:

в) масата на добавената пара m_s ; [4 т.]

г) масата на водата M_w , която се намира в алуминиевия съд, след като в системата се е установило термодинамично равновесие. [2 т.]

Упътване:

В част 2 работете в мерни единици калории (cal).

Необходими данни:

плътност на водата – $\rho_w = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

специфичен топлинен капацитет на водата – $c_w = 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1} = 1 \text{ cal g}^{-1}\text{K}^{-1}$

специфичен топлинен капацитет на леда – $c_l = 0.5 \text{ cal g}^{-1}\text{K}^{-1}$

специфичен топлинен капацитет на алуминий – $c_{\text{AL}} = 0.22 \text{ cal g}^{-1}\text{K}^{-1}$

специфична топлина на кондензация на водата – $h_w = 540 \text{ cal g}^{-1}$

топлина на топене на леда – $\lambda_l = 80 \text{ cal /g}$