LII РЕПУБЛИЧКИ НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА ЗА УЧЕНИЦИТЕ ОД СРЕДНИТЕ УЧИЛИШТА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

16 мај 2009

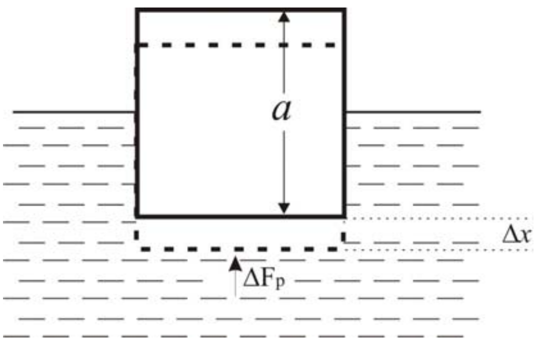
II година

Задача 1. Дрвена коцка со должина на страната a плива во вода (сл. 1). Да се одреди густината на дрвото ако периодот на малите осцилации кои се јавуваат кога коцката малку дополнително ќе се потопи во водата и пушти, изнесува T. Густината на водата е ρ_0.

Решение:

Кога коцката плива во вода, потисната сила која дејствува на потопениот дел од коцката е еднаква на нејзината тежина. Ако коцката се потопи до некоја дополнителна длабочина Δx, се јавува зголемување на силата на потисокот:

$$\Delta F_p = \rho_0 \cdot g \cdot a^2 \cdot \Delta x .$$



Слика 1

Со пуштањето на коцката, оваа дополнителна сила предизвикува осцилации и дејствува како еластична сила. Од равенката:

$$k \cdot \Delta x = \rho_0 \cdot g \cdot a^2 \cdot \Delta x ,$$

се добива константата на пропорционалност k:

$$k = \rho_0 \cdot g \cdot a^2 ,$$

која се заменува во изразот за период на мали осцилации:

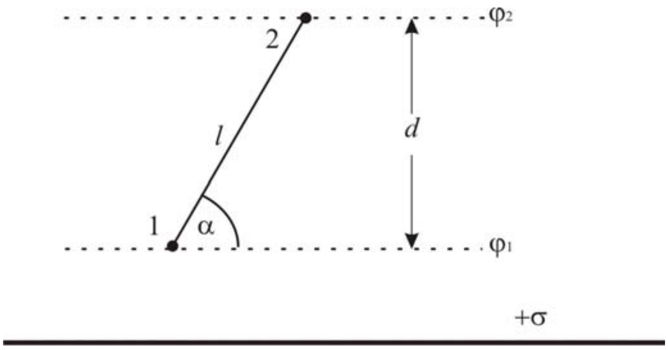
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\rho \cdot a^3}{\rho_0 \cdot g \cdot a^2}} .$$

Оттука, за густината на дрвото ρ се добива:

$$\rho = \frac{T^2}{4\pi^2}\frac{\rho_0 g}{a} .$$

Задача 2. Точкест полнеж q=10 nC се поместува од точката 1 во точката 2 во електричното поле на рамномерно наелектризирана рамнина (сл. 2), чија површинска густина на полнежот изнесува σ=2 μC/m^2. Да се најде работата која ја вршат електростатските сили во овој процес, ако l= 20cm и α=60°.

Решение:



Слика 2

Рамнините кои поминуваат низ точките 1 и 2 се паралелни со наелектризираната рамнина и претставуваат еквипотенцијални површини. Разликата на нивните потенцијали зависи од јачината на електричното поле на рамнината $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ и од нормалното растојание d :

$$\varphi_1-\varphi_2=E\cdot d=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot l\sin\alpha\ .$$

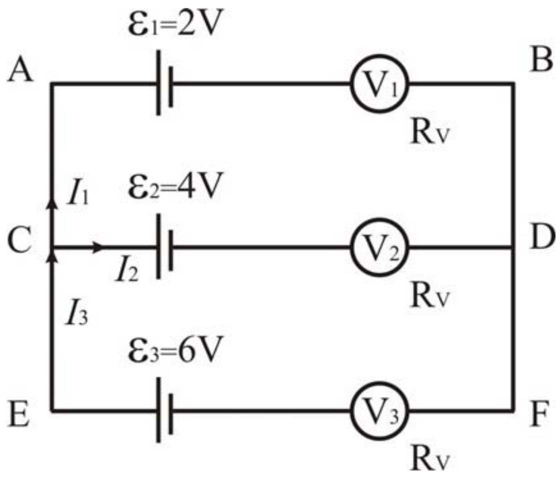
Според тоа, работата која се врши при поместување на полнежот од точката 1 во точката 2 изнесува:

$$A=q(\varphi_1-\varphi_2)=\frac{q\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot l\sin\alpha=196\cdot10^{-6}\,\mathrm{J}\ .$$

Задача 3. Три акумулатори и три волтметри со внатрешен отпор R_V=3000Ω, се врзани како на сл. 3. Ако внатрешните отпори на акумулаторите се занемарливи, да се одредат напоните кои ги покажуваат волтметрите.

Решение:

Ако насоките на струите ги означиме како на сликата, и го примениме првото Кирхофово правило на јазелот A, а второто Кирхофово правило на контурите ECDF и EABF добиваме:



Слика 3

$$I_3 = I_2 + I_1$$
$$\varepsilon_3 - \varepsilon_2 = I_3 R_V + I_2 R_V$$
$$\varepsilon_3 - \varepsilon_1 = I_3 R_V + I_1 R_V .$$

Со решавање на горниот систем на три равенки со три непознати, за јачините на струите се добива:

$$I_2 = \frac{1}{3}\left(2\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{R_V} - \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{R_V}\right) = 0$$
$$I_1 = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{R_V} - 2I_2 \qquad ,$$
$$I_3 = I_1 .$$

Според тоа, волтметрите ќе ги покажуваат следните напони:

$$U_1 = I_1 R_V = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{2R_V} R_V = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{2} = 2\text{V}$$
$$U_2 = I_2 R_V = 0$$
$$U_3 = I_3 R_V = 2\text{V}.$$

Задача 4. Наелектризирана честичка влегува во хомогено магнетно поле (во некоја средина), при што правецот на нејзиното движење е нормален на магнетните силови линии. Поради интеракција со средината, честичката губи половина од својата кинетичка енергија. Да се определи односот на радиусите на кривините на патеката на честичката, на почетокот и на крајот од патот.

Решение:

За кружното движење на честичката во магнетното поле важи:

$$ma_n = F_L ,$$

каде $F_L = qvB\sin\alpha$ е Лоренцовата сила, а $a_n = \dfrac{v^2}{R}$ нормалното забрзување. За α= 90° следи:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB \;\Rightarrow v = \frac{RqB}{m} ,$$

а оттука и изразот за кинетичката енергија:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{R^2q^2B^2}{2m} .$$

Доколку изразите за брзините на почетокот и на крајот од патот ги замениме во равенката $E_{k2} = \dfrac{1}{2}E_{k1}$, се добива:

$$\frac{R_2{}^2q^2B^2}{2m} = \frac{1}{2}\frac{R_1{}^2q^2B^2}{2m} .$$

Оттука го наоѓаме односот на радиусите:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{2} .$$

Задача 5. Краевите на еден калем, составен од n=1000 навивки, се кратко споени. Калемот е сместен во магнетно поле, при што магнетните силови линии се паралелни со оската на калемот. Површината на напречниот пресек на калемот е S=40 cm^2, а неговиот отпор R=160 Ω. Да се одреди топлотната загуба во единица време, ако промената на магнетната индукција во текот на времето е $10^{-3}\ \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}$.

Решение:

Поради рамномерна промена на магнетната индукција, низ калемот тече индуцирана струја со јачина $I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$, каде ε_i е индуцираната ЕМС:

$$\varepsilon_i = -n \cdot S \frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

Промената на магнетната индукција е $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-3}\ \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}$, па индуцираната струја во калемот изнесува:

$$I_i = -\frac{nS\Delta B}{R\Delta t},$$

Течењето на струјата го загрева калемот. Според Џул-Ленцовиот закон, ослободената количина на топлина е $\Delta W = I_i^2 R \Delta t$, а топлотната загуба во единица време се пресметува на следниот начин:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = I_i^2 R.$$

Со замена на изразот за јачината на струјата во горната равенка, за моќноста се добива:

$$P = \frac{n^2 S^2}{R}\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)^2 = 10^{-7}\ \mathrm{W}.$$