

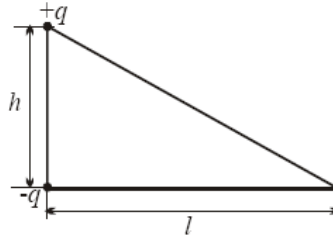
55. ДРЖАВЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА ЗА УЧЕНИЦИТЕ ОД СРЕДНИТЕ УЧИЛИШТА
Прилеп, 2012

- II година -

1. Од врвот на наведената рамнина со висина h и хоризонтална должина l се пушта топче со маса m и занемарлив радиус. Топчето е наелектризирано со полнеж $+q$. Вертикално под врвот топче поставено е второ, исто такво топче со полнеж $-q$ како што е прикажано на Сл. 1.

а) Да се одреди брзината на првото топче на крајот на наведената рамнина.

б) Ако висината на наведената рамнина е $h = 1\text{m}$ да се одреди при колкава максимална хоризонтална должина на рамнината l , топче со маса $m = 1\text{g}$, наелектризирано со полнеж $q = 1,36\ \mu\text{C}$ стигнува до крајот на наведената рамнина.



Слика 1

Решение: Вкупната енергија која ја има првото топче во почетниот момент – кога се наоѓа на врвот од рамнината и во крајниот момент кога се наоѓа на крајот од наведената рамнина е зададена со изразите

$$E_1 = mgh - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 h}$$

$$E_2 = \frac{mv^2}{2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l}$$

а. Според законот за запазување на енергијата имаме:

$$E_1 = E_2$$
$$mgh - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 h} = \frac{mv^2}{2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l}$$

од каде за брзината на топчето на крајот од рамнината имаме:

$$v = \sqrt{\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 m} \left(\frac{1}{l} - \frac{1}{h} \right) + 2gh}.$$

б. Првото топче може да стигне до крајот на наведената рамнина ако изразот под коренот е позитивен или ако

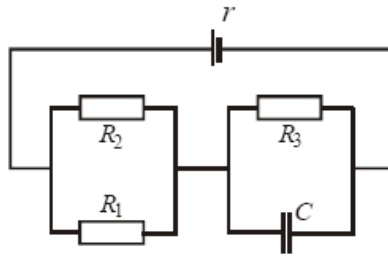
$$mgh - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 h} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l} \geq 0,$$

од каде следува

$$\frac{1}{l} > \frac{1}{h} - \frac{4\pi\epsilon_0 mgh}{q^2} \quad \frac{1}{l} \geq 0,411 \frac{1}{\text{m}}$$

$$l \leq 2,43\text{m}.$$

2. Во струјниот круг прикажан на Сл. 2 отпорот на отпорниците изнесува $R_1 = R_2 = 28\Omega$ и $R_3 = 40\Omega$, додека капацитетот на кондензаторот е $C = 5\mu\text{F}$. Да се одреди електромоторната сила на изворот, чиј внатрешен отпор е $r = 3\Omega$, ако полнежот на кондензаторот изнесува $q = 4,2\mu\text{C}$.



Слика 2

Решение:

Од сликата лесно се заклучува дека отпорите R_1 и R_2 врзани паралелно, се врзани сериски со отпорот R_3 и r . Според тоа низ отпорникот R_3 тече струја

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + r}$$

Струјата која тече низ R_3 создава пад на напон кој е еднаков на падот на напонот на кондензаторот, т.е.

$$IR_3 = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + r} R_3 = \frac{q}{C}$$

Од тука за електромоторната сила на изворот имаме

$$\varepsilon = \frac{q}{CR_3} \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + r \right) = 1,2 \text{ V}$$

3. Светилка со моќност $P = 60 \text{ W}$ која е предвидена да се користи на напон од $U = 220 \text{ V}$, треба да се напојува со повеќе еднакви струјни извори. Колку најмалку од овие извори треба да се врзат сериски ако секој од нив има електромоторна сила $\varepsilon = 4,5 \text{ V}$, а внатрешниот отпор им изнесува $r = 3 \Omega$?

Решение:

Користејќи ги равенките за моќност која се развива на даден отпорник може да пресметаме колкав е отпорот и колкава јачина на струја треба да тече низ светилката.

$$P = UI; \quad P = \frac{U^2}{R}$$

односно

$$I = \frac{P}{U}; \quad R = \frac{U^2}{P}$$

Користејќи го Омовиот закон за цело струјно коло во кое се врзани n струјни извори имаме

$$n\varepsilon = I(R + nr)$$

Односно за јачината на струјата во колото имаме:

$$I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$$

Користејќи ги равенките за отпорот на светилката и за јачината на струјата која треба да тече за бројот на потребни струјни извори лесно се добива

$$n = \frac{U}{\varepsilon - \frac{Pr}{U}} = 60.$$

4. Калем (навивка) со дијаметар $D = 5 \text{ cm}$, се наоѓа во магнетно поле паралелно со оската на калемот, чија индукција се менува рамномерно со брзина $\Delta B / \Delta t = 0,01 \text{ T/s}$. Калемот има $N = 1000$ навивки од бакарна жица чија плоштина на напречен пресек изнесува $S = 0,2 \text{ mm}^2$ и има специфичен отпор $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

а) Да се одреди полнежот на кондензаторот со капацитет $C = 10 \mu\text{F}$ кој е врзан на краевите на калемот.

б) Ако краевите на калемот кратко се спојат да се одреди моќноста што се одвојува на калемот.

Решение:

а) Ако калемот е поставен во променливо магнетно поле за електромоторната сила која се индуцира можеме да запишеме:

$$\varepsilon = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = NS_{\text{калем}} \frac{\Delta B}{\Delta t} = N \frac{D^2 \pi}{4} \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Ако на краевите на калемот е поврзан кондензатор полнежот на истиот ќе биде

$$q = CN \frac{D^2 \pi}{4} \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,2 \mu\text{C}.$$

б) Ако краевите на калемот се кратко спојат тогаш моќноста која се издвојува е

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R},$$

каде со R е означен отпорот на калемот

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{ND\pi}{S}.$$

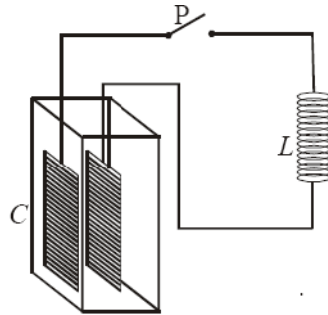
Конечно за моќноста добиваме:

$$P = \frac{ND^3 S \pi}{16 \rho} \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right)^2 = 28,9 \mu\text{W}$$

5. Осцилаторен круг се состои од плочест кондензатор и калем прикажани на Сл. 3. Плочите на кондензаторот стојат вертикално на дото на стаклен сад. Ширината на секоја од плочите е $a = 10\text{ cm}$, додека висината изнесува $b = 20\text{ cm}$. Растојанието помеѓу плочите е $d = 5\text{ mm}$. Во садот се налива петролеј со релативна диелектрична константа $\epsilon_r = 2,1$ до висина која е еднаква на половина од висината на плочите. Коefициентот на самоиндукција на калемот е $L = 200\text{ mH}$.

а) Да се одреди сопствената фреквенција на ваквиот осцилатор.

б) Кога прекинувачот е отворен плочите на кондензаторот се врзуваат на извор на едностранна струја со електромоторна сила $U = 100\text{ V}$. Потоа изворот се одвојува од кондензаторот и прекинувачот се затвора. Да се одреди колкава максимална струја протекува низ калемот.



Решение:

Откако ќе се налее петролеј во садот тогаш кондензаторот претставува кондензаторска батерија од два паралелно врзани кондензатори. Вкупниот капацитет на кондензаторот изнесува:

$$C_e = C_1 + C_2 = \epsilon_0 \frac{S}{2d} + \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{2d} = \frac{\epsilon_0 ab}{2d} (\epsilon_r + 1)$$

а) Сопствената фреквенција на ваквиот осцилаторен круг изнесува

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_e}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2d}{L\epsilon_0 ab(\epsilon_r + 1)}} = 4,8 \cdot 10^4 \text{ Hz}$$

б) Користејќи го законот за запазување на енергијата имаме

$$W_{C_e} = W_L$$

$$\frac{C_e U^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

од каде за максималната струја која протекува низ калемот се добива

$$I = U \sqrt{\frac{\epsilon_0 ab}{2dL}} (\epsilon_r + 1) = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$