



54 РЕГИОНАЛЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА 2022

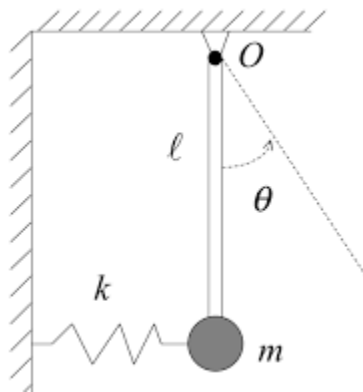
2 април 2022

II година

(решенија на задачите)

Задача 1. Наелектризирано тело со полнеж $Q = 20 \text{ nC}$ и маса $m = 3 \text{ g}$ е обесено на долг конец со должина $l = 60 \text{ cm}$ и закачено за вертикалниот ѕид преку хоризонтално поставена еластична пружина, направена од изолатор (види Слика 1). Коефициентот на еластичност на пружината изнесува $k = 0,05 \text{ N/m}$. Под дејство на хомогено електрично поле, приложено во хоризонтален правец, полнежот се отклонува под агол од $\theta = 15^\circ$. Да се смета дека овој агол е доволно мал, така што може да се земе дека пружината останува во хоризонтална положба и после дејството на полето. За Земјиното забрзување да се земе: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

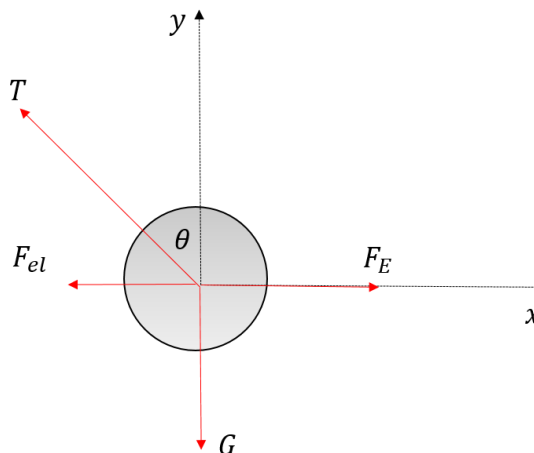
- Колкава е големината на електричното поле?
- Зашто пружината треба да биде направена од изолатор?



Слика 1

Решение:

а. Резултантната сила која дејствува на телото кога тоа е отклонето е еднаква на 0 (услов за рамнотежа). Силите кои дејствуваат на полнежот во тој момент се: силата на затегнување (T), еластичната сила на пружината (F_{el}), силата од електричното поле (F_E), како и силата на Земјината тежа (G). Силите се прикажани на следниов дијаграм:



Од условот за рамнотежа, резултантниот вектор од сите сили, коишто дејствуваат на телото треба да биде еднаков на нула, па ако се проектираат силите долж x и y оските, соодветно, се добиваат следните релации:

$$F_x = F_E - F_{el} - T \sin \theta = 0.$$

$$F_y = T \cos \theta - G = 0.$$

Знаејќи дека: $G = mg$, од равенката по y насоката можеме да ја изразиме силата на затегнување на крајот:

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}.$$

Ако сега ги искористиме експлицитните изрази за силите:

$$F_E = QE; F_{el} = k\Delta x = kl \sin \theta,$$

со замена во равенката за x компонентата на силата, може да се добие крајниот израз за електричното поле:

$$E = \frac{mg \tan \theta + kl \sin \theta}{Q} = 7,9 \cdot 10^5 \text{ N/C}.$$

б. Се користи пружина направена од изолатор за телото да остане наелектризирано.

Забелешка: Делот под **а.** носи 16 поени, а пак делот под **б.** носи 4 поени. Ако ученикот ги запише само изразите за силите, но не го запише Вториот Њутнов закон во скаларна форма, се доделуваат 4 поени. За погрешно пресметана нумеричка вредност се одземаат 2 поена, а пак за незапишување на единицата во која е изразен резултатот се одзема 1 поен.

Задача 2. Квадратна рамка со маса 1 g, направена е од бакарна жица и поставена во хомогено магнетно поле со индукција 0,1 Т. Линиите на магнетното поле се нормални на рамнината на квадратот. Колкав полнеж ќе помине низ жицата, ако од квадратната рамка се направи кружна рамка? Густината на бакарот изнесува 8600 kg/m^3 , додека специфичниот отпор на бакарот изнесува $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Решение:

Протекувањето на струја низ рамката настанува поради индуцирањето на ЕМС во рамката. Таа се индуцира поради промената на флуksот низ рамката, која во конкретниов случај, настанува како резултат на промена на плоштината на контурата, која се наоѓа во магнетното поле:

$$\varepsilon_i = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = B \frac{S_2 - S_1}{\Delta t}$$

Апсолутната вредност во равенката ја поставуваме бидејќи не мора да водиме грижа за насоката на индуцираната ЕМС (според Ленцовото правило), туку само за нејзината големина.

Со a да ја означиме должината на страната на квадратната рамка, а со r радиусот на кружната рамка. Според тоа, имаме:

$$4a = 2r\pi \Rightarrow r = \frac{2a}{\pi}$$

За промената на плоштината на контурата имаме:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = a^2 \left(\frac{4}{\pi} - 1 \right)$$

Отпорот на жицата од која е направена рамката може да го пресметаме со изразот:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{4a}{s},$$

каде со s е означена плоштината на напречниот пресек на спроводникот од кој е направена рамката. Имајќи предвид дека: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ и дека $I = \frac{\varepsilon_i}{R}$ имаме:

$$\Delta q = \frac{B(S_2 - S_1)}{R} = \frac{Ba^2 \frac{4 - \pi}{\pi}}{\rho \frac{4a}{s}} = \frac{Bas(4 - \pi)}{4\pi\rho}$$

Знаејќи ја масата на контурата ги одредуваме величините кои се непознати во горната релација:

$$m = \rho_m V = \rho_m \cdot 4a \cdot s \Rightarrow as = \frac{m}{4\rho_m}$$

Заменувајќи го последниот израз во претпоследниот за полнежот кој ќе протече во рамката имаме:

$$\Delta q = \frac{Bas(4 - \pi)}{4\pi\rho} = \frac{Bm(4 - \pi)}{16\rho\pi\rho_m} = 0,012 \text{ C.}$$

Забелешка. Доколку ученикот запише израз за индуцираната ЕМС се доделуваат 3 поени. Ако ученикот точно ја запише разликата на плоштините во двата случаа се доделуваат уште 3 поени. За точната релација за отпорот на рамката се доделуваат 2 поена. Изведувањето на крајната релација за полнежот, заедно со точната нумеричка вредност се наградува со преостанатите 12 поени. За секое погрешно претворање на единиците на ученикот му се одзема по еден поен. За погрешно пресметано конечно решение се одземаат два поена. За незапишување на единиците мерки во решението се одзема еден поен. Доколку ученикот не го стави изразот за индуцирана ЕМС во апсолутна вредност и во текот на решавањето продолжи да влече знак минус пред изразот, не се одземаат поени.

Задача 3. Протон со маса m_p , деутерон (честичка со маса $m = 2m_p$ и полнеж $Q = +e$) и алфа честичка (честичка со маса $m = 4m_p$ и полнеж $Q = +2e$), сите забрзани со помош на еднаква потенцијална разлика, влегуваат во хомогено магнетно поле со магнетна индукција B . Брзините на сите три честички се нормални на векторот на магнетната индукција. Магнетната индукција е насочена кон листот.

а. Најди го односот на радиусите на траекториите на деутеронот и протонот и на алфа честичката и протонот.

б. Каква е насоката на силата што дејствува на овие честички во моментот кога влегуваат во магнетното поле?

Решение:

а) Со користење на законот за запазување на енергијата може да се изрази брзината на секоја од честичките.

$$E_1 = E_2, \quad QV = \frac{mv^2}{2},$$

$$v = \sqrt{\frac{2QV}{m}}.$$

Поради тоа што честичките се движат нормално на векторот на магнетната индукција, под дејство на силата на магнетното поле тие ќе се движат по кружни патеки:

$$F = QvB = m \frac{v^2}{R};$$

со радиус на траекторијата еднаков на:

$$R = \frac{mv}{QB}.$$

Со заменување на изразот добиен за брзината се добива:

$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{Q}}.$$

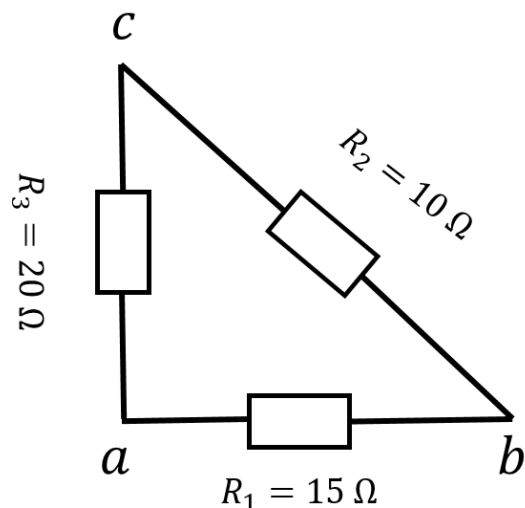
Ако го изразиме односот од радиусите на патеките на деутеронот и протонот (R_d / R_p), се добива $\sqrt{2}$. Истиот резултат се добива и за односот на радиусите на патеките на алфа честичката и протонот.

б. Бидејќи во условот на задачата дадено е дека сите честички се позитивни, а магнетната индукција е насочена кон листот, силата која ќе дејствува на честичките, **во моментот кога тие влетуваат во магнетното поле**, ќе биде насочена **вертикално нагоре**.

Забелешка: Делот **а.** се наградува со 16 поени, додека делот **б.** се наградува со 4 поени. Ако ученикот ја изрази брзината на честичките согласно законот за запазување на енергија се доделуваат 5 поени. Доколку ученикот само ја запише формулата за големината на Лоренцовата сила, но не заклучи дека таа ќе игра улога на центрипетална сила, се доделуваат 3 поени. Ако во делот **б.** ученикот точно одговорил на прашањето, но без да даде образложение, се доделуваат 2 поена.

Задача 4. На Слика 2 се прикажани три отпорници кои се поставени во форма на триаголник. Колкава струја ќе тече во неразгранетиот дел од ваквото коло, ако на него се поврзе батерија со занемарлив внатрешен отпор, чијашто електромоторна сила изнесува $U = 35 \text{ V}$. Батеријата се поврзува помеѓу точките:

- а. a и b , паралелно врзана за отпорникот R_1 ;
- б. b и c , паралелно врзана за отпорникот R_2 ;
- в. c и a , паралелно врзана за отпорникот R_3 .



Слика 2

Решение:

а. Кога батеријата ќе се постави меѓу точките a и b , отпорниците R_2 и R_3 се поврзани сериски, па нивниот еквивалентен отпор изнесува:

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 30 \text{ } \Omega.$$

Вкупниот отпор во ваквото коло можеме да го најдеме како:

$$R_{vk,a} = \frac{R_{23}R_1}{R_{23} + R_1} = 10 \text{ } \Omega.$$

Јачината на струјата е еднаква на:

$$I_a = \frac{U}{R_{vk,a}} = 3,5 \text{ A.}$$

б. Сосема аналогно:

$$R_{13} = R_1 + R_3 = 35 \text{ } \Omega;$$

$$R_{vk,b} = \frac{R_{13}R_2}{R_{13} + R_2} = 7,78 \text{ } \Omega;$$

$$I_b = \frac{U}{R_{vk,b}} = 4,5 \text{ A.}$$

в.

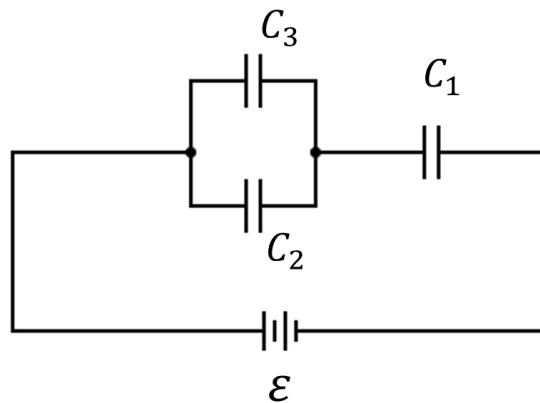
$$R_{12} = R_1 + R_2 = 25 \text{ } \Omega;$$

$$R_{vk,c} = \frac{R_{12}R_3}{R_{12} + R_3} = 11,11 \text{ } \Omega;$$

$$I_c = \frac{U}{R_{vk,c}} = 3,15 \text{ A.}$$

Забелешка: Делот под а. носи 7 поени, додека деловите б. и в. носат по 6 поени. . За погрешно пресметано конечно решение се одземаат по два поена. За незапишување на единиците мерки во решението се одзема по еден поен.

Задача 5. На Слика 3 е дадено електрично коло во кое сите кондензатори се со еднаков капацитет, т.е $C_1 = C_2 = C_3 = C$.



Слика 3

- а.** Да се напише изразот за еквивалентниот капацитет во колото изразен преку C .
б. Да се пресметаат полнежот и потенцијалната разлика (напонот) на секој од кондензаторите ако се знае дека секој од нив има капацитет $C = 3 \mu\text{F}$, а пак, електромоторната сила на батеријата е еднаква на $\varepsilon = 4 \text{ V}$.

Решение:

- а.** Кондензаторите C_2 и C_3 се поврзани паралелно и нивниот еквивалентни капацитет е еднаков на:

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 2C.$$

Еквивалентниот капацитет во колото се добива со користење на равенката за сериско поврзување на кондензаторите C_{23} и C_1 :

$$\frac{1}{C_{ekv}} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_1} = \frac{3}{2C},$$

односно:

$$C_{ekv} = \frac{2}{3}C.$$

- б.** За да се определи полнежот и напонот кај секој од кондензаторите, најпрво треба да се определи вкупниот полнеж кој доаѓа од батеријата:

$$Q = C_{ekv}\varepsilon = 8 \mu\text{C}.$$

Кај кондензаторот C_1 поминува цел полнеж, па поради тоа за напонот на овој кондензатор се добива:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = 2,7 \text{ V}.$$

Бидејќи другите два кондензатори се паралелно поврзани и имаат ист капацитет, полнежот кај секој од нив ќе биде двојно помал од вкупниот полнеж, па и нивниот напон ќе биде двојно помал:

$$U_2 = U_3 = \frac{U_1}{2} = 1,35 \text{ V}.$$

Забелешка: Делот **а.** носи 12 поени, додека делот **б.** носи 8 поени. Ако ученикот го добие само еквивалентниот капацитет C_{23} се доделуваат 4 поени. Ако ученикот го одреди само вкупниот полнеж во колото, но не ги најде напоните на секој од кондензаторите се доделуваат 3 поени. За погрешна нумеричка вредност се одземаат 2 поена, а пак за незапишување на мерната единица во која се изразува физичката величина се одзема 1 поен.