26. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (9. март 2019)

III РАЗРЕД

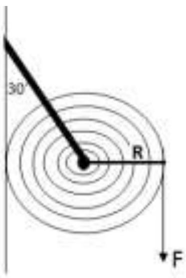
1. У калориметру се налази лед. За загријавање тог система од -3 °C до -1 °C утроши се количина топлоте 1,3 kJ, а за загријавање од -1 °C до +1 °C потроши се 34,8 kJ . Колики је топлотни капацитет калориметра C (J/K)? Специфични топлотни капацитет воде је 4,2 kJ/kgK, специфични топлотни капацитет леда је 2,1 kJ/kgK, а специфична топлота топљења леда је 333 kJ/kg?

2. Велика ролна тоалет папира масе $m = 16$ kg и полупречника $R = 18$ cm мирује ослоњена на зид. У том положају је одржава оквир за који је везана осовина која пролази кроз средиште ролне (види слику 1). Осовина се без трења ротира у оквиру, а момент инерције ролне папира и осовине за осу обртања је $0{,}260 \mathrm{kgm}^2$. Други крај оквира везан је за зглоб учвршћен за зид тако да раван оквира образује са равни зида угао од 30°. Маса оквира је занемарљива. Динамички коефицијент трења између папира и зида је 0,25. Папир се одмотава под дејством константне вертикалне силе 60 N.
а) Колики је интензитет силе којом осовина дејствује на ролну папира током одмотавања?
б) Колико је угаоно убрзање ролне папира?
(Узети да је $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$).

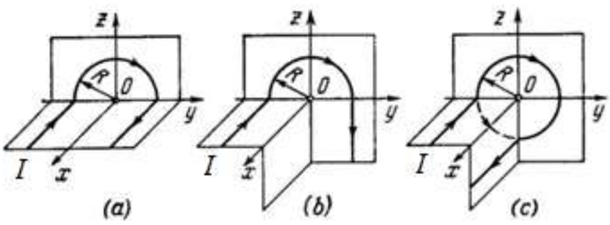
3. Сноп позитивно наелектрисаних честица (брзина много мањих од брзине свјетлости) се без скретања креће по $z -$ оси кроз област простора A, дужине c (види слику 2), у којој постоји електрично поље јачине E и магнетно поље индукције B. Оба поља су хомогена у области A. Правци поља су узајамно нормални, и нормални су на $z -$ осу. Ако се магнетно поље искључи, траг снопа се помјера за растојање Δx на екрану G. Знајући дужину области c и растојање од те области до екрана b, наћи специфично наелектрисање q/m честица из снопа.

4. Једначина хармонијског осциловања тијела је $x = 5 sin 2t$ (cm). У неком тренутку, сила која дјелује на тијело је $F = 5 \cdot 10^{-3}$ N, а потенцијална енергија 10^{-4}J. Колике су у том тренутку фаза осциловања и кинетичка енергија тијела?

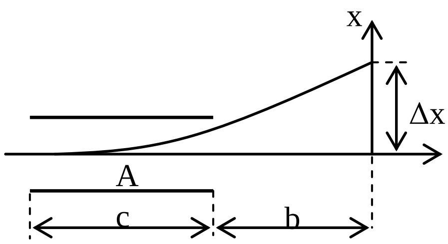
5. Наћи интензитет магнетне индукције у тачки O ако проводник са струјом $I = 8$ A има облик приказан на слици 3, за случај (a, b, c). Радијус заобљеног дијела је 100 mm, а праволинијски дијелови проводника су веома дугачки (бесконачни). Посебно обратити пажњу да у случају c) струја тече по цијелом кружном прстену.



Слика 1



Слика 3



Слика 2

Задатке припремио: Доброслав Слијепчевић, проф.
Рецензент: Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА III РАЗРЕД

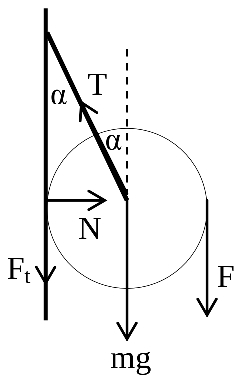
1. Количина топлоте Q_1 потребна да се калориметар и лед загрију од $t_1 =$ -3 °C до $t_2 =$ -1 °C је
$Q_1 = mc_1(t_2 - t_1) + C(t_2 - t_1)$ (1) гдје је
c_1 специфични топлотни капацитет леда, а C топлотни капацитет калориметра.
Количина топлоте Q_2 потребна да се калориметар и лед загрију од $t_2 =$ -1 °C до $t_3 =$1 °C, при чему лед прелази у воду:
$Q_2 = mc_1(t_0 - t_2) + m\lambda + mc_2(t_3 - t_0) + C(t_3 - t_2)$ (2) гдје је
c_2 специфични топлотни капацитет воде и λ специфична топлота топљења леда.
Из(1) је m $= \dfrac{Q_1 - C(t_2 - t_1)}{c_1(t_2 - t_1)}$ (3) , па је замјеном (3) у (2):

$$Q_2 = \left[\frac{Q_1 - C(t_2 - t_1)}{c_1(t_2 - t_1)}\right]\left(c_1(t_0 - t_2) + \lambda + c_2(t_3 - t_0)\right) + C(t_3 - t_2).$$

Смјеном $\Delta T = t_2 - t_1 = t_3 - t_2$, $\frac{\Delta T}{2} = t_3 - t_0 = t_0 - t_2$, добија се :

$$C = \frac{Q_1\left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{c_1\Delta T} + \frac{c_2}{2c_1}\right) - Q_2}{\frac{\lambda}{c_1} + \frac{c_2\Delta T}{2c_1} - \frac{\Delta T}{2}}\quad , \qquad C = 441{,}4\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}.$$

2. На слици су приказане силе које дјелују на ролну папира.



a) Тачка C (центар ролне) се не креће, па важи: $a_C = 0$, $\sum F_i = 0$.
Пројекције сила на x и y – осу испуњавају услове:
x: $N = Tsin\alpha$ (1)
y: $F + mg + F_t = Tcos\alpha$ (2)
и додатно је:
$F_t = \mu N$ (3) .
Из (1) и (3) је $F_t = \mu Tsin\alpha$, па увршатавањем у (2) добијамо:
$F + mg = T(cos\alpha - \mu sin\alpha)$ и коначно
$T = \frac{F+mg}{cos\alpha - \mu sin\alpha}$, $T = 297{,}3\ N$.
b) Из Другог Њутновог закона за ротацију је:
$I\alpha = FR - F_tR$, $\alpha = (FR - F_tR)/I$ = 15,81 rad/s^2 .

3. По услову задатка, види се да је електрично поље усмјерено дуж осе x, а да је магнетна индукција B нормална на раван цртежа, усмјерена ка нама. Из услова равнотеже електричне и Лоренцове силе $qE = qvB$, налазимо брзину честице у снопу као $v = \frac{E}{B}$. Ако се искључи магнетно поље, честице добијају убрзање a и компоненту брзине дуж осе x и важи:
$m\,a = qE$, $a = \frac{qE}{m}$. Компоненту брзине v_x и растојање x_1 до изласка честице из области A можемо наћи кинематичким једначинама:
$v_x = at_1 = \frac{qE}{m}t_1$, (1) $x_1 = \frac{a{t_1}^2}{2} = \frac{qE}{2m}{t_1}^2$, (2)
гдје је t_1 вријеме за које честица изађе из области A. За исто то вријеме, дуж z – осе, честица пређе растојање c, при чему је $c = vt_1 = (E/B)t_1$, па је
$t_1 = \frac{Bc}{E}$(3) . Замјеном (3) у (1) и (2) добијамо: $v_x = \frac{qBc}{m}$ $x_1 = \frac{qB^2c^2}{2mE}$.
Даље се честице крећу по инерцији, прелазећи растојање b за вријеме $t_2 = \frac{bB}{E}$, док је додатно скретање по x-оси $x_2 = v_xt_2 = \frac{qB^2cb}{mE}$, па је укупно скретање
$\Delta x = x_1 + x_2 = \frac{qB^2c}{2mE}(c + 2b)$. Коначно је: $\frac{q}{m} = \frac{2E\Delta x}{B^2c(c+2b)}$.

4. Из
$F = kx \;\; и \;\; E_p = \frac{1}{2}kx^2$ слиједи да је $x = \frac{2E_p}{F} = 4cm$,
$k = \frac{F^2}{2E_p} = 0{,}125\frac{N}{m}$. Из једначине осциловања се види да је амплитуда $x_0 = 5cm,$
па је фаза $\varphi = arcsin\frac{x}{x_0} = 0{,}93\ rad$. Укупна енергија осцилатора је $E = \frac{1}{2}kx_0^2 = 1{,}56 \cdot 10^{-4}J$.
Кинетичка енергија осцилатора је тада $E_k = E - E_p = 0{,}56 \cdot 10^{-4}J$.

5. Интензитети магнетних индукција полуправих, се због симетрије, за тачку О могу сматрати половинама интензитета магнетних индукција одговарајућих правих, те је за њих $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ **.** Исто важи и за полукружне дијелове проводника, или било који дио кружног проводника. Ако напишемо једначину за интензитет магнетне индукције кружног проводника у његовом центру у облику: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}2\pi,$ тада је за полукружни проводник $B = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{4\pi R}2\pi = \frac{\mu_0 I}{4R}$, а аналогно се тражи за било који дио кружног струјног проводника.
а) Магнетне индукције B_1 и B_3 поља праволинијских дијелова проводника имају исти смјер (ка негативном дијелу z-осе), а магнетна индукција B_2 поља полукружног проводника има смјер ка негативном дијелу x – осе, па је:

$$B^2 = (B_1 + B_3)^2 + B_2^2 = \left(2\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\right)^2 + \left(\frac{\mu_0 I}{4R}\right)^2 = \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\right)^2 (4 + \pi^2),$$

па је $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\sqrt{(4 + \pi^2)} = 30\mu T$.

б) У овом случају, слажу се смјерови B_2 и B_3 (оба ка негативном дијелу x – осе), док је смјер B_1 исти као у претходном примјеру (ка негативном дијелу z-осе), па је:

$$B^2 = (B_2 + B_3)^2 + B_1^2 = \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi R} + \frac{\mu_0 I}{4R}\right)^2 + \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\right)^2 = \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\right)^2 ((1 + \pi)^2 + 1)$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\sqrt{(1 + (1 + \pi)^2)} = 34\ \mu T\ \textbf{.}$$

в) У овом случају, струја I се грана на 2 струје, I_1 која тече по ¾ кружног проводника и струју I_2 која тече по ¼ кружног проводника. По правилима паралелне везе, може се закључити да је $I_1 = \frac{1}{4}I$, $I_2 = \frac{3}{4}I$. Нека је B_2 интензитет магнетне индукције поља дијела кружног проводника кроз који протиче струја I_1, а B_3 интензитет магнетне индукције поља дијела кружног проводника кроз који протиче струја I_2. Тада је, аналогно случају за полукружне проводнике, и овдје магнетна индукција ¾ и ¼ кружног проводника:

$$B_2 = \frac{3\mu_0 \frac{1}{4} I}{8R} \;\; \text{и} \;\; B_3 = \frac{\mu_0 \frac{3}{4} I}{8R} \; .$$

Као што се може примијетити, B_2 и B_3 су истих интензитета, а супротних смјерова (ка негативном дијелу x – осе и позитивном дијелу x – осе редом), стога се оне међусобно поништавају . Дакле, остају само магнетне индукције B_1 *и* B_4 поља праволинијских дијелова проводника, које су једнаких интензитета $B_1 = B_4 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R},$ али су нормалне једна на другу (једна ка негативном дијелу z-осе, друга ка негативном дијелу y-осе), па је
$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\sqrt{2}$ = 11 μT .