НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра фізики

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА З ФІЗИКИ

Варіант №70

Виконав: студент групи ПЗ-16
Коваленко Д.М.

Перевірив: доцент кафедри ПЗ Рибак О. В.

Львів — 2022

Задача 1

Залежність швидкості тіла від часу задається рівнянням $v = A + Bt + Ct^2$, де $= 4$ м/с, $= 2$ м/c^2, $= 0,3$ м/c^3. Який шлях проходить тіло за проміжок часу від $t_1 = 2$ с до $t_2 = 5$ с? Яка середня швидкість $< v >$ тіла і середнє прискорення $< \alpha >$ за цей проміжок часу?

1 Дано:

$\delta = A + Bt + Ct^2$

$A = 4\ \frac{м}{с}$;

$B = 2\ \frac{м}{с}$;

$C = 0,3\ \frac{м}{с}$;

$t_1 = 2c$;

$t_2 = 5c$;

$\langle \delta \rangle$ - ?

$\langle a \rangle$ - ?

S - ?

1) $S'(t) = \delta(t) \Rightarrow S(t) = At + \frac{1}{2}Bt^2 + \frac{1}{3}Ct^3$

$S_2 = S(t_1) = S(2) = 4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2 + \frac{1}{3} \cdot 0,3 \cdot 2^3 = 19,2\ (м)$

$S_1 = S(t_2) = S(5) = 4 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 + \frac{1}{3} \cdot 0,3 \cdot 5^3 = 157,5\ (м)$

Шлях, який тіло проходить за проміжок часу від t_1 до t_2

$S = S(t_2) - S(t_1) = 157,5 - 19,2 = 138,3\ (м)$

2) $\langle \delta \rangle = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} = \frac{138,3}{3} = 46,1\ \left(\frac{м}{с}\right)$

3) $\langle a \rangle = \frac{\delta_2 - \delta_1}{t_2 - t_1} = \frac{(A + B \cdot 5 + C5^2) - (A - B \cdot 2 + C \cdot 2^2)}{3} = \frac{3B + 21C}{3} = B + 7C =$

$= 4,1\ \left(\frac{м}{с^2}\right)$

Відп: $S = 138,3$ м

$\langle \delta \rangle = 46,1\ \frac{м}{с}$

$\langle a \rangle = 4,1\ \frac{м}{с^2}$

Задача 2

Ромб утворений з двох рівносторонніх трикутників з стороною, довжина якої дорівнює $0,2$ м. У вершинах при гострих кутах ромба розміщені однакові позитивні заряди $q1 = q2 = 6 \cdot 10^{-7}$ Кл. У вершині при одному з тупих кутів розміщений негативний заряд $q3 = -8 \cdot 10^7$ Кл. Визначити напруженість і потенціал електричного поля в четвертій вершині ромба.

② Дано:

$l = 0,2$ м;

$q_1 = q_2 = 6 \cdot 10^{-7}$ Кл;

$q_3 = -8 \cdot 10^{-7}$ Кл

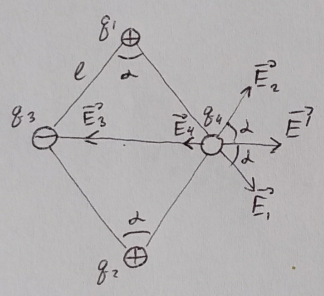
$\varepsilon_0 = 1$;

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$;

$\alpha = 60°$;

E_4 - ?

φ_4 - ?



1) Згідно з принципом суперпозиції:

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

$E = k \frac{|q|}{l^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{l^2}$

$E_3 = k \frac{|q_3|}{l^2}$

Модуль результуючої напруженості E', створених зарядами q_1 та q_2

$E' = 2E_1 \cos\alpha$

$E_4 = E_3 - E' = E_3 - 2E_1 \cos\alpha = k \frac{|q_3| - 2|q_1| \cos\alpha}{l^2}$

$E_4 = 9 \cdot 10^9 \frac{6 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7} \cdot \cos 60}{(0,2)^2} = 45 \cdot 10^3 \frac{Н}{Кл}$

2) $\varphi_4 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q_1 + q_2 + q_3}{l} \right) = \frac{6 \cdot 10^{-7} + 6 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7}}{4\pi \cdot 0,2} = 1,6 \cdot 10^{-7} (Кл)$

В-дь: $E_4 = 45 \cdot 10^3 \frac{Н}{Кл}$;

$\varphi_4 = 1,6 \cdot 10^{-7}$ Кл.

Задача 3

Котушка гальванометра, що складається з 400 витків тонкого дроту, намотаного на прямокутний каркас довжиною 3 см і шириною 2 см, підвішена на нитці у магнітному полі, індукція якого $0,1$Тл. По котушці протікає струм 10^{-7} А. Знайти обертальний момент, який діє на котушку гальванометра, якщо: а) площина котушки паралельна до напрямку магнітного поля; б) площина котушки утворює кут 60° з напрямком магнітного поля.

③ Дано:

$N = 400$;

$a = 3 \cdot 10^{-2}$ м;

$b = 2 \cdot 10^{-2}$ м;

$B = 0,1$ Тл;

$I = 10^{-7}$ А;

$\alpha = 0°$; $\alpha = 60°$;

M - ?

На котел виток котушки діє $M_0 = BIS \sin\alpha$,

тоді на всю котушку діє $M = NBIS \sin\alpha$

Площа одного витка $S = ab$, кут $\beta = 90° - \alpha$

а) $M = NBIab \sin\beta = 400 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 \cdot \sin 90° = 2,4 \cdot 10^{-9} \left(\frac{Н}{м}\right)$;

б) $M = NBIab \sin\beta = 400 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 \cdot \sin 30° = 1,2 \cdot 10^{-9} \left(\frac{Н}{м}\right)$;

В-дь: а) $M = 2,4 \cdot 10^{-9} \left(\frac{Н}{м}\right)$; б) $M = 1,2 \cdot 10^{-9} \left(\frac{Н}{м}\right)$

Задача 4

Алюмінієве кільце діаметром $D = 0,2$ м розміщене в однорідному магнітному полі так, що його площина перпендикулярна до вектора магнітної індукції поля. Діаметр дроту кільця $d = 2$ мм. Визначити швидкість зміни магнітної індукції поля з часом, якщо при цьому в кільці виникає індукційний струм силою $I = 8$ А.

④ Дано:

$D = 0,2$ м;

$d = 2 \cdot 10^{-3}$ м;

$I = 8$ А;

$\frac{\Delta B}{\Delta t}$ - ?

За законом Фарадея

$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, де $\Phi = BS$

Оскільки $S = const$

$\Delta \Phi = \Delta(BS) = S \Delta B \Rightarrow \mathcal{E} = -\frac{S \Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = \frac{\mathcal{E}}{S}$

Поверхня обмотана кільцем:

$S = \frac{\pi D^2}{4}$

За законом Ома для замкнутого кола $\mathcal{E} = IR$, $R = \frac{\rho l}{S_{др}}$

Оскільки $l = \pi D$, $S_{др} = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow R = \frac{4\rho D}{d^2} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{4\rho D I}{d^2}$

$\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = \frac{16\rho}{\pi D d^2} = \frac{16 \cdot 8 \cdot 0,26 \cdot 10^{-7}}{\pi \cdot 0,2 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2} = 1,32$ (Тл)

В-дь: $\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = 1,32$ Тл.

Задача 5

Монохроматичне світло довжиною хвилі 600 нм падає нормально на діафрагму з круглим отвором. Діаметр отвору $D = 6$ мм. За діафрагмою на відстані $L = 3$ м від неї розташовано екран. Скільки зон Френеля вкладається в отвір діафрагми?

5) Дано:

$\lambda = 600 \cdot 10^{-7}$ м;

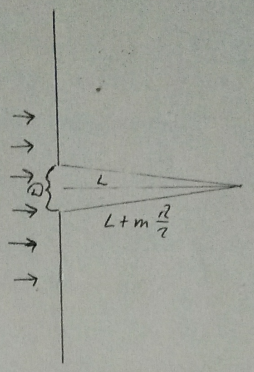
$D = 6 \cdot 10^{-3}$ м;

$L = 3$ м

$m - ?$

Половина отвору круглої діафрагми дорівнює радіусу m-ї зони Френеля, що вкладається у діафрагму r_m

$$\frac{D}{2} = r_m$$



За т. Піфагора

$$\left(L + m\frac{\lambda}{2}\right)^2 = L^2 + \frac{D^2}{4}$$

звідки

$$L^2 + Lm\lambda + m^2\frac{\lambda^2}{4} = L^2 + \frac{D^2}{4}$$

враховуючи, що $L \gg m^2\frac{\lambda^2}{4}$

то $m = \dfrac{D^2}{4\lambda L}$

$$m = \frac{36 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 3} = 5$$

Відп.: 5

Задача 6

Електрон з енергією $E = 2$ еВ рухається в додатному напрямку осі OX і зустрічає на своєму шляху прямокутний потенціальний бар'єр висотою $U = 12$ еВ. Коефіцієнт прозорості бар'єра $D = 0,02$. Визначити ширину l бар'єра.

6) Дано:

$E = 2$ еВ $= 3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж;

$U = 12$ еВ $= 19,2 \cdot 10^{-19}$ Дж;

$D = 0,02$

$m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг;

$l - ?$

Коефіцієнт прозорості D потенціального бар'єра прямокутної форми

$$D = \exp\left[-\frac{2}{\hbar}\sqrt{2m(U-E)}\,l\right]$$

Прологарифмуємо вираз

$$\ln D = -\frac{2}{\hbar}\sqrt{2m(U-E)}\,l$$

Звідки

$$l = \frac{\ln D \cdot h}{4\pi\sqrt{2m(U-E)}}$$

$$l = \frac{\ln 0,02 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 3,14\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}(19,2 \cdot 10^{-19} - 3,2 \cdot 10^{-19})}} = 0,12 \text{ нм.}$$

Відп.: 0,12 нм.