

План уроку 63.

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Розв'язування задач.

Тонке кільце, радіус $R=10\text{ см}$, рівномірно заряджене з лінійною густиною 8 нКл/м .

$$\tau = 8 \frac{\text{нКл}}{\text{м}}$$

Визначити модуль E напруженості електричного поля у точках, що лежать:

а) на осі кільця на відстані $x=15\text{ см}$ від його центра;

б) у центрі кільця;

в) на великій відстані $x \gg R$ від кільця.

$R=10\text{ см},$ $\tau=8 \frac{\text{нКл}}{\text{м}},$ $x=15\text{ см}$		<i>Розв'язання:</i> Переведемо деякі величини в одиниці СІ: $R=10\text{ см}=0,1\text{ м}$ - радіус кільця, $x=15\text{ см}=0,15\text{ м}$ - відстань від центра кільця, $\tau=8 \frac{\text{нКл}}{\text{м}}=8 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Кл}}{\text{м}}$ - лінійна густина заряду.
Знайти: E		

Розіб'ємо кільце на множину елементів dl , заряд кожного з яких $dq = \tau \cdot dl$ можна вважати точковим.

Довільний із цих елементів створює у точці A поле елементарної напруженості $d\vec{E}$, вектор якої розкладемо на дві компоненти, відповідно, вздовж осі

кільця $d\vec{E}_x = d\vec{E} \cos \varphi$ та перпендикулярно до неї $d\vec{E}_y = d\vec{E} \sin \varphi$.

$$dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\tau dl}{r^2}$$

Величину вектора $d\vec{E}$ шукають за формулою: $dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\tau dl}{r^2}$, де r - відстань від елементарного заряду до точки A .

З рисунка видно, що $dl = R d\psi$, $r = \sqrt{R^2 + x^2}$, а $\cos \varphi = \frac{x}{r}$ і $0 \leq \psi \leq 2\pi$ (вздовж кільця). Отже,

$$dE_x = dE \cdot \frac{x}{r} = dE \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} = k \frac{\tau R x}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} d\psi$$

Щоб відшукати підсумкову напруженість E_A поля в точці A досить про інтегрувати наведений вище вираз dE_x по всій довжині кільця

$$\int dE_y = 0$$

($0 \leq \psi \leq 2\pi$), оскільки інтеграл по контуру рівний нулю (для кожного елемента кільця dl знайдеться симетричний до нього відносно центра O з протилежною складовою елемента напруженості $-dE_y$, які у разі додавання взаємно компенсуються).

Отже, підсумковий вектор $\vec{E}_A$ спрямований вздовж осі кільця, а його величина

$$E_A = \int_0^{2\pi} dE_x = k \frac{\tau R x}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \int_0^{2\pi} d\psi = k \frac{2\pi \tau R x}{\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1 \cdot 0,15}{\sqrt{(0,1^2 + 0,15^2)^3}} = \frac{6,7824}{5,859 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 1,16 \cdot 10^{-3} \left(\frac{B}{\mathcal{M}} \right) = 1,16 \left(\frac{\kappa B}{\mathcal{M}} \right)$$

б) Оскільки інтеграл по контуру від електричної напруженості рівний

нулю $\oint dE_y = 0$, то модуль напруженості електричного поля в центрі кільця (в точці O):

$$E_O = \int_0^{2\pi} dE_y = 0$$

в) модуль напруженості електричного поля на великій відстані $x \gg R$ від кільця ($x \approx r$)

$$E_\infty = \int_0^{2\pi} dE = k \frac{\tau R}{R^2 + x^2} \int_0^{2\pi} d\psi = k \frac{2\pi \tau R}{R^2 + x^2}$$

Відповідь: $E_A = 1,16 \frac{\kappa B}{\mathcal{M}}$

Задача 8 Досить довга нитка рівномірно заряджена з лінійною густиною τ .

Визначити модуль E напруженості електричного поля в точці A , яка міститься навпроти кінця нитки на відстані a від неї.

Дано: τ, a	Розв'язання: Модуль E напруженості електричного поля в точці A , яка міститься навпроти кінця нитки на відстані a від неї обчислюють за формулою
Знайти: E	$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 a} = \frac{\tau}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot a} = 18 \cdot 10^9 \frac{\tau}{a} \left(\frac{B}{\mathcal{M}} \right),$ де $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\mathcal{M}}$ - електрична стала

Відповідь: $E = 18 \cdot 10^9 \frac{\tau}{a} \left(\frac{B}{\mathcal{M}} \right)$