Сумський державний університет

Робота з переміщення точкового заряду в електростатичному полі. Теорема про циркуляцію електростатичного поля. Потенціальна енергія точкового заряду. Потенціал електричного поля. Потенціал системи зарядів

Практичне заняття № 10

ЕлІТ

кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

ЕЛЕКТРОНІКА ФІЗИКА

СумДУ 2017 ЕлІТ

Відскануйте QR-код за допомогою смартфона, пройдіть тестування (0,5 б)

https://vseosvita.ua/test/start/jgj125

Короткі теоретичні відомості

Напруженість електричного поля та принцип суперпозиції:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \qquad \vec{E}_\Sigma = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n$$

Напруженість електричного поля точкового заряду:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\varepsilon r^2}$$

У випадку неможливості скористатись закономірностями для точкових зарядів, потрібно застосувати теорему Остроградського - Гаусса та висновків з неї

Короткі теоретичні відомості

Теорема Остроградського-Гаусса Потік вектора напруженості електростатичного поля у вакуумі через довільну замкнуту поверхню дорівнює алгебраїчній сумі зарядів всередині цієї поверхні

$$N_E = \oint E_n ds = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{k} q_i$$

Напруженість електричного поля площини:

$E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$, тут σ поверхнева густина заряду $\sigma = \dfrac{q}{S}$

Напруженість поля між двома нескінченими рівномірно зарядженими площинами з поверхневою густиною заряду σ (плоский конденсатор)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

Короткі теоретичні відомості

Теорема Остроградського-Гаусса Потік вектора напруженості електростатичного поля у вакуумі через довільну замкнуту поверхню дорівнює алгебраїчній сумі зарядів всередині цієї поверхні

$$N_E = \oint E_n ds = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{k} q_i$$

Напруженість електричного поля нескінченного прямого провідника і поля за межами циліндра на відстані *l* від осі

$$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 l},$$

де $\tau = \frac{q}{l}$ лінійна густина зарядів; ***l*** - довжина провідника

Для циліндра з радіусом *R* на відстані ***r***

$$E = \frac{\sigma \cdot R}{2\varepsilon\varepsilon_0 r}$$

Два точкових заряди $q_1 = 2\cdot10^{-7}$ *Кл* та $q_2 = -4\cdot10^{-7}$ *Кл* знаходяться в діелектрику з $\varepsilon = 2$ на відстані $d = 10$ *см* один від одного. Визначити напруженість електричного поля в точці А, що знаходиться на відстані $r_1 = 20$ *см* від першого та $r_2 = 15$ *см* від другого зарядів.

$E_A - ?$

$q_1 = 2\cdot10^{-7}$ Кл

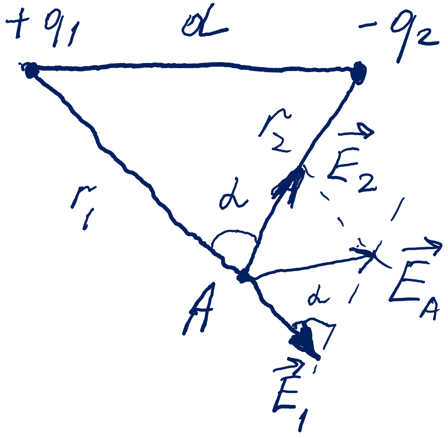
$q_2 = -4\cdot10^{-7}$ Кл

$\varepsilon = 2$

$d = 0{,}1$ м

$r_1 = 0{,}2$ м

$r_2 = 0{,}15$ м



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

$$E_1 = k\frac{q_1}{\varepsilon r_1^2}, \quad E_2 = k\frac{q_2}{\varepsilon r_2^2}$$

За теор. косинусів:

$$E_A^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos\alpha$$

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2}$$

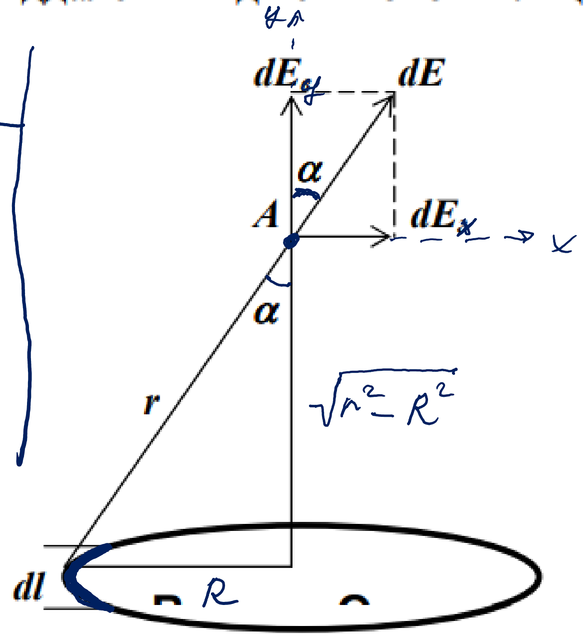
$$E_A^2 = k^2\frac{q_1^2}{\varepsilon^2 r_1^4} + k^2\frac{q_2^2}{\varepsilon^2 r_2^4} - \cancel{2}k^2\frac{q_1q_2}{\varepsilon^2 r_1^2 r_2^2}\cdot\frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{\cancel{2}r_1r_2}$$

$$E_A = \frac{k}{\varepsilon}\sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} - \frac{q_1q_2(r_1^2 + r_2^2 - d^2)}{r_1^3 r_2^3}}.$$

$$E_A = 6{,}2\cdot10^4\ \frac{В}{м}.$$

Два точкових заряди $\boldsymbol{q_1} = 2\cdot10^{-7}$ *Кл* та $\boldsymbol{q_2} = -4\cdot10^{-7}$ *Кл* знаходяться в діелектрику з $\boldsymbol{\varepsilon} = 2$ на відстані $\boldsymbol{d} = 10$ *см* один від одного. Визначити напруженість електричного поля в точці А, що знаходиться на відстані $\boldsymbol{r_1} = 20$ *см* від першого та $\boldsymbol{r_2} = 15$ *см* від другого зарядів.

Тонке кільце радіусом **R**=8*см* несе заряд, рівномірно розподілений з лінійною густиною $\tau=10^{-8}$ *Кл/м*. Знайти напруженість електричного поля в точці рівновіддаленій від всіх точок кільця на відстань **r**=10*см*.



$E - ?$

$R = 0{,}08\ м$

$\tau = 10^{-8}\ \frac{Кл}{м}$

$r = 0{,}1\ м$

$dq = \tau dl$

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

$\int_0^l dE_x = 0$

$E = \int_0^l dE_y = \int_0^l dE\cos\alpha =$

$= \int_0^l k\frac{\tau\cos\alpha}{r^2}dl = \frac{k\tau}{r^2}\cos\alpha\int_0^l dl$

$E = \frac{k\tau}{r^2}\cos\alpha \cdot l$

$l = 2\pi R$; $\cos\alpha = \frac{\sqrt{r^2-R^2}}{r}$;

$$\boxed{E = \frac{k\tau\sqrt{r^2-R^2}}{r^3}\cdot 2\pi R}.$$

$E = 27{,}1\ \frac{В}{м}$.

- Електрон рухається в електричному полі з точки, в якій потенціал дорівнює 600 В. Знайти потенціал тієї точки поля, в якій він зупиниться, якщо початкова швидкість електрона 10^7 м/с і спрямована вздовж ліній напруженості елеекричного поля

$\varphi_2 - ?$

$\varphi_1 = 600$ В

$v_2 = 0$

$v_1 = 10^7 \frac{м}{с}$

$q = e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$m_e = 9 \cdot 10^{-31}$ кг

$\varphi_1 \quad \vec{v}_1 \qquad v_2 = 0 \quad \varphi_2$

$$A = q\underbrace{Ed}_{\Delta\varphi} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \underbrace{\frac{mv_2^2}{2}}_{=0} = \Delta E = A$$

$$\Rightarrow q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$q\varphi_1 - q\varphi_2 = \frac{mv_1^2}{2}; \qquad \varphi_2 = \frac{q - \frac{mv_1^2}{2}}{q}$$

$$\varphi_2 = \frac{2q - mv_1^2}{q}.$$

Задача для самостійного розв'язання

- Кулька масою 1 г і зарядом 10 нКЛ рухається з точки, потенціал якої 600 В у точку, потенціал якої 0. Знайти її її початкову швидкість, якщо у точці 2 вона рівна 20 см/с.