

Вправа 45, п.1 (Засєкіна Т.)

Електрон зі швидкістю $1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ влітає в однорідне електричне поле напруженістю $3 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$ і рухається проти ліній поля. З яким прискоренням рухається електрон і якою буде його швидкість, коли він пройде відстань $7,1 \text{ см}$? Скільки часу необхідно для набуття цієї швидкості? Рух електрона відбувається у вакуумі.

$$v_0 = 1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$E = 3 \frac{\text{кВ}}{\text{см}} = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$S = 7,1 \text{ см} = 0,071 \text{ м}$$

a - ?

v - ?

t - ?

Оскільки електрон влітає в однорідне електричне поле проти напрямку ліній напруженості, то його швидкість зростатиме (заряд електрона негативний). Сила, яка діє на електрон з боку поля дорівнює:

$$F = eE$$

За другим законом Ньютона:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}, \text{ де } m - \text{ маса електрона, } e - \text{ заряд електрона.}$$

Кінцеву швидкість v можна визначити з формули:

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v = \sqrt{2aS + v_0^2}$$

З формули миттєвої швидкості знайдемо час t :

$$v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

Порахуємо:

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \approx \underline{\underline{5,28 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 5,28 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,071 \text{ м} + (1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} \approx \underline{\underline{2,00 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}}$$

$$t = \frac{2,0 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5,28 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx$$

$$\underline{\underline{\approx 3,79 \cdot 10^{-6} \text{ с}}}$$

Вправа 45, п.4 (Засекіна Т.)

Дві кульки із зарядами $6,66 \text{ нКл}$ та $13,33 \text{ нКл}$ перебувають на відстані 40 см одна від одної. Яку роботу необхідно виконати, щоб зменшити відстань між ними до 25 см ?

$$\epsilon = 1$$

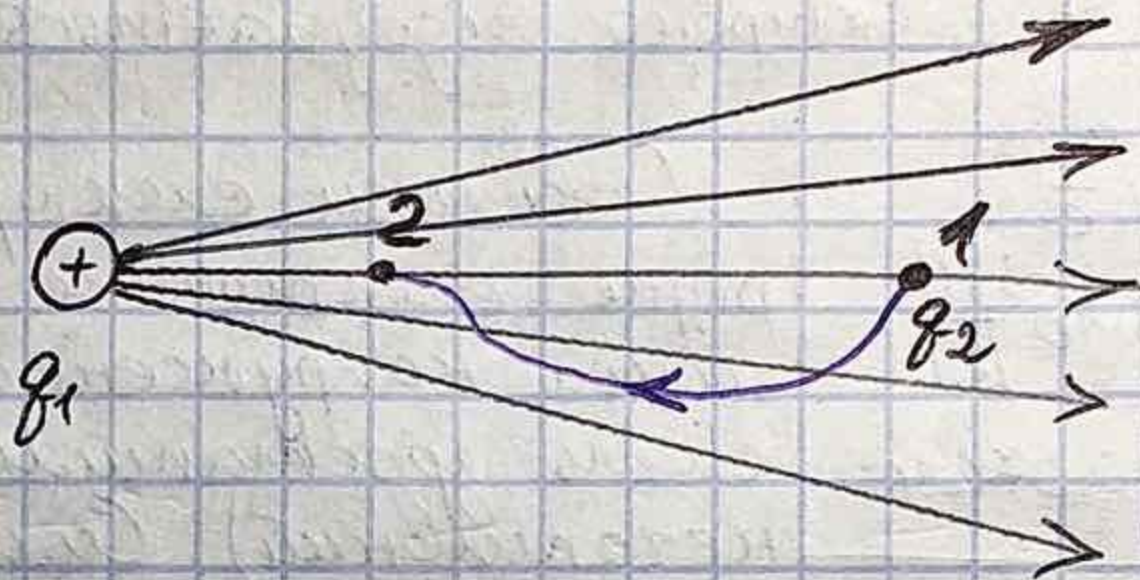
$$q_1 = 6,66 \text{ нКл}$$

$$q_2 = 13,33 \text{ нКл}$$

$$r_1 = 40 \text{ см}$$

$$r_2 = 25 \text{ см}$$

$$A = ?$$



Вважатимемо, що заряд q_2 рухається в полі позитивного точкового заряду q_1 . Оскільки, обидва заряди позитивні, то робота зовнішніх сил по зближенню зарядів буде додатною, а робота електричного поля — від'ємна.

Робота по переміщенню заряду q_2 в неоднорідному електростатичному полі заряду q_1 шукається за формулою:

$$A = q_2 \left(\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1} - \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_2} \right) = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$A = \frac{6,66 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 13,33 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}} \cdot \left(\frac{1}{0,4 \text{ м}} - \frac{1}{0,25 \text{ м}} \right) \approx 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} =$$

$$\underline{\underline{-1,2 \text{ мкДж}}}$$

Відповідь: щоб зменшити відстань між зарядами треба виконати роботу $1,2 \text{ мкДж}$.

Вправа 45, п. 5 (Засекіна Т.)

Точкові заряди $q_1 = -17 \text{ нКл}$ та $q_2 = 20 \text{ нКл}$ перебувають від точкового заряду $q_3 = 30 \text{ нКл}$ відповідно на відстанях $r_1 = 2 \text{ см}$ та $r_2 = 5 \text{ см}$. Яку мінімальну роботу проти електричних сил необхідно виконати, щоб поміняти заряди q_1 та q_2 місцями?

$$\begin{aligned} q_1 &= -17 \text{ нКл} \\ q_2 &= 20 \text{ нКл} \\ q_3 &= 30 \text{ нКл} \\ r_1 &= 2 \text{ см} \\ r_2 &= 5 \text{ см} \\ \epsilon &= 1 \end{aligned}$$

A - ?

Будемо вважати, що умовно заряд q_3 нерухомий і в електричному полі цього заряду рухаються (тобто їх переміщують) заряди q_1 і q_2 . Робота по їх переміщенню складається з суми робіт по переміщенню заряду q_1 з т. 1 в т. 2, а заряду q_2 — з т. 2 в т. 1.

$$A = q_1(\varphi_1 - \varphi_2) + q_2(\varphi_2 - \varphi_1) = (q_1 - q_2)(\varphi_1 - \varphi_2),$$

$$\varphi_1 = k \frac{q_3}{r_1} \quad \text{і} \quad \varphi_2 = k \frac{q_3}{r_2}$$

$$A = (q_1 - q_2) \left(k \frac{q_3}{r_1} - k \frac{q_3}{r_2} \right) = k q_3 (q_1 - q_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Поразуємо!

$$A = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 30 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot (-17 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}) - 20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot \left(\frac{1}{0,02 \text{ м}} - \frac{1}{0,05 \text{ м}} \right) \approx$$

$$\approx -3 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} = -0,3 \text{ мДж}$$

Робота зовнішніх сил буде мати протилежний знак, тобто вона буде додатною.

Відповідь: 0,3 мДж