Домашнее задание электричество 1 вариант

Задание 2. Выполнили: Чебаненко Дмитрий, Рукетуев Алексей, Павел Овчинников.

Дано:

$|q| = 10\text{ нКл} = 10^{-8}\text{ Кл}$

$b = 50\text{ мм} = 0{,}05\text{ м}$

Найти потенциальную энергию системы:

1) Положительные заряды расположены на концах диагонали квадрата

2) Положительные заряды расположены на одной стороне квадрата

Как будут двигаться заряды если предоставить им свободу?

Решение:

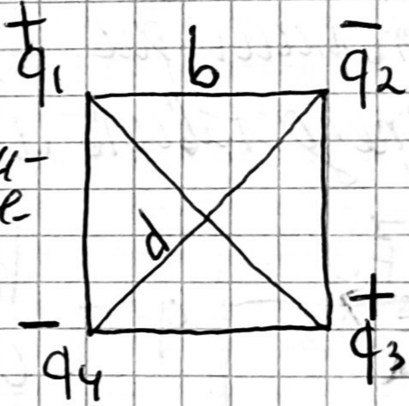


Рис 1

Чтобы найти потенциальную энергию системы, необходимо сложить потенциальную энергию между каждыми зарядами.

1) Рассмотрим рис. 1.

$$W = k\frac{q_i q_j}{r}, \; i \neq j, \; k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Найдем диагональ квадрата: $d = \sqrt{2}\,b$

Запишем выражение потенциальной энергии системы:

$$W = k\cdot\frac{q_1(-q_2)}{b} + k\frac{(-q_2)(q_3)}{b} + k\frac{q_3\cdot(-q_4)}{b} + k\frac{(-q_4)\cdot q_1}{b} + k\cdot\frac{q_1\cdot q_3}{d} + k\frac{(-q_4)(-q_2)}{d} = -k\frac{q_1 q_2}{b} - k\frac{q_2 q_3}{b} + {} - k\frac{q_3 q_4}{b} - k\frac{q_4 q_1}{b} + k\frac{q_1 q_3}{d} + k\frac{q_2 q_4}{d}$$

Заметим, что все заряды равны по модулю и в выражении W умножаются друг на друга. Тогда:

$$W = -k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{b} + \frac{kq^2}{d} + \frac{kq^2}{d} =$$

$$= -4k\frac{q^2}{b} + \frac{2kq^2}{\underset{=\sqrt{2}b}{d}} = \frac{2kq^2}{b}\left(-2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 b}\left(-2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) =$$

$$= \frac{(10^{-8})^2}{2\pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}05}\left(-2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \approx -4{,}65 \cdot 10^{-5}\ \text{Дж}$$

2) Рассмотрим рисунок 2

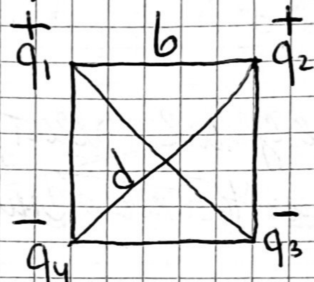


Рис 2

Запишем выражение потенциальной энергии системы:

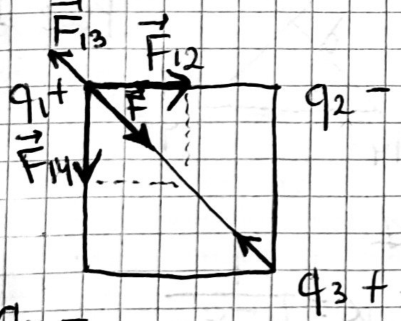
$\left(W = k\frac{q_i q_j}{r},\ i \neq j,\ d = \sqrt{2}b\right)$

$$W = k\frac{q_1 q_2}{b} + k\frac{q_2(-q_3)}{b} + k\frac{(-q_3)(-q_4)}{b} + k\frac{(-q_4)(q_1)}{b} + k\frac{(-q_4)q_2}{d} +$$

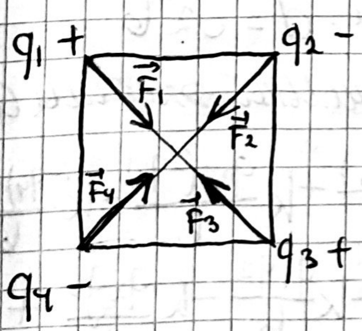
$$+ k\frac{q_1(-q_3)}{d} = /\text{Аналогично п. 1}/ = k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{b} + k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{b} - k\frac{q^2}{d} +$$

$$- k\frac{q^2}{d} = -2k\frac{q^2}{d} = -2 \cdot \frac{10^{12} \cdot (10^{-8})^2}{4\pi \cdot 8{,}85 \cdot 0{,}05\sqrt{2}} \approx -2{,}54 \cdot 10^{-5}\ \text{Дж}$$

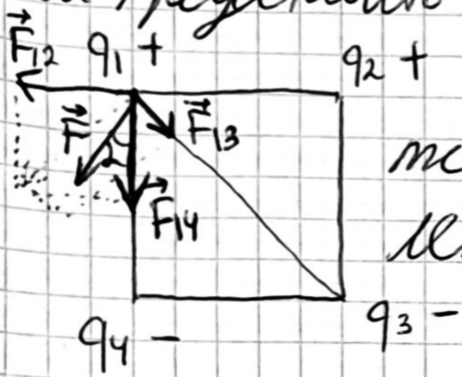
3) Дополним рис. 1, чтобы понять, как будут двигаться заряды, если предоставить им свободу



Рассмотрим заряд q_1. Он притягивается к q_2 и q_4, при этом отталкивается от q_3 с меньшей силой. Таким образом, результирующая сила $\vec{F}$ будет направлена в центр, но будет меньше векторной суммы $\vec{F}_{12}$ и $\vec{F}_{14}$. Аналогичные рассуждения можно применить к остальным зарядам $\Rightarrow$ все заряды стремятся к центру квадрата до того момента, пока силы, отталкивающие их друг от друга, не превысят сумму притягивающих сил.



4). Дополни рис 2, чтобы понять, как будут двигаться заряды, если представить им свободу

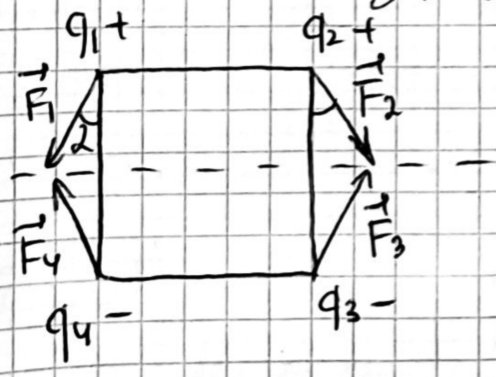


Рассмотрим заряд q_1. Он отталкивается от q_2, притягивается к q_4 и с меньшей силой притягивается к q_3 (вследствие расстояние между зарядами)

Рассмотрим $\frac{F_{12}}{F_{13}}$. $F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{b^2}$, $F_{13} = k\frac{q_1 q_3}{d^2}$, $d = \sqrt{2}b$

$$\frac{F_{12}}{F_{13}} = \frac{\frac{kq^2}{b^2}}{\frac{kq^2}{2b^2}} = \frac{2}{1} \Rightarrow \underline{2F_{13} = F_{12}}$$

Тогда результирующая сила $\vec F$ будет направлена под углом $\alpha < 45^\circ$. Аналогичные рассуждения можно применить и остальным зарядам.



Таким образом, заряды двигаются от боковых граней под углом $\alpha < 45^\circ$ и остановятся при достижении горизонтальной центральной оси квадрата (пунктирная линия)