

# Принцип суперпозиции полей

## Урок одной задачи

В.М. Панфилова,  
учитель физики  
высшей категории

# Закон Кулона

*Сила взаимодействия неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.*

$$|\vec{F}| = \frac{|q_1| \bullet |q_2|}{r^2}$$

# Электростатическое поле

*Вид материи, осуществляющий  
взаимодействие между электрически  
заряженными частицами.*

# Напряженность поля- силовая характеристика электрического ПОЛЯ

*Отношение силы, с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду*

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

# Напряженность – векторная величина

*Направление вектора напряженности совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд, и противоположно направлению силы, действующей на отрицательный заряд.*

# Модуль напряженности поля точечного заряда

*зависит прямо пропорционально от  
модуля заряда и обратно пропорционально  
от квадрата расстояния до него.*

$$|\vec{E}| = k \frac{|q|}{r^2}$$

# *Ступень сложности 1*

*Между двумя точечными зарядами*

*$4 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $-5 \cdot 10^{-9}$  Кл*

*расстояние равно 0,6 м.*

*Найти напряженность поля в средней точке  
между зарядами*

Дано:

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл};$$
$$q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл};$$
$$r = 0,6 \text{ м.}$$

---

$$E = ?$$

Решение:

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

$$E_1 = K \frac{|q_1|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}; \quad E_2 = K \frac{|q_2|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2};$$

$$E = K \frac{|q_1|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} + K \frac{|q_2|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = K \frac{4}{r^2} (q_1 + q_2)$$



## *Ступень сложности 2*

*В двух вершинах A и C квадрата со стороной 3м расположены разноименные заряды  $q_1$  и  $q_2$  модули которых одинаковы и равны  $2 \cdot 10^{-6}$  Кл.*

*Найти напряженность поля в двух других вершинах квадрата.*

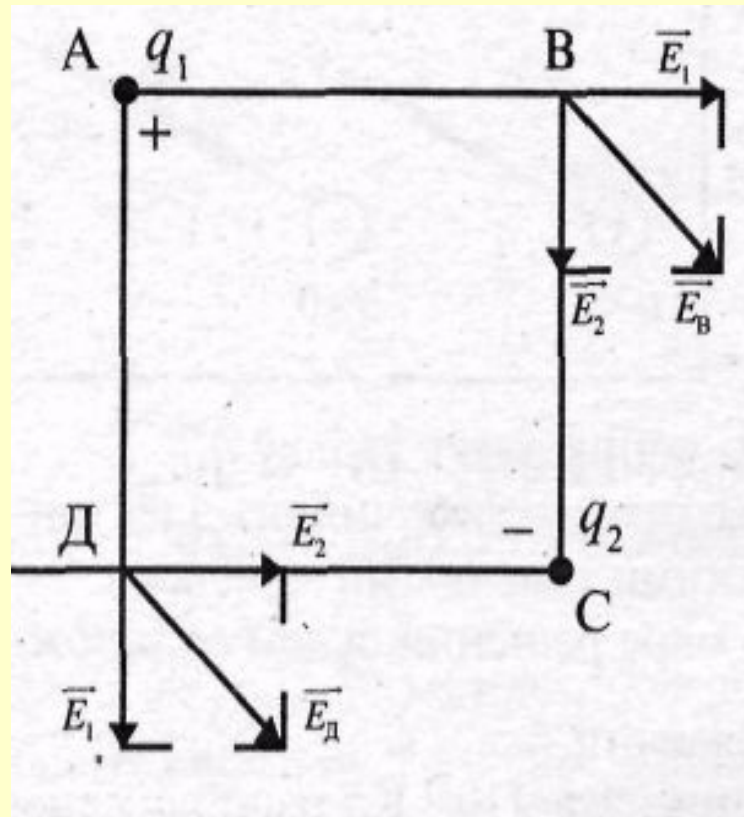
Дано:

$$|q_1| = |q_2| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$
$$a = 3 \text{ м.}$$

---

$$E = ?$$

Решение:



$$E_1 = K \frac{q}{a^2}; \quad E_2 = K \frac{q}{a^2}.$$

$$E_B = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

$$E_1 = E_2$$

$$E_B = E_1 \sqrt{2}; \quad E_B = K \frac{q}{a^2} \cdot \sqrt{2}.$$

$$E_B = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6}}{9} \sqrt{2} = 2 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 1,4 \cdot 10^3 = 2,8 \cdot 10^3 \approx 3 \cdot 10^3 \text{ н/Кл}$$

$$(\approx 3 \cdot 10^3 \text{ н/Кл.})$$

## *Ступень сложности 3*

**В трех вершинах квадрата со стороной 0,4 м находятся одинаковые положительные заряды по  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл каждый.**

**Найти напряженность поля в четвертой вершине.**

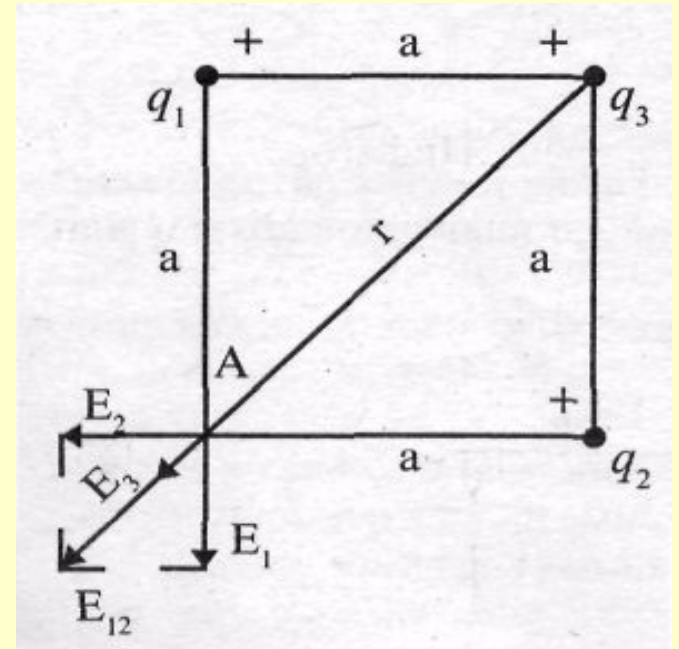
Дано:

$$a = 0,4 \text{ м};$$
$$q_1 = q_2 = q_3 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

---

$$E = ?$$

Решение:



$$r = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2a^2} = a\sqrt{2};$$

$$E_1 = E_2 = K \frac{q}{a^2};$$

$$E_{12} = K \frac{q}{a^2} \sqrt{2}.$$

$$E = E_{12} + E_3; \quad E = K \frac{q}{a^2} \sqrt{2} + K \frac{q}{2a^2};$$

$$E = K \frac{q}{a^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right). \quad E = 9 \cdot 10^9 \frac{5 \cdot 10^{-9}}{0,16} (1,4 + 0,5) = \frac{45}{0,16} \cdot 1,9 = 534 \text{ Н/Кл.}$$

## *Ступень сложности 4*

**Два одноименных заряда величиной по  $10^{-7}$  Кл расположены на расстоянии 12 см друг от друга.**

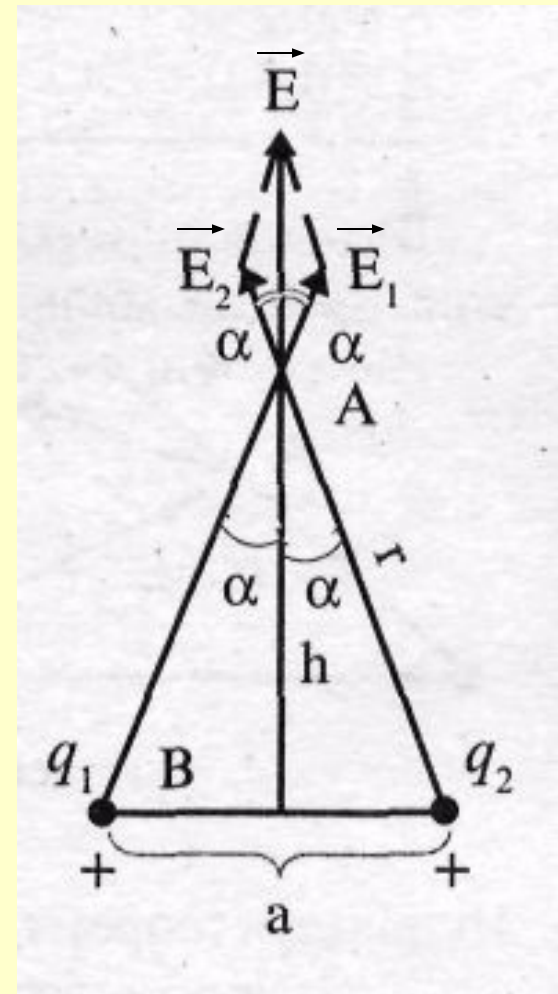
**Какова напряженность поля в точке, расположенной на перпендикуляре, восстановленном из середины прямой, соединяющей заряды, и удаленной от этой прямой на 16 см?**

Дано:

$$q_1 = q_2 = 10^{-7} \text{ Кл};$$
$$a = 12 \text{ см};$$
$$h = 16 \text{ см}.$$

$E - ?$

Решение:





$$E_1 = E_2 = K \frac{q}{r^2}; \quad r = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{r} \quad E = 2K \frac{q}{r^2} \cos \alpha$$

$$E = \frac{2Kqh}{\left(\sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}\right)^3} \cdot E = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-7} \cdot 0,16}{\left(\sqrt{(0,16)^2 + \frac{(0,12)^2}{4}}\right)^3}$$

$(\approx 6 \cdot 10^4 \text{ H/Kл.})$

## *Степень сложности 5*

**Два точечных заряда  
 $5 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $-2,7 \cdot 10^{-9}$  Кл расположены  
на расстоянии 40 см друг от друга.**

**Найти напряженность поля в точке А,  
находящейся на расстоянии 20 см от  
первого заряда и 30 см от второго заряда.**

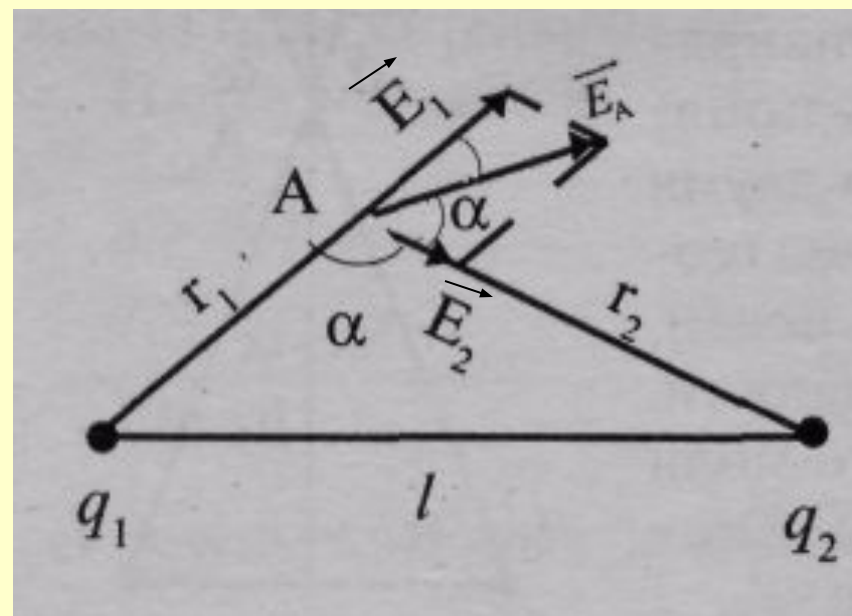
Дано:

$$\begin{aligned}q_1 &= 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \\q_2 &= -2,7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; \\l &= 0,4 \text{ м}; \\r_1 &= 0,2 \text{ м}; \\r_2 &= 0,3 \text{ м}.\end{aligned}$$

---

$$E_A = ?$$

Решение:



$$E_1 = K \frac{q_1}{r_1^2}$$

$$E_1 = K \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$l^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \alpha$$

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

$$E_A = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha};$$

$$E_A = \sqrt{\left(K \frac{q_1}{r_1^2}\right)^2 + \left(K \frac{q_2}{r_2^2}\right)^2 + 2 \frac{q_1 q_2 K^2}{r_1^2 \cdot r_2^2} \cdot \frac{1}{4}} =$$

$$= \sqrt{K^2 \frac{q_1^2}{r_1^4} + K^2 \frac{q_2^2}{r_2^4} + \frac{1}{2} K^2 \frac{q_1 q_2}{r_1^2 \cdot r_2^2}} = K \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} + \frac{q_1 q_2}{2 r_1^2 r_2^2}};$$

$$E_A = K \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} + \frac{1}{2} \frac{q_1 q_2}{r_1^2 \cdot r_2^2}}.$$

$$E_A = 9 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{25 \cdot 10^{-18}}{(0,04)^2} + \frac{7,29 \cdot 10^{-18}}{(0,09)^2} + \frac{1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 2,7 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,04 \cdot 0,09}} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{25}{0,0016} + \frac{7,29}{0,0081} + \frac{1,5 \cdot 2,7}{2 \cdot 0,0036}} =$$

$$= 9 \cdot \sqrt{\frac{25}{16 \cdot 10^{-4}} + \frac{7,29}{81 \cdot 10^{-4}} + \frac{13,5}{72 \cdot 10^{-4}}} = \frac{9}{10^{-2}} \sqrt{\frac{25}{16} + \frac{7,29}{81} + \frac{13,5}{72}} =$$

$$= 900 \sqrt{\frac{171694}{93312}} \approx 1220 \text{ Н/Кл}$$

( $\approx 1220 \text{ Н/Кл.}$ )

# Принцип суперпозиции полей

Если в данной точке пространства  
различные заряженные частицы создают  
электрические поля, напряженности  
 $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$

и т.д. , то результирующая  
напряженность поля равна их векторной  
сумме

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

# Задание на дом:

- повторить теорему косинусов
- §81
- задача №1 стр. 376.

