

Электрическое поле

10класс



Действие электрического поля на электрические заряды

- ✓ **Электрическое поле** — особая форма материи, существующая вокруг *тел или частиц*, обладающих *электрическим зарядом*, а также в свободном виде в электромагнитных волнах.
- ✓ **Электрическое поле** непосредственно *невидимо*, но может наблюдаться по его действию на заряды.
- ✓ **Электрическое поле** действует на электрические заряды с некоторой силой.

Свойства электрического поля

- ✓ **Электрическое поле материально**, т. е. существует независимо от нас, от наших знаний о нем.
- ✓ **Порождается электрическим зарядом**: вокруг любого заряженного тела существует электрическое поле.

Свойства электрического поля

- ✓ Электрическое поле распространяется в пространстве с конечной скоростью, равной скорости света в вакууме.

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

- ✓ Поле, созданное неподвижными электрическими зарядами, называется электростатическим.

Напряженность электрического поля

Для количественного определения электрического поля вводится силовая характеристика - напряженность электрического поля.

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_1}{q}$$

Напряженностью электрического поля называют **векторную физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:**

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Единица измерения напряженности:

$$[E] = 1 \text{ Н/Кл} = 1 \text{ В/м}$$

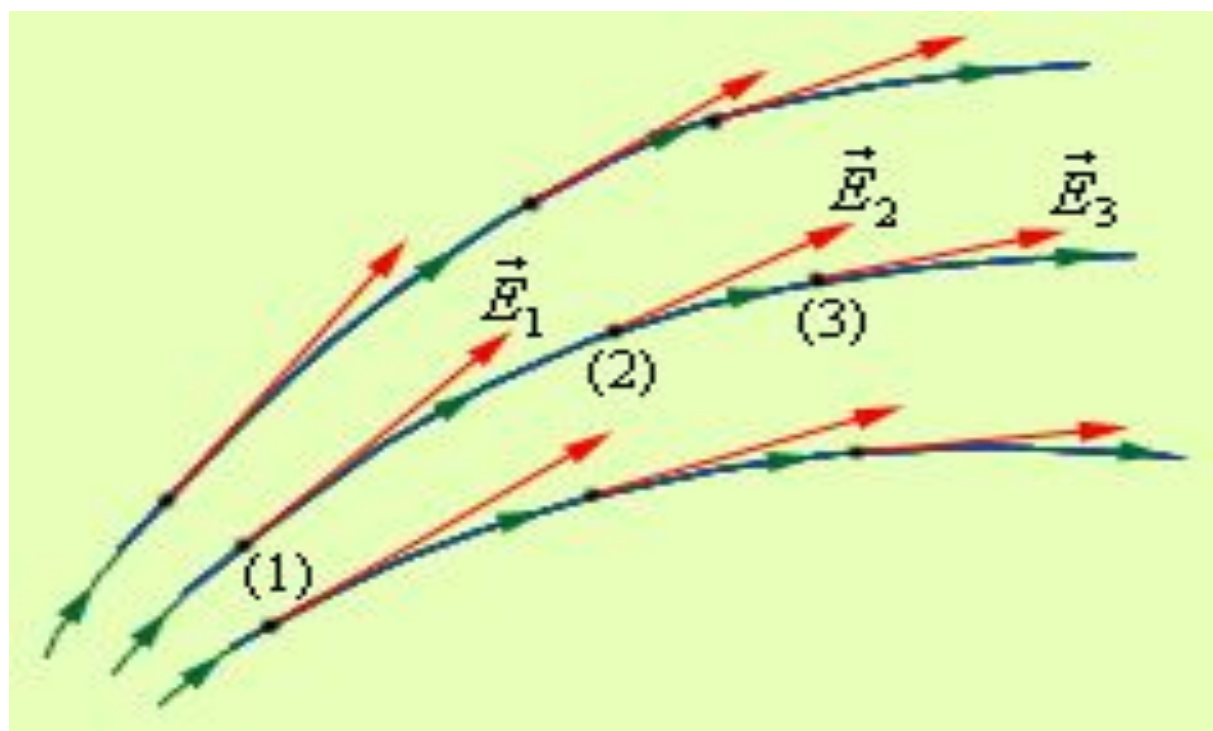
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_1}{q}$$

Напряженность электрического поля

- Напряженность электрического поля – векторная физическая величина.
- Направление вектора напряженности совпадает в каждой точке пространства с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд.**

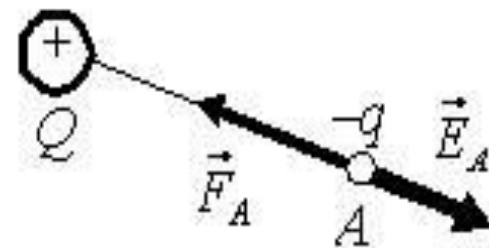
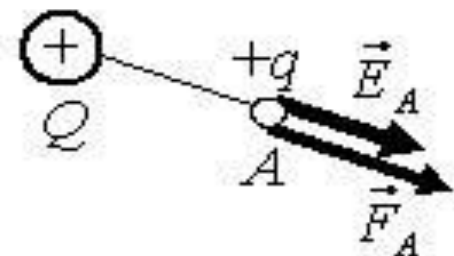
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$



Напряженность - силовая

характеристика электрического поля

- ✓ Если в точке A заряд $q > 0$, то векторы напряженности и силы направлены **в одну и ту же сторону**;
- ✓ при $q < 0$ эти векторы направлены **в противоположные стороны**.



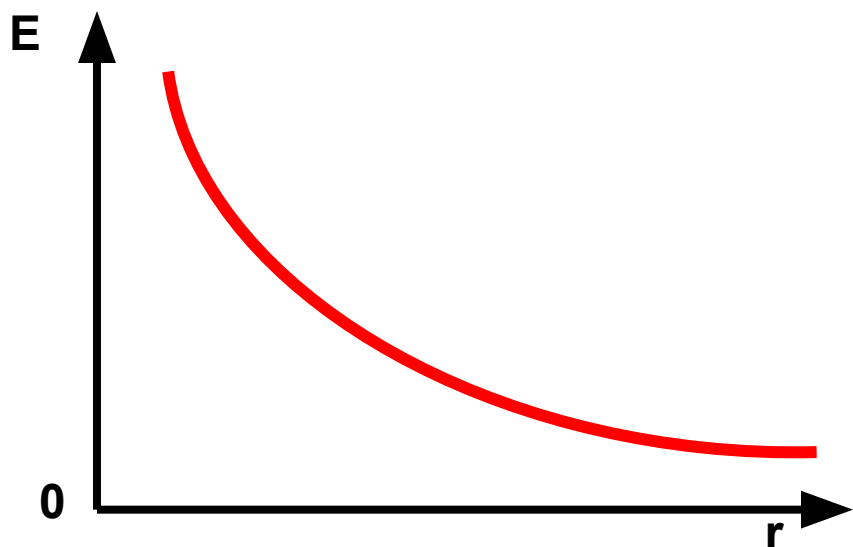
От знака заряда q , на который действует поле, не зависит

направление вектора напряженности, а зависит направление силы.

Напряженность электрического поля

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

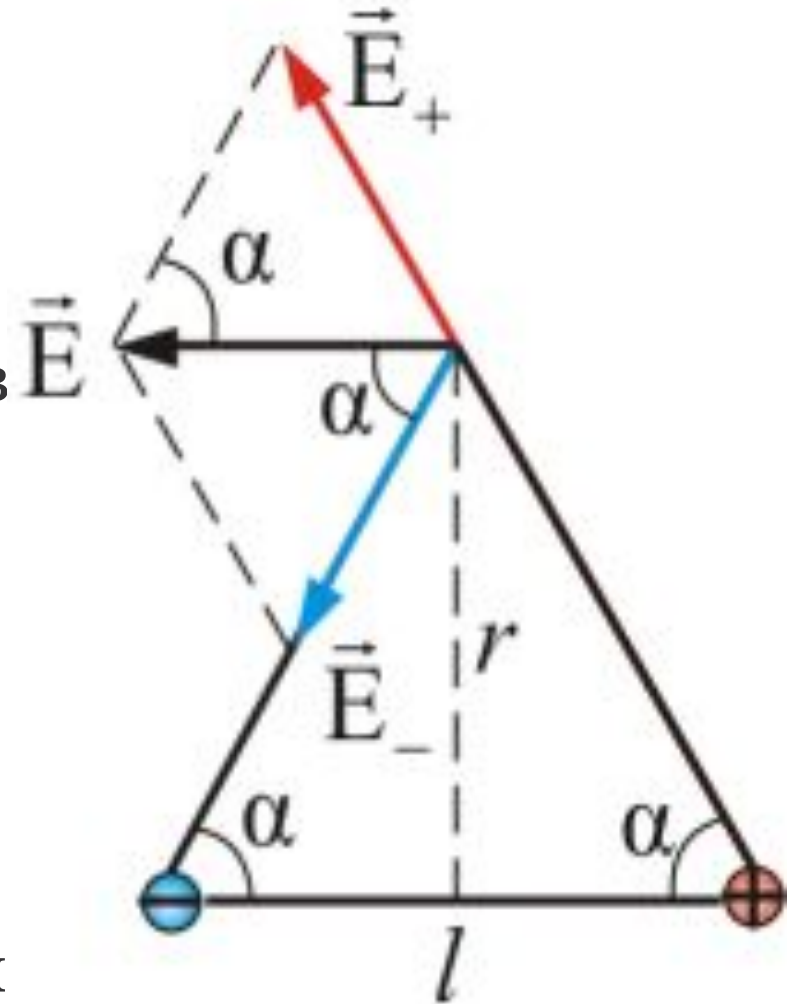
**Напряженность
электрического поля
точечного заряда на
расстоянии r от него.**



Принцип суперпозиции электрических полей

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

- Принцип суперпозиции полей:** напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, равна **векторной сумме напряженностей** электрических полей, создаваемых в той же точке зарядами **в отдельности:**
 - Для **наглядного** представления электрического поля используют **силовые линии.**

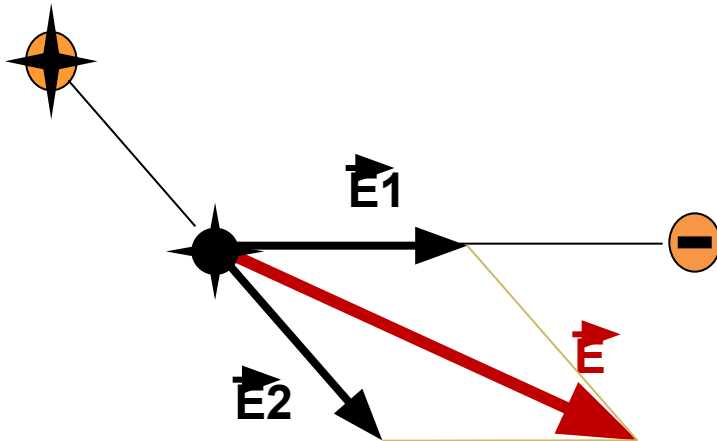


Напряженность электрического поля

Принцип суперпозиции полей: если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых E_1, E_2, E_3 и т.д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна векторной сумме напряженностей этих полей:

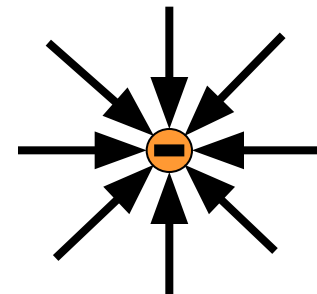
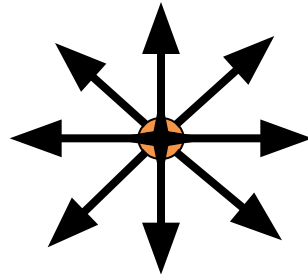
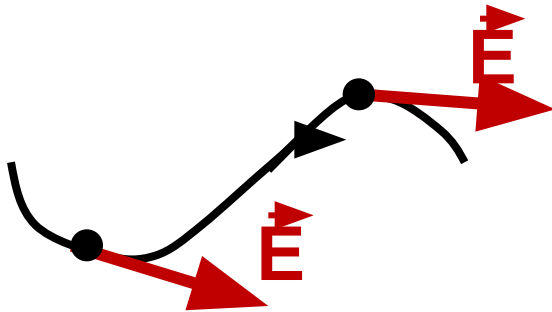
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 +$$

...



Напряженность электрического поля

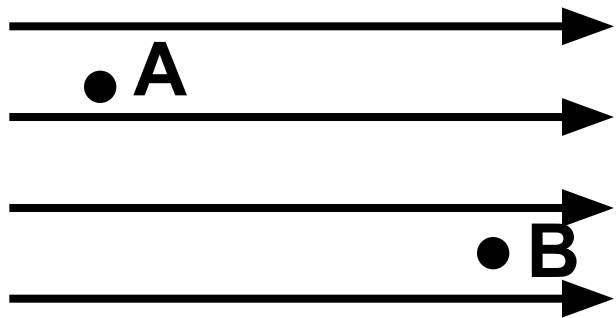
✓ **Линии напряженности** (или силовые линии электрического поля) – это непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке поля, через которую они проходят, совпадают с векторами напряженности.



Напряженность электрического поля

Однородное

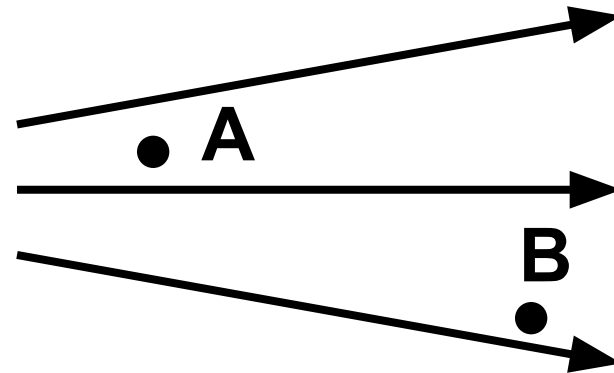
электрическое поле.



$$E_A = E_B$$

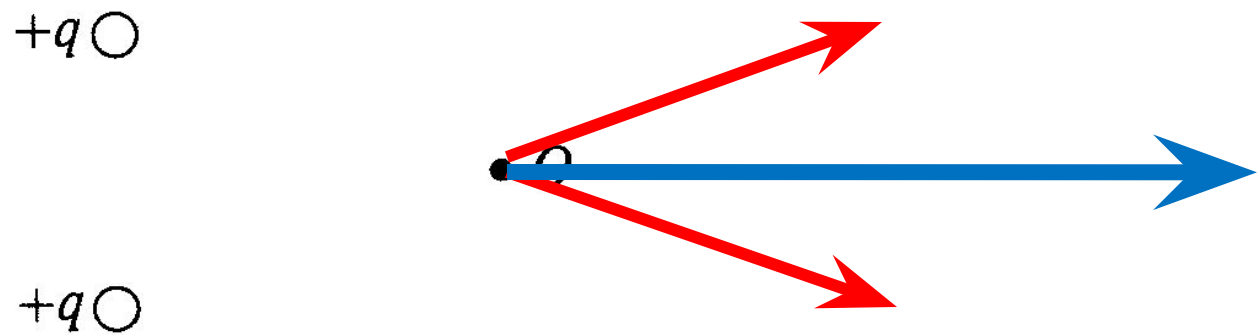
Неоднородное

электрическое поле.



$$E_A > E_B$$

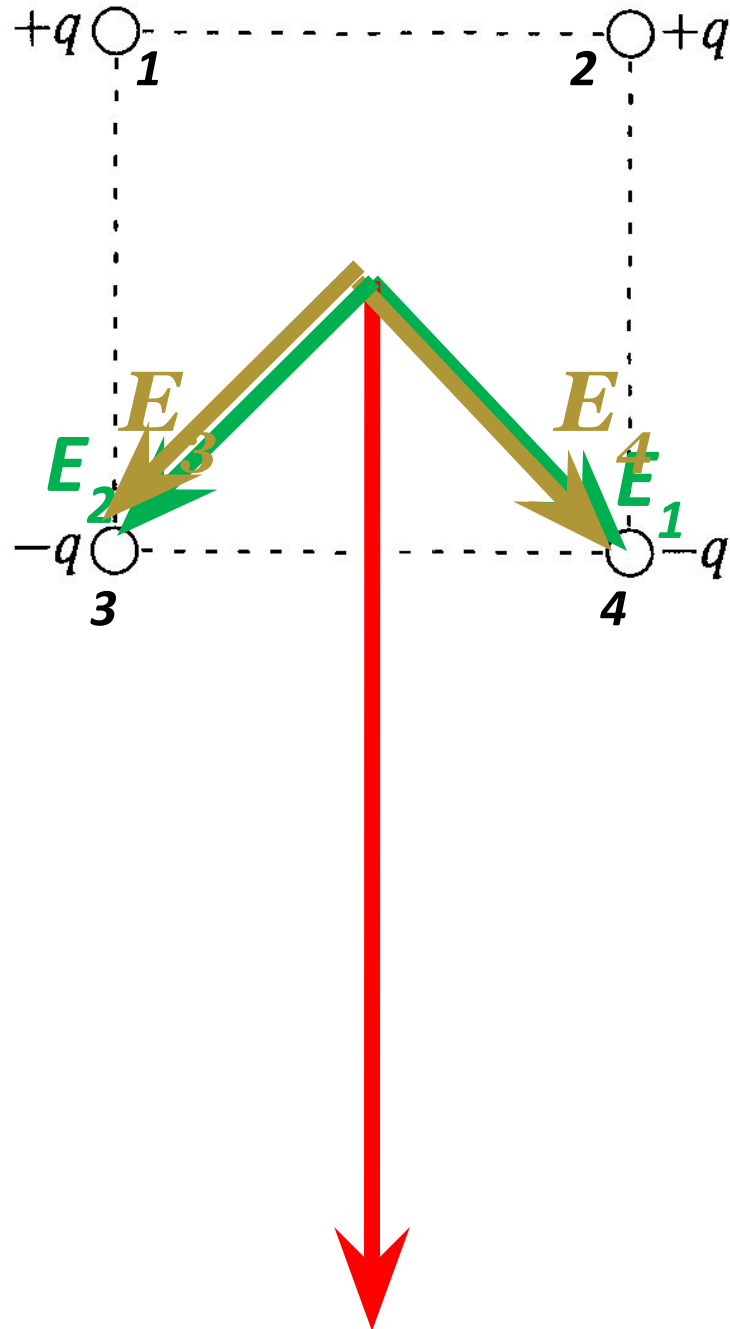
Задача №1. Какое направление в точке O имеет вектор напряженности электрического поля, созданного двумя одноименными зарядами?



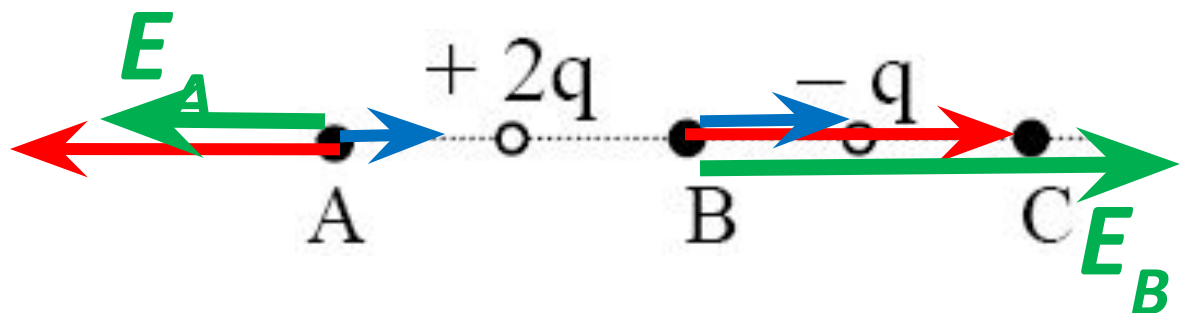
1. \downarrow 2. \uparrow 3. \leftarrow 4. \rightarrow

Задача №2.

Определите напряженность поля в центре квадрата, в углах которого находятся заряды: $(+q)$, $(+q)$, $(-q)$, $(-q)$?



Задача №3. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$.



Модуль вектора напряженности электрического поля этих зарядов имеет

1. максимальное значение в точке А
2. максимальное значение в точке В
3. одинаковые значения в точках А и С
4. одинаковые значения во всех трех точках

Потенциал электростатического поля

✓ **Потенциалом** электростатического поля φ в данной точке называется **физическая величина, равная отношению потенциальной энергии W_p заряда q , помещенного в данную точку поля, к величине этого заряда:**

$$\varphi = \frac{W_n}{q} \quad 1B = \frac{1Дж}{1Кл}$$

$$[\varphi] = B \text{ (Вольт)}$$

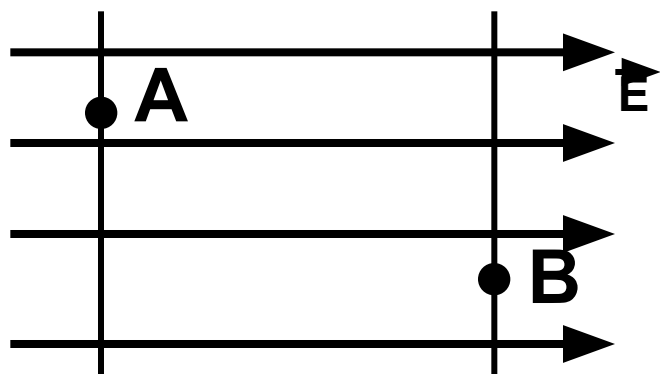
Потенциал

✓ Если поле создано не одним, а несколькими источниками, то **потенциал точки** равен алгебраической сумме потенциалов исходных полей.

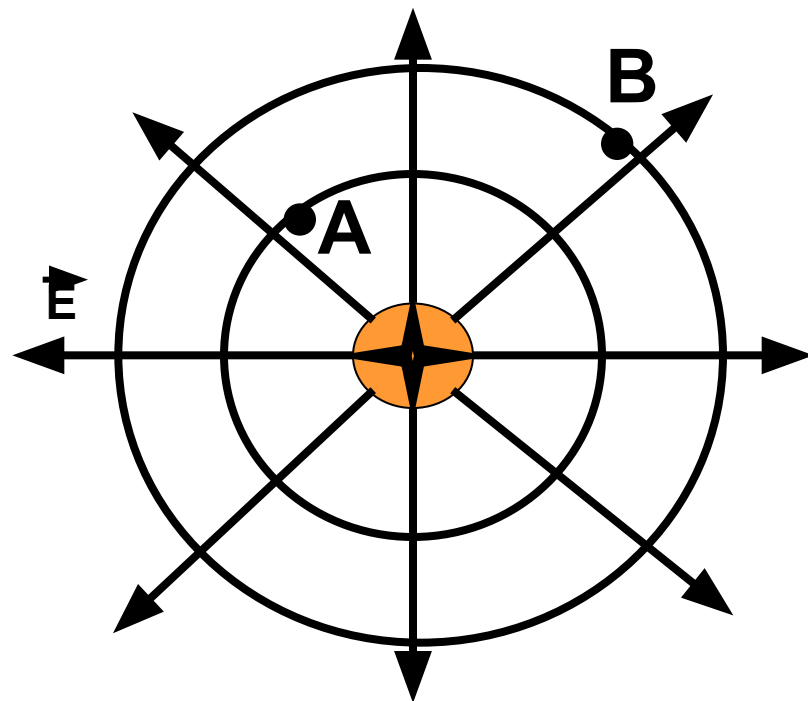
$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Потенциал

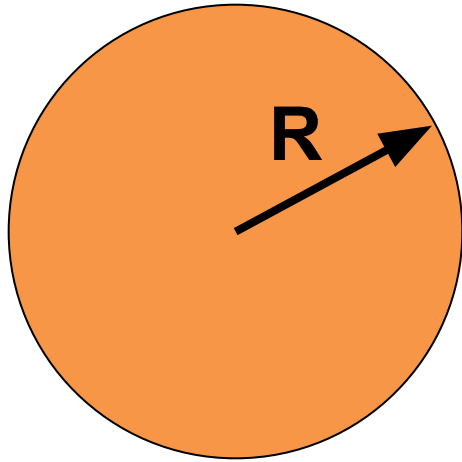
- ✓ Поверхности равного потенциала называют **эквипотенциальными поверхностями**.
- ✓ Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны линиям напряженности.



$$\varphi_A > \varphi_B$$



Потенциал

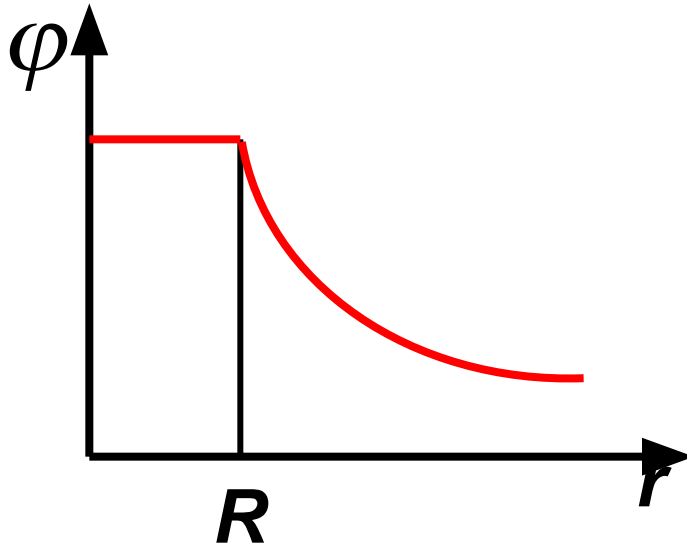


$$\varphi = k \frac{q}{R}$$

**потенциал внутри
и на поверхности
заряженной сферы**

$$\varphi = k \frac{q}{R + r}$$

**потенциал вне
заряженной
сферы**



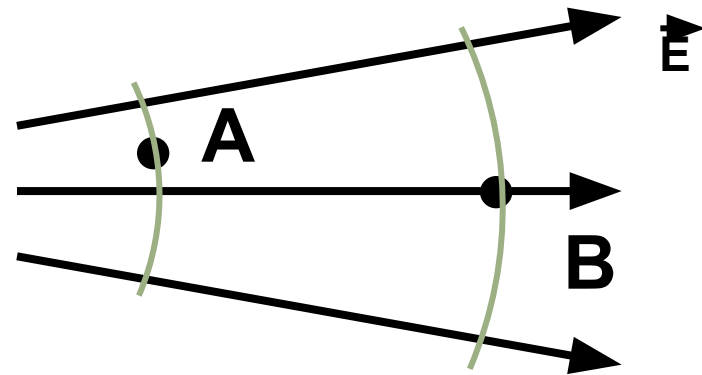
Задача №4. Потенциал точки А равен 100 В.
Потенциал точки В?

А. >100 В

Б. < 100 В

В. 100 В

Г. 0 В



вектор \vec{E} направлен
в сторону убывания φ

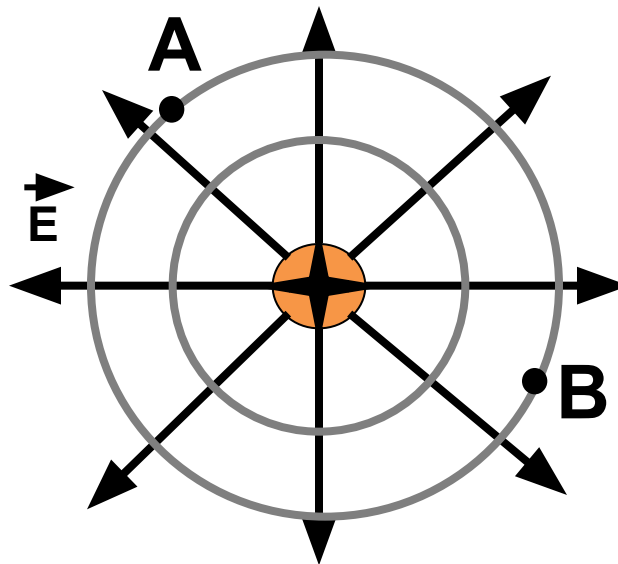
Задача №5. Потенциал точки А равен 100 В. Чему равен потенциал точки В?

А. 200 В

Б. 100 В

В. 50 В

Г. 0 В



$$\varphi_B = \varphi_A = 100 \text{ В}$$

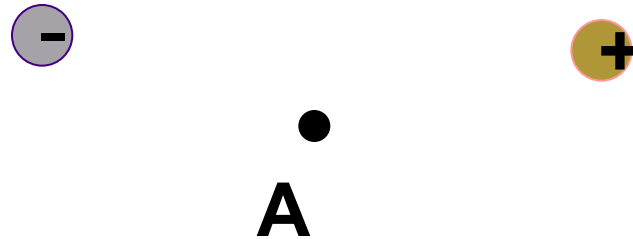
Задача №6. Заряд 1 создает в точке А потенциал 400 В, заряд 2 создает в этой точке потенциал -300 В. Итоговый потенциал в точке А равен

А. -120000 В

Б. 500 В

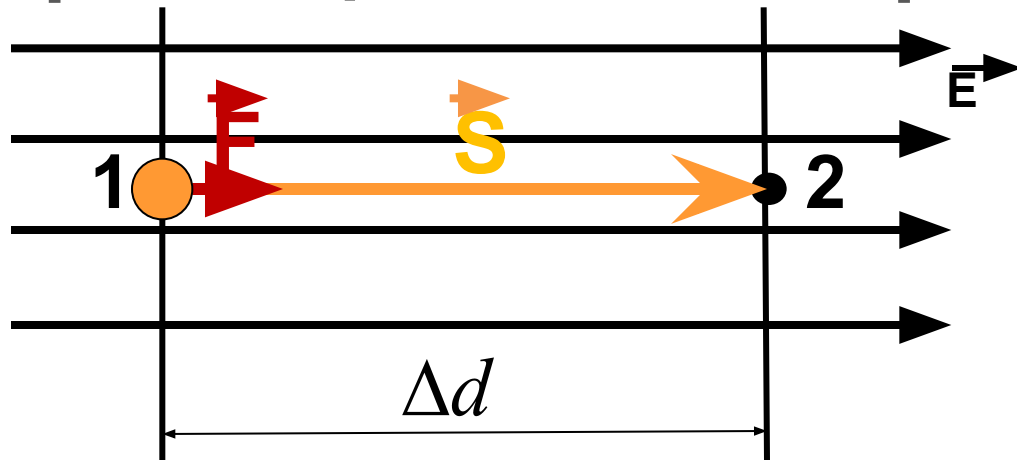
В. 100 В

Г. -100В



$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 400 - 300 = 100 \text{ В}$$

Работа электрического поля по перемещению электрического заряда



$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$F = E \cdot q$$

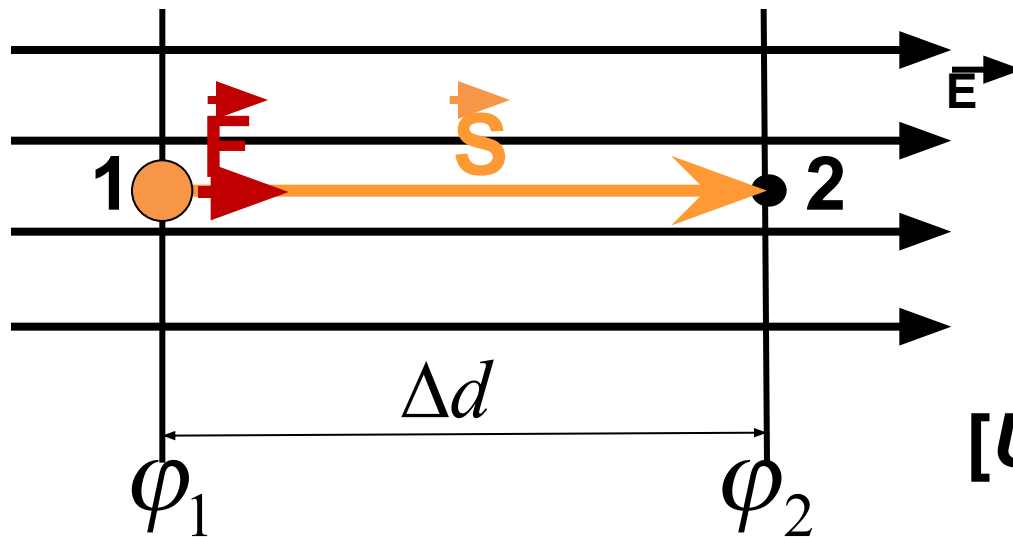
$$S = \Delta d$$

$$\alpha = 0$$

$$A = Eq\Delta d$$

Работа однородного электростатического поля по перемещению электрического заряда.

Работа электрического поля по перемещению электрического заряда



$$\varphi_1 - \varphi_2 = U$$

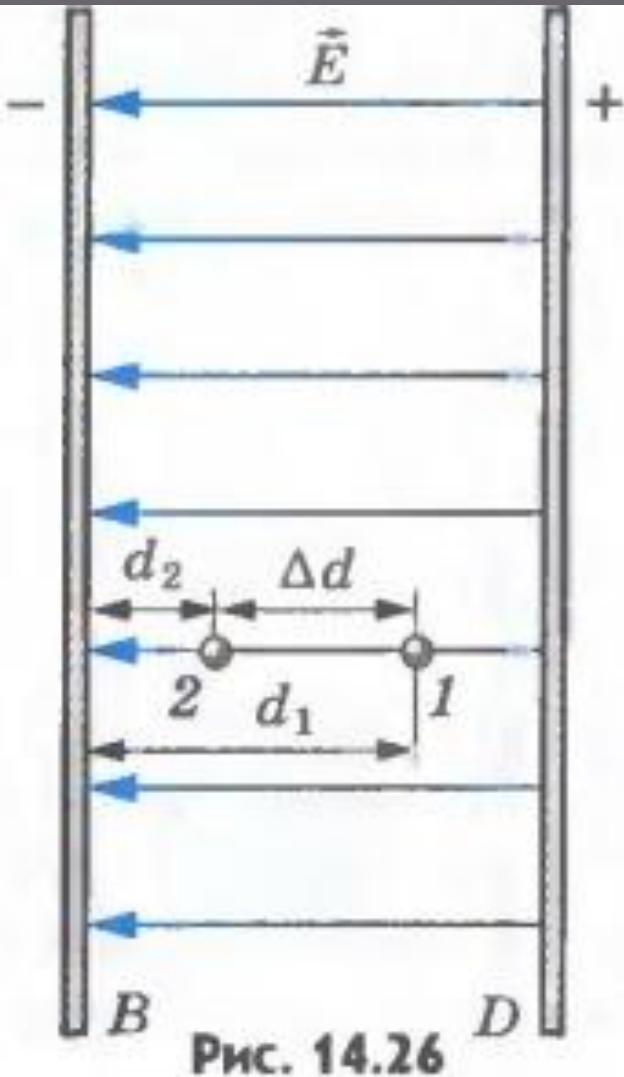
$[U] = \text{В}$ - напряжение

$$A = qU \quad A = Eq\Delta d$$

$$E = \frac{U}{\Delta d}$$

$$[E] = \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Работа электростатического поля по перемещению заряда ²⁵



Пусть пластины расположены вертикально, левая пластина B заряжена отрицательно, а правая D - положительно. Вычислим работу, совершаемую полем при перемещении положительного заряда q из точки 1 , находящейся на расстоянии d_1 от левой пластины, в точку 2 , расположенную на расстоянии d_2 от нее. Точки 1 и 2 лежат на одной силовой линии.

Электрическое поле при перемещении заряда совершит положительную работу

$$A = qE(d_1 - d_2) = - (qE d_2 - qE d_1)$$

Потенциальная энергия

✓ Работа электростатической силы не зависит от формы траектории точки ее приложения, эта сила является консервативной, и ее работа согласно формуле равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком:

$$A = - (W_{п2} - W_{п1})$$

$$A = qEd$$

Если поле совершает положительную работу, то потенциальная энергия заряженного тела в поле уменьшается. Одновременно согласно закону сохранения энергии растет его кинетическая энергия. И наоборот, если работа отрицательна то, потенциальная энергия растет, а кинетическая энергия уменьшается; частица тормозится.

Задача №7. В однородном электрическом поле напряженностью 60 кВ/м переместили заряд 5 нКл. Перемещение, равное по модулю 20 см, образует угол 60° с направлением силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения. Дать ответы на те же вопросы при перемещении отрицательного заряда.

Дано Работа поля по перемещению заряда $A = Eqd$.
 $E = 60$ кВ/м $d = l \cos \alpha$. $A = Eq l \cos \alpha$. $A = 60 \cdot 10^3 \text{ В/м} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 0.2 \text{ м} \cdot \cos 60^\circ = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$. Изменение потенциальной энергии равно совершенной работе: $\Delta W = -A = -3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$ (потенциальная энергия уменьшилась). Напряжение определим через напряженность поля: $U = Ed = El \cos \alpha$, т.к. заряд перемещали под углом к направлению силовых линий. $U = 60 \cdot 10^3 \text{ В/м} \cdot 0.2 \text{ м} \cdot \cos 60^\circ = 6000 \text{ В}$. В случае с отрицательным зарядом значения A и ΔW просто изменят знак.

$q = 5 \text{ нКл}$
 $l = 20 \text{ см}$

Найти:
 $A = ?$ $\Delta W = ?$
 $U = ?$

Задача №8. Электрон переместился в ускоряющем электрическом поле из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 300 В. Найти изменение его потенциальной энергии, кинетическую энергию электрона и приобретенную скорость. Начальная скорость электрона равна нулю.

Дано: Работа, совершенная полем при перемещении электрона, $A_{12} = q(\varphi_2 - \varphi_1) = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot (300 \text{ В} - 200 \text{ В}) = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. Изменение потенциальной энергии электрона в поле: $\Delta W = -A = -1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. Это уменьшение компенсируется увеличением его кинетической энергии, что следует из закона сохранения энергии: $E = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$.

Найти Поскольку $E = mv^2/2$, то $v = \sqrt{(2E / m)} = \sqrt{(2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж} / 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг})} = 6 \cdot 10^6 \text{ м/с} = 6 \text{ Мм/с}$.

$\Delta W = ?$ $E = ?$
 $v = ?$

Ответ: $\Delta W = -1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. $E = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. $v = 6 \cdot 10^6 \text{ м/с}$.

Задача №9. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его скорость увеличилась от 10 до 30 Мм/с?

Дано:

$$v_1 = 10 \text{ Мм/с}$$

$$v_2 = 30 \text{ Мм/с}$$

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Найти

$$U = ?$$

Решение:

Изменение кинетической энергии электрона: $\Delta E = mv_2^2 / 2 - mv_1^2 / 2$
 $= (9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (30 \cdot 10^6)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2) / 2 - (9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (10 \cdot 10^6)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2) / 2 = 3.6 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}.$

Это же изменение по закону сохранения энергии равняется работе, которую совершило при этом электрическое поле:
 $\Delta E = A = 3.6 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}.$

$$U = A / q = 3.6 \cdot 10^{-16} \text{ Дж} / -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = -2250 \text{ В}.$$

Ответ: $U = -2250 \text{ В}.$

Спасибо за внимание!

