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.

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

- **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:**

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

- Единица измерения напряженности:

[E] = 1 Н/Кл = 1 В/м

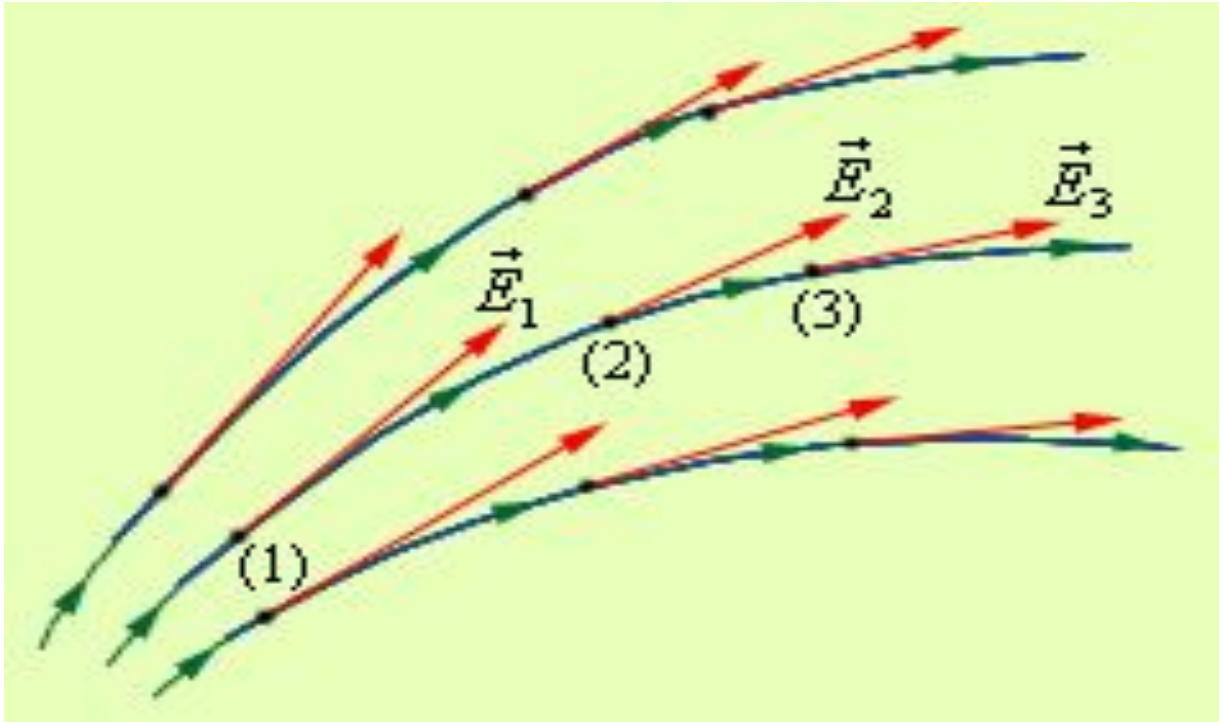
$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$$

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

Напряженность электрического поля

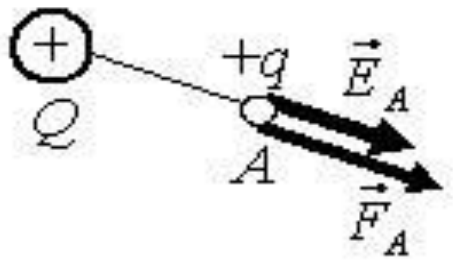
- **Напряженность** электрического поля – **векторная** физическая **величина**.
- **Направление вектора напряженности совпадает** в каждой точке пространства **с направлением силы**, действующей **на положительный пробный заряд**.

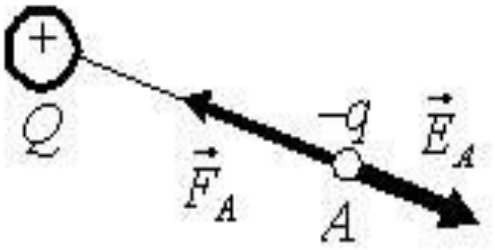
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$



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**.



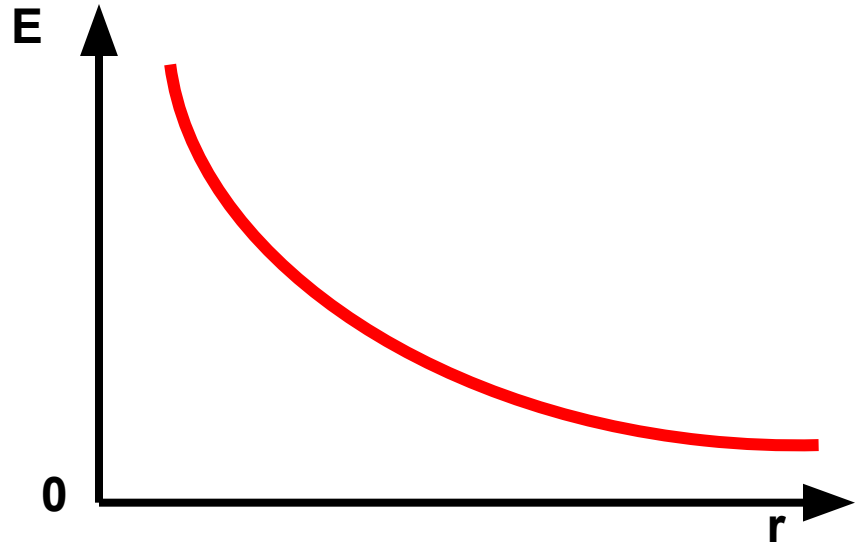


От знака заряда *q*, на который действует поле, не зависит направление вектора напряженности, а зависит направление силы.

Напряженность электрического поля

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

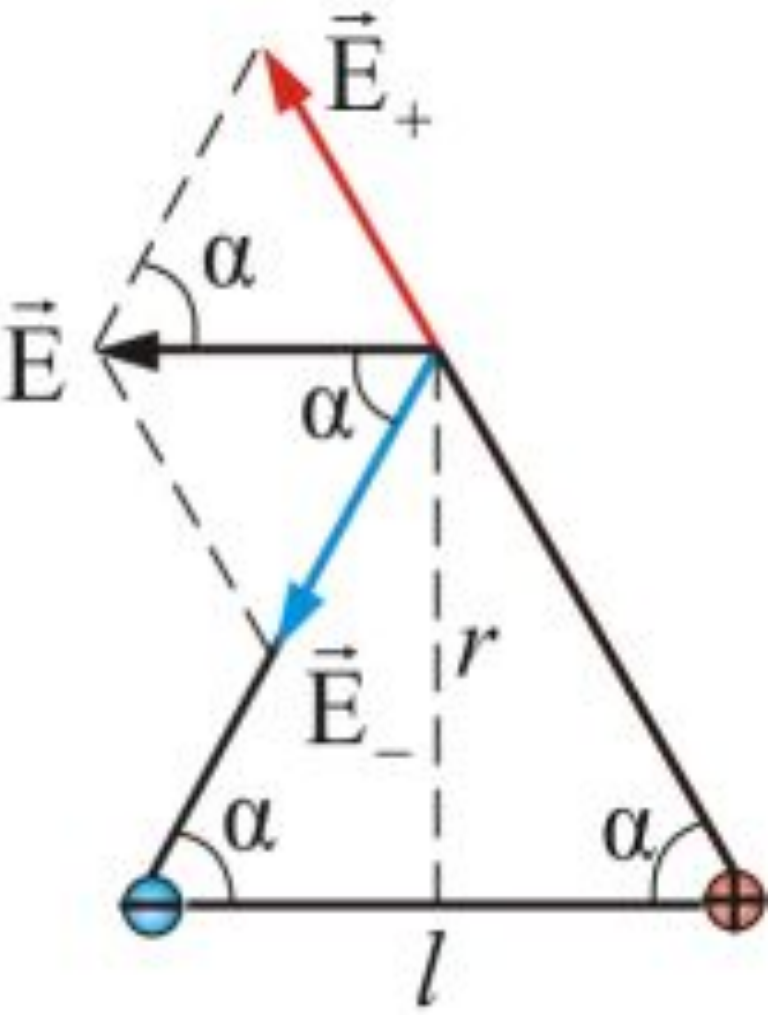
Напряженность электрического поля точечного заряда на расстоянии r от него.



Принцип суперпозиции электрических полей

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

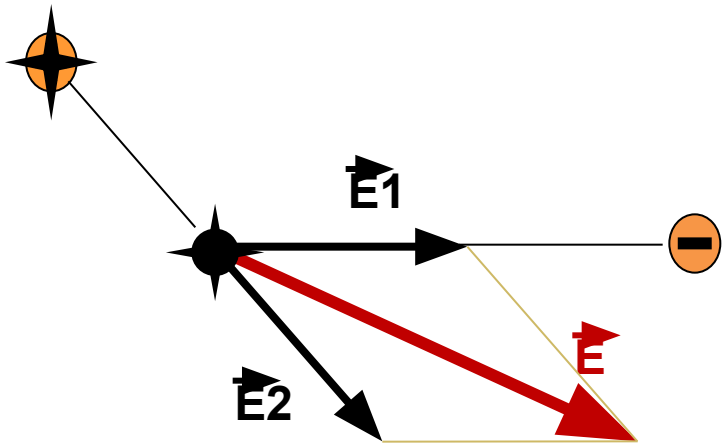
- **Принцип суперпозиции полей**: напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, **равна векторной сумме напряженностей** электрических полей, создаваемых в той же точке **зарядами в отдельности**:
- Для **наглядного** представления электрического поля используют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



Напряженность электрического поля

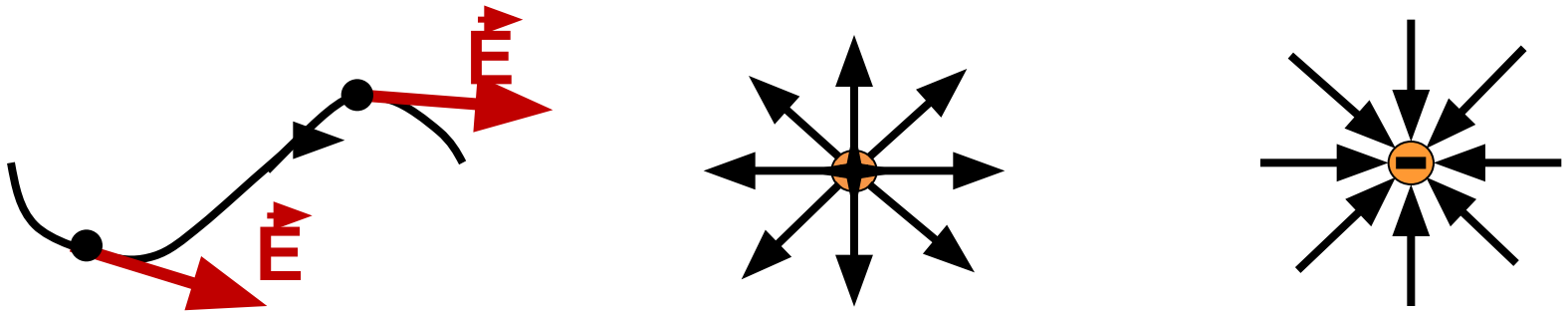
Принцип суперпозиции полей: если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых E1,E2,E3 и т.д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна векторной сумме напряженностей этих полей:

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

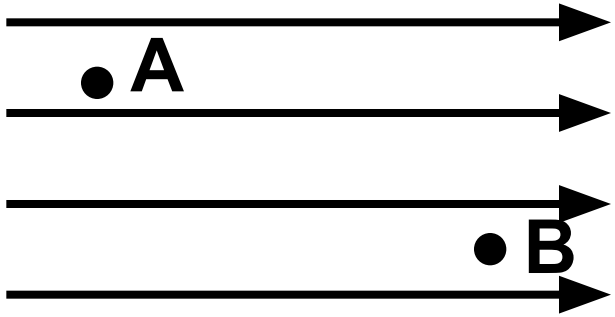
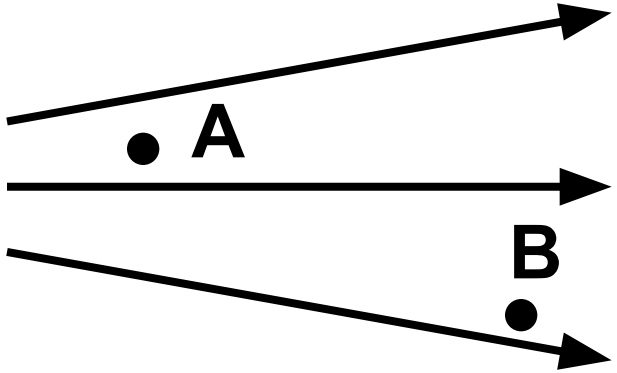


Напряженность электрического поля

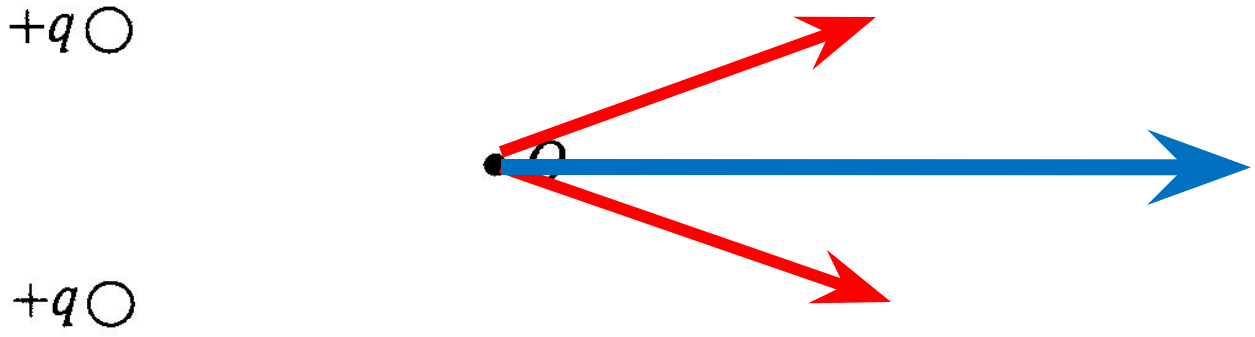
✔**Линии напряженности (или силовые линии электрического поля) – это непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке поля, через которую они проходят, совпадают с векторами напряженности.**



Напряженность электрического поля

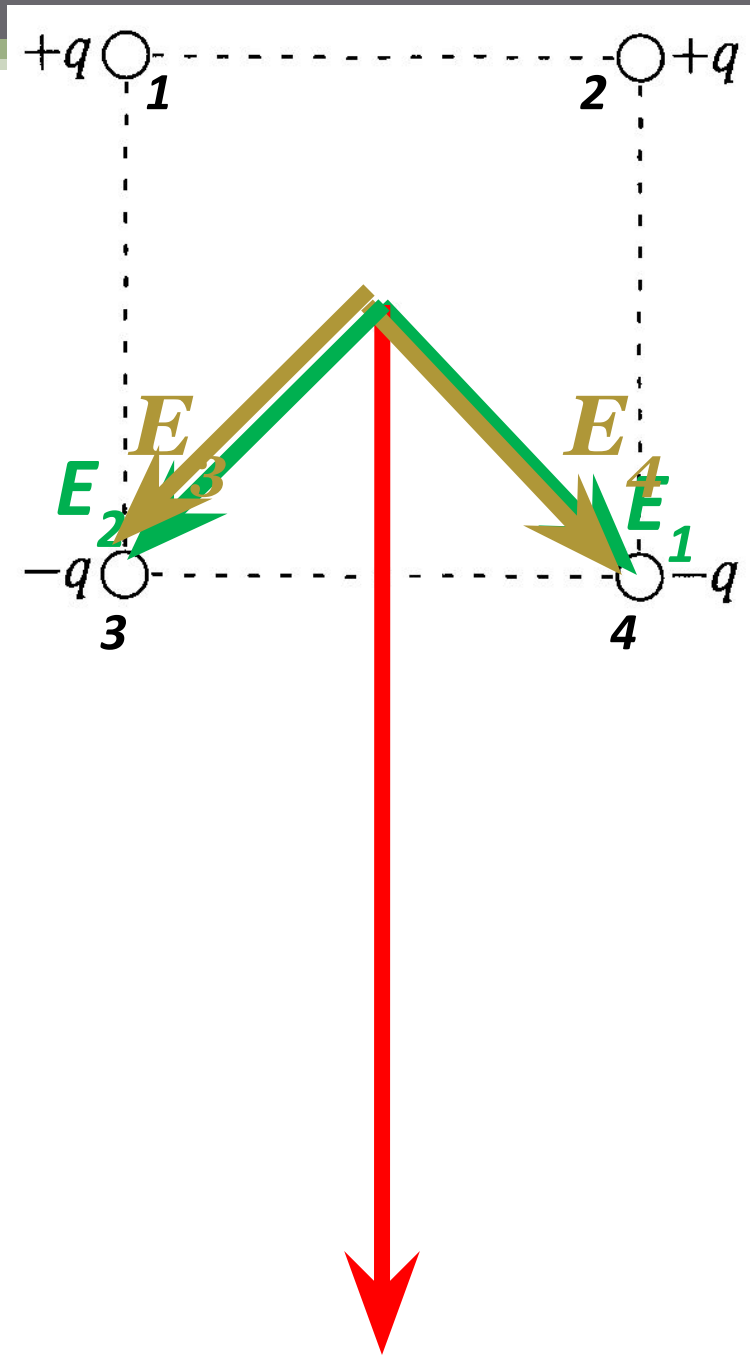
Однородное электрическое поле.	**Неоднородное** электрическое поле.
	
$E_A = E_B$	$E_A > E_B$

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

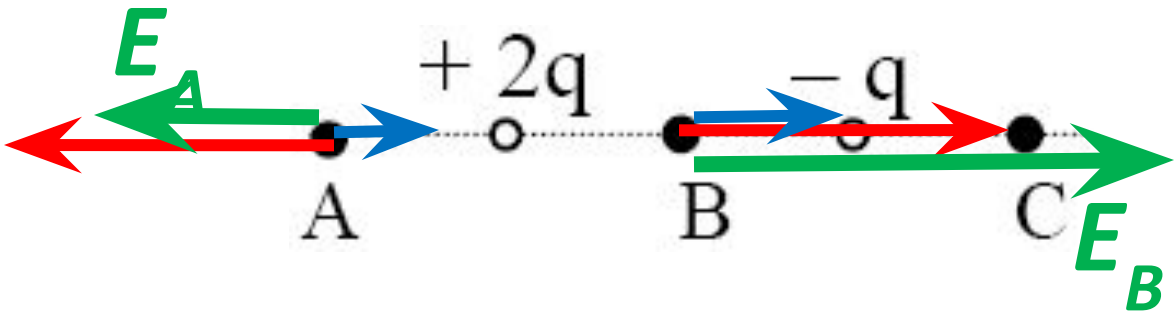


1.↓ 2.↑ 3.← 4.→

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**:

$$\varphi = \frac{W_n}{q} \qquad 1В = \frac{1Дж}{1Кл}$$

$$[\varphi] = В \text{ (Вольт)}$$

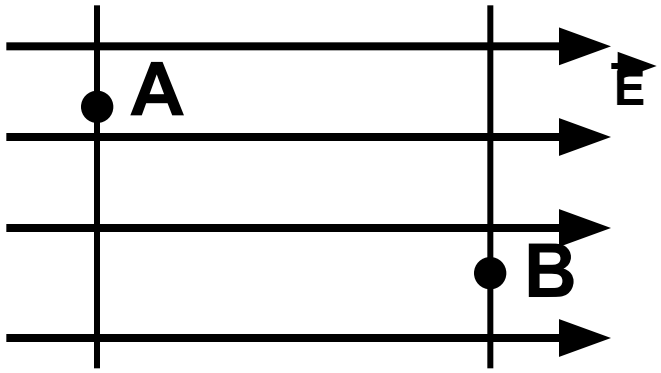
Потенциал

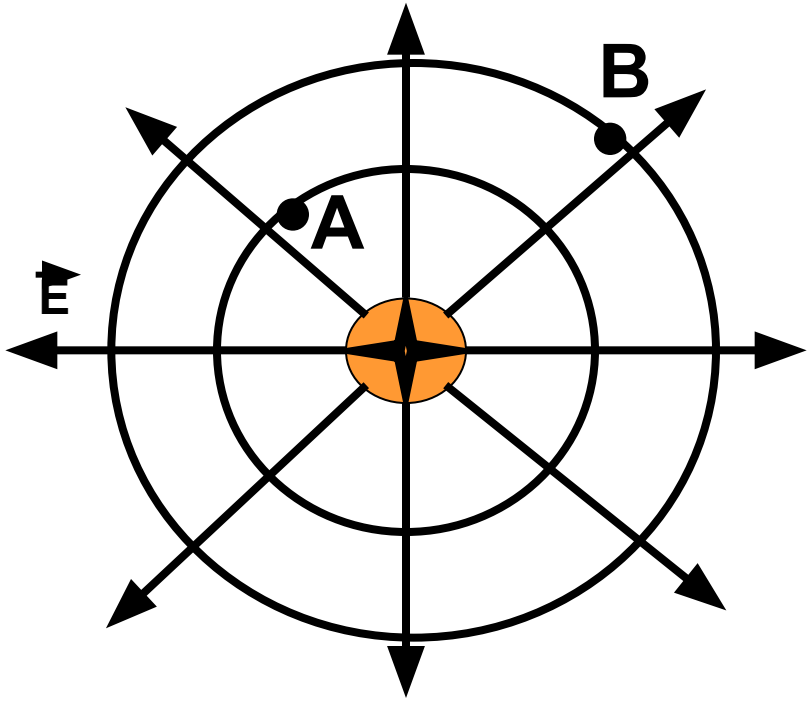
- ✔**Если поле создано не одним, а несколькими источниками, то потенциал точки равен алгебраической сумме потенциалов исходных полей.**

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

Потенциал

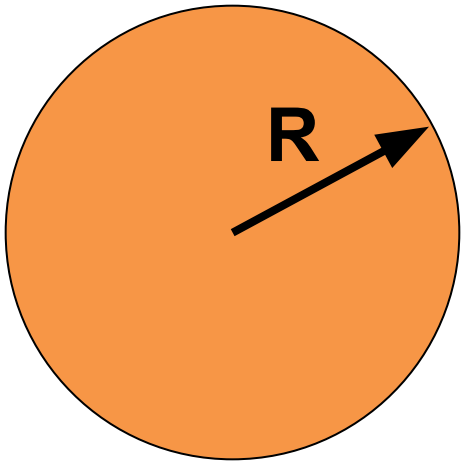
- Поверхности равного потенциала называют **эквипотенциальными поверхностями**.
- Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны линиям напряженности.





$$\varphi_A > \varphi_B$$

Потенциал

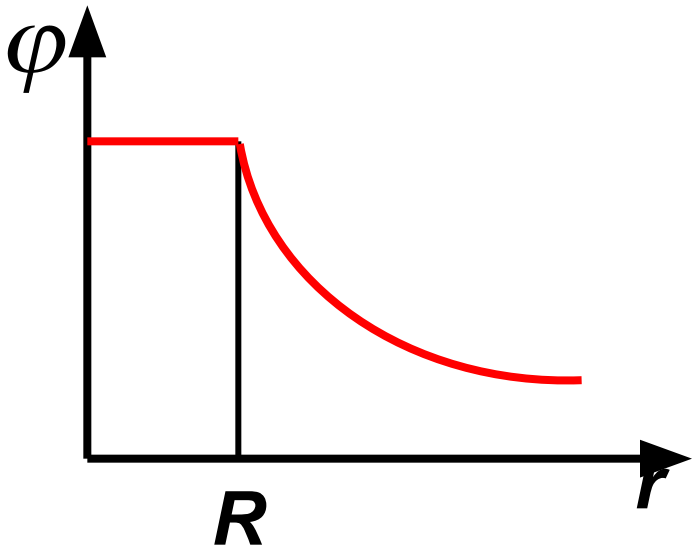


$$\varphi = k\frac{q}{R}$$

потенциал внутри и на поверхности заряженной сферы

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

потенциал вне заряженной сферы



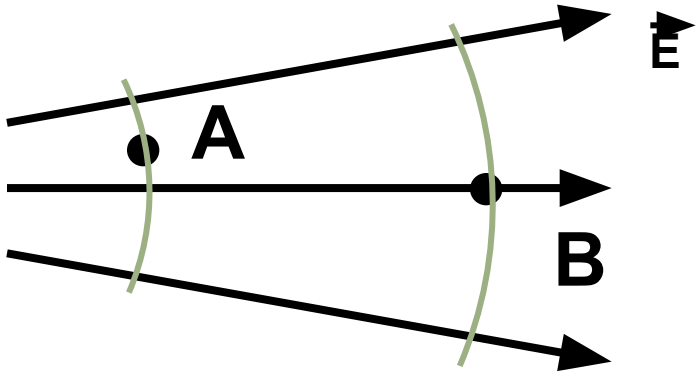
Задача№4. Потенциал точки А равен 100 В. Потенциал точки В?

А. >100 В

Б. < 100 В

В. 100 В

Г. 0 В



вектор $\vec{E}$ направлен в сторону убывания φ

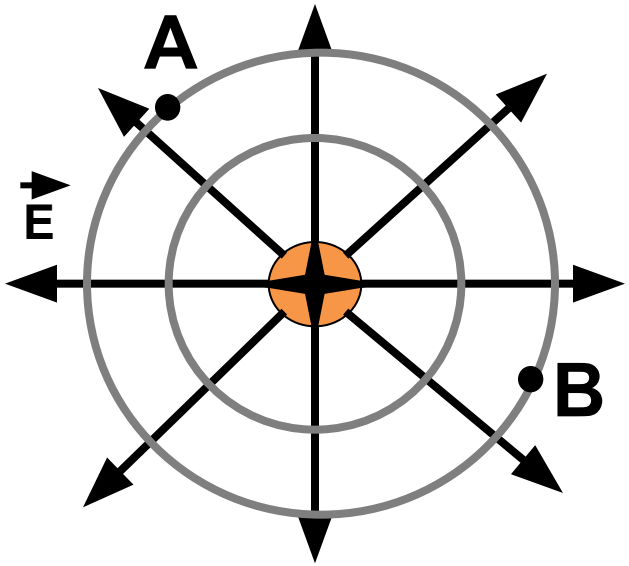
Задача№5. Потенциал точки А равен 100 В. Чему равен потенциал точки В?

А. 200 В

Б. 100 В

В. 50 В

Г. 0 В



$$\varphi_B = \varphi_A = 100B$$

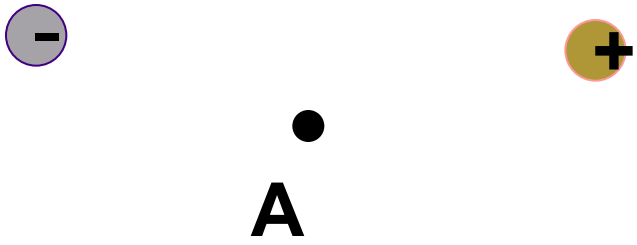
Задача№6. Заряд 1 создает в точке А потенциал 400 В, заряд 2 создает в этой точке потенциал –300 В. Итоговый потенциал в точке А равен

А. –120000 В

Б. 500 В

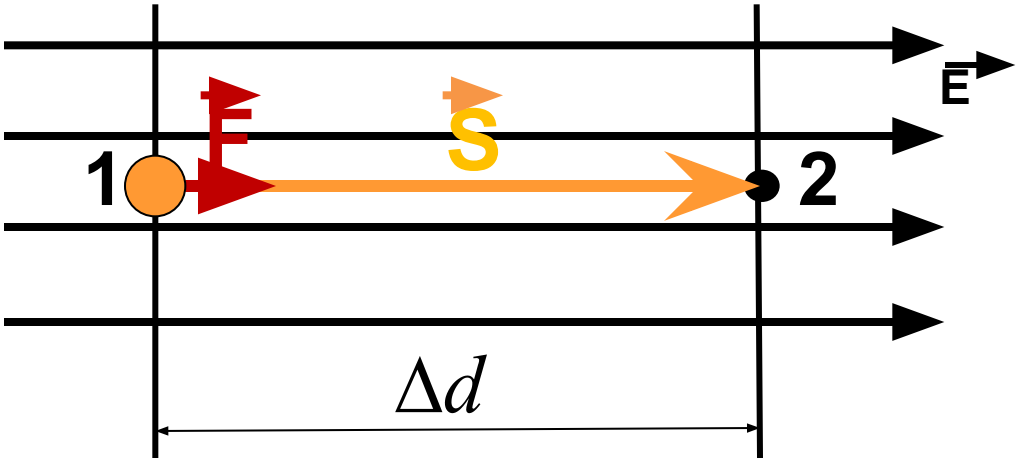
В. 100 В

Г. -100В



$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 400 - 300 = 100 B$$

Работа электрического поля по перемещению электрического заряда



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

$$F = E \cdot q$$

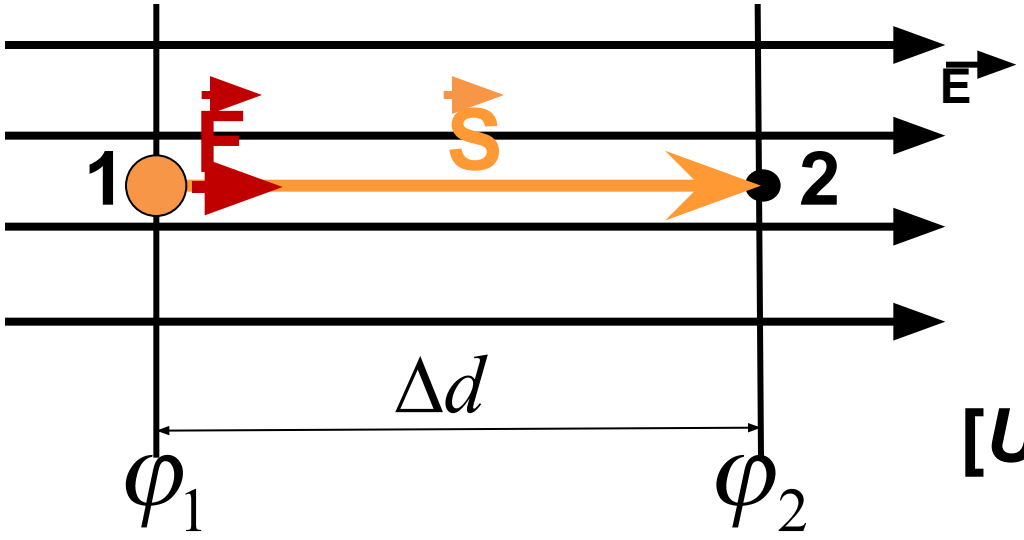
$$S = \Delta d$$

$$\alpha = 0$$

$$A = Eq\Delta d$$

Работа однородного электростатического поля по перемещению электрического заряда.

Работа электрического поля по перемещению электрического заряда



$$\varphi_1 - \varphi_2 = U$$

[*U*] = В - напряжение

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

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

$$[E] = \frac{В}{м}$$

Работа электростатического поля по перемещению заряда

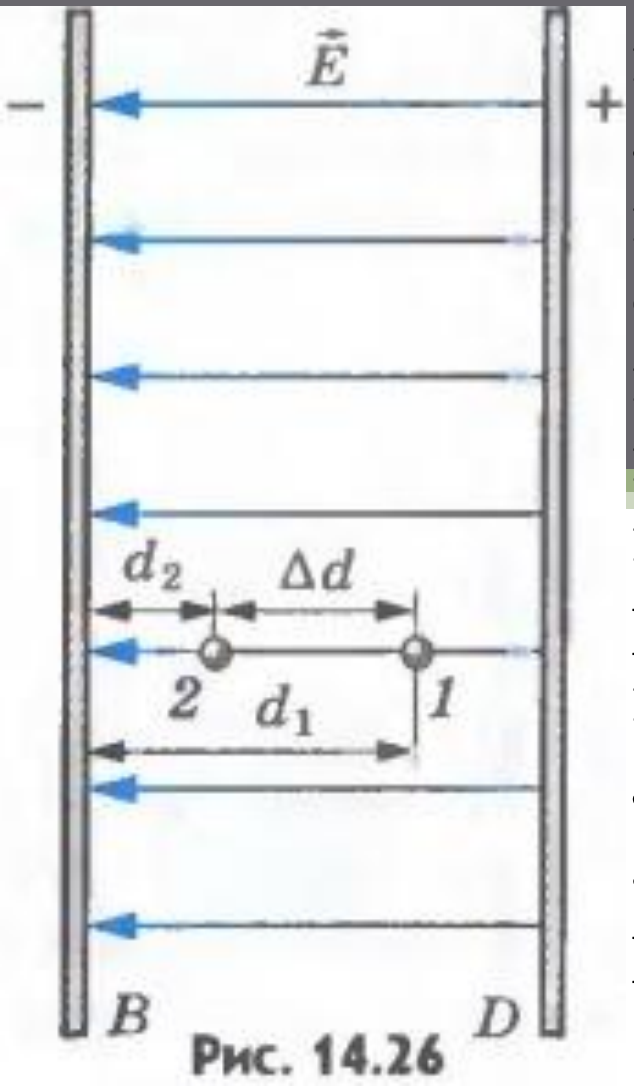


Рис. 14.26

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

$E = 60$ *кВ/м*

$q = 5$ *нКл*

$l = 20$ см

Найти:

A=? ΔW=?

U = ?

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

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:

$\varphi_1 = 200\ В$

$\varphi_2 = 300\ В$

$q = 1.6 \cdot 10^{-19}$Кл

$m = 9.1 \cdot 10^{-31}$кг

Найти

$\Delta W = ?\ E = ?$

$\upsilon = ?$

Работа, совершенная полем при перемещении электрона, $A_{12} = q(\varphi_2 - \varphi_1) = 1.6 \cdot 10^{-19}$Кл $\cdot$(300В —200В)$= 1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Изменение потенциальной энергии электрона в поле: $\Delta W = -A = -1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Это уменьшение компенсируется увеличением его кинетической энергии, что следует из закона сохранения энергии: $E = 1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Поскольку $E = m\upsilon^2/2$, то $\upsilon = \sqrt{(2E / m)} = \sqrt{(2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-17}\ Дж / 9.1 \cdot 10^{-31}\ кг)} = 6 \cdot 10^6$м/с $= 6$ Мм/с.

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

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

Дано:

$\upsilon_1 = 10$ Мм/с

$\upsilon_2 = 30$ Мм/с

$q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$m = 9.1 \cdot 10^{-31}$ кг

Найти

U = ?

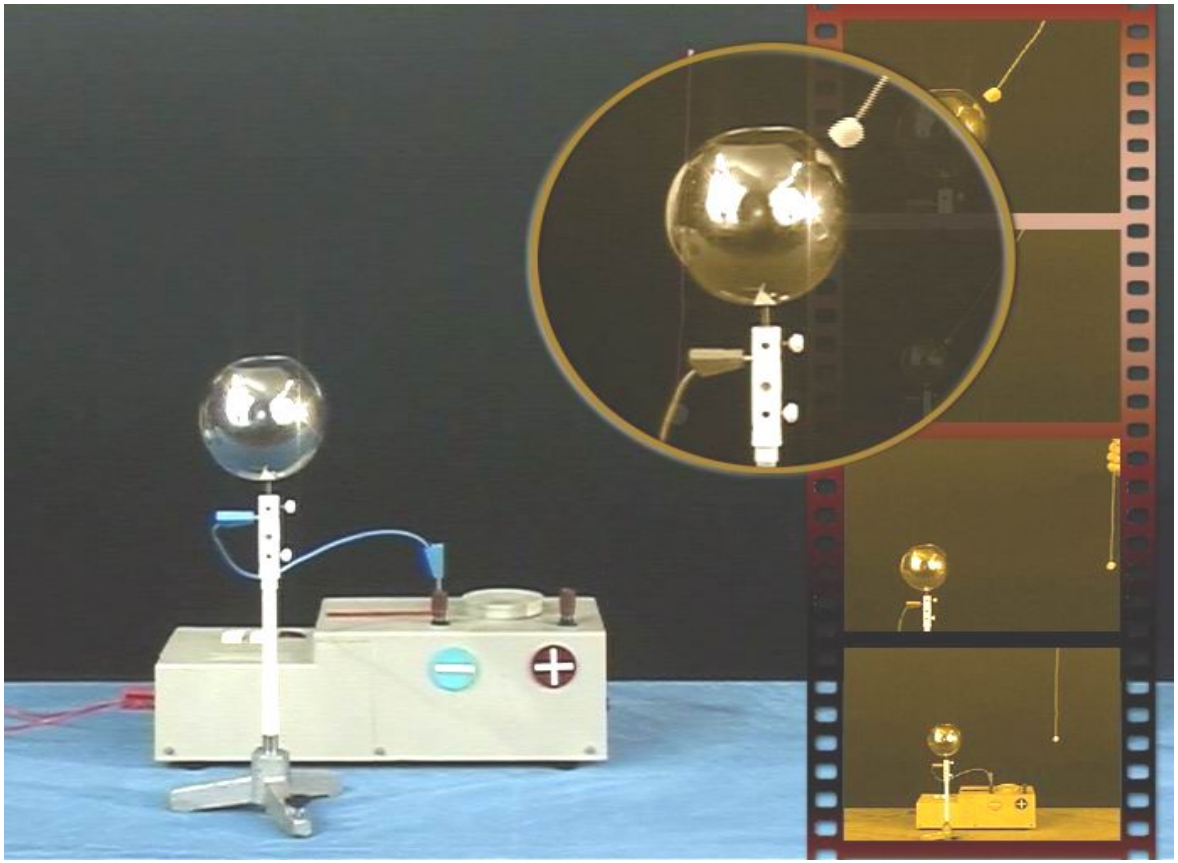
Решение:

Изменение кинетической энергии электрона: $\Delta E = m\upsilon_2^2 / 2 - m\upsilon_1^2 / 2$ $= (9.1 \cdot 10^{-31}$ кг $\cdot (30 \cdot 10^6)^2$ м^2/с$^2) / 2$ - $(9.1 \cdot 10^{-31}$ кг $\cdot (10 \cdot 10^6)^2$ м^2/с$^2) / 2 = 3.6 \cdot 10^{-16}$ Дж.

Это же изменение по закону сохранения энергии равняется работе, которую совершило при этом электрическое поле:

$\Delta E = A = 3.6 \cdot 10^{-16}$ Дж.

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

Ответ: U = -2250 В.

Спасибо за внимание!