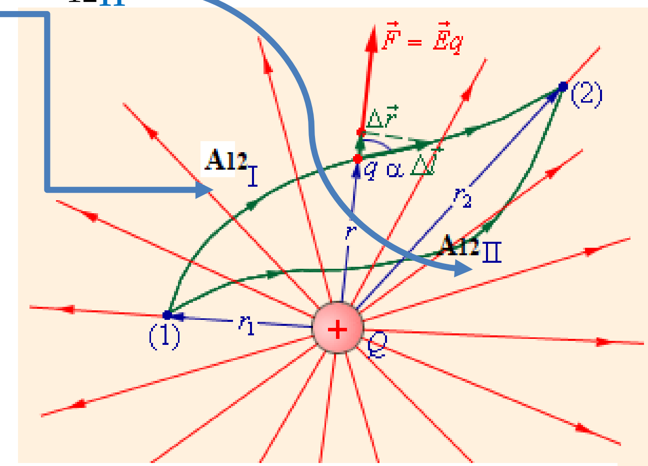
Лекция 2

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

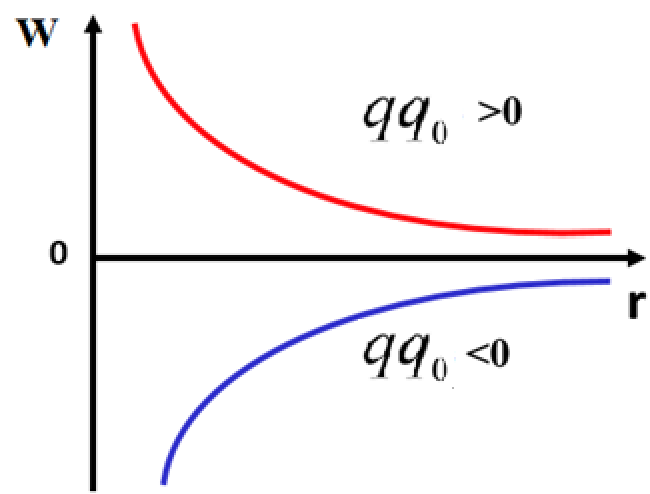
1. Работа сил электростатического поля A_{12} по перемещению заряда q ***не зависит от пути перемещения заряда*** $A_{12\mathrm{I}} = A_{12\mathrm{II}}$



2. Электростатическое поле является потенциальным.

3. Работу сил электростатического поля A_{12} можно представить, как разность **потенциальных энергий** заряда q в начальной и конечной точках траектории:

$$A_{12} = W_1 - W_2$$



$$\boxed{W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r}}$$

- потенциальная энергия взаимодействия зарядов

Учитывая что $\boxed{\varphi = \frac{W_p}{q}.}$, можно записать $A_{12} = W_{p1} - W_{p2} = q\varphi_1 - q\varphi_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2).$

Так как потенциальная энергия **W** и потенциал **φ** равны нулю при r=∞, то можно дать еще одно определение потенциала

$$\boxed{\varphi_\infty = \frac{A_\infty}{q}.}$$

Потенциал поля в данной точке пространства равен работе, которую совершают электрические силы при удалении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

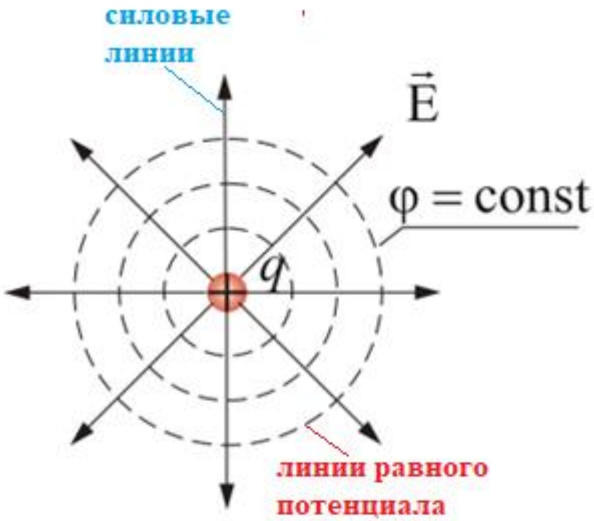
$$\boxed{U = \underline{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{A}{q}}$$

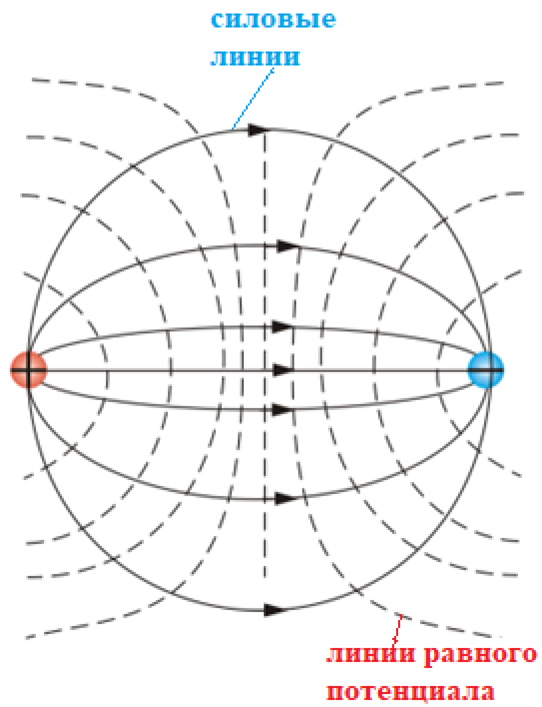
разность потенциалов

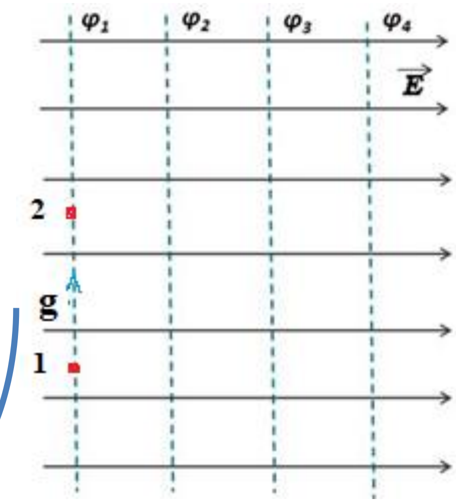
Разность потенциалов между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении положительного заряда из начальной точки в конечную к величине этого заряда

Для наглядного представления электростатическое поля наряду с силовыми линиями используют **эквипотенциальные поверхности**.

Поверхность, во всех точках которой потенциал электрического поля имеет одинаковые значения φ(x,y,z)=const, **называется *эквипотенциальной поверхностью* или *поверхностью равного потенциала*.**







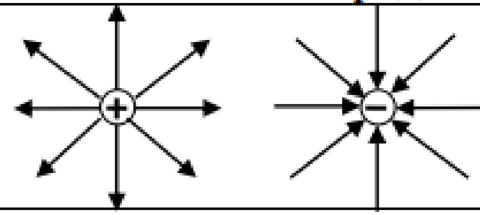
В случае однородного поля эквипотенциальные поверхности представляют собой систему параллельных плоскостей.

!!! Работа поля при перемещении заряда ***вдоль эквипотенциальной поверхности равна нулю.***

$$A_{12}=g(\varphi_1-\varphi_2)=0$$

!!! Силовые линии электростатическое поля всегда **перпендикулярны** эквипотенциальным поверхностям.

Поле точечного заряда

Модуль напряжённости.		Потенциал.
$E = k \cdot \dfrac{\lvert q \rvert}{\varepsilon R^2}$		$\varphi = \pm\, k \cdot \dfrac{q}{\varepsilon R}$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Поле равномерно заряженной сферы.

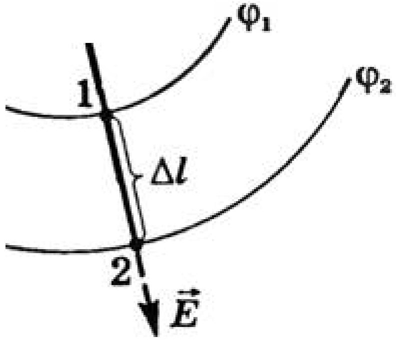
(R – радиус сферы; r – расстояние от центра сферы до точки поля)

	модуль напряжённости	потенциал
внутри сферы ($r < R$)	$E = 0$	$\varphi = \pm\, k \cdot \dfrac{q}{R}$
на поверхности сферы ($r = R$)	$E = k \cdot \dfrac{\lvert q \rvert}{R^2}$	$\varphi = \pm\, k \cdot \dfrac{q}{R}$
вне сферы ($r > R$)	$E = k \cdot \dfrac{\lvert q \rvert}{r^2} = k \cdot \dfrac{\lvert q \rvert}{(R+a)^2}$, где a – расстояние от поверхности шара до точки поля	$\varphi = \pm\, k \dfrac{q}{r} = k \cdot \dfrac{q}{(R+a)}$

По принципу суперпозиции:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_n$$

Связь напряженности и потенциала



Если пробный заряд q совершил **малое перемещение** Δl **вдоль силовой линии** из точки **1** в точку **2**, то можно записать:

$$A_{12} = F\Delta l = qE\Delta l$$

С другой стороны $A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi$

$$qE\Delta l = -q\Delta\varphi$$

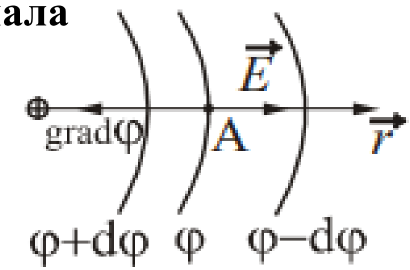
$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ **- разность потенциалов**

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta l}; \quad (\Delta l \to 0) \text{ или } E = -\frac{d\varphi}{dl}.$$

Это означает, что напряжённость электрического поля численно равна изменению потенциала, приходящемуся на единицу длины

В векторном виде $\boxed{\vec{E} = -\operatorname{grad}\varphi}$ **- связь напряженности и потенциала**

Знак « – » говорит о том, что вектор напряжённости направлен в сторону убывания потенциала.



Градиент потенциала (**gradφ**) – вектор, направленный в сторону максимального возрастания потенциала и численно равный изменению потенциала, приходящемуся на единицу длины в этом направлении.

Для однородного поля $\boxed{E = \frac{U}{d}}$

d – расстояние между эквипотенциальными плоскостями с потенциалами φ_1 и φ_2,

$U = \varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов

Примеры вычисления разности потенциалов по напряженности поля

Связь между напряженностью поля и потенциалом позволяет по известной напряженности поля найти разность потенциалов между двумя произвольными точками этого поля

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\int_1^2 E\mathrm{d}r$$

1. Поле равномерно заряженной бесконечной плоскости

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ - напряженность поля, σ – поверхностная плотность заряда

Разность потенциалов между точками, лежащими на расстояниях x_1 и x_2 от плоскости, равна

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E\mathrm{d}x = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\mathrm{d}x = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(x_2 - x_1)$$

2. Поле двух бесконечных параллельных разноименно заряженных плоскостей

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$ - напряженность поля

Разность потенциалов между плоскостями, расстояние между которыми равно **d,** равна

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E\,dx = \int_0^d \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\,dx = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0}$$

3. Поле равномерно заряженной бесконечно длинной нити

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\tau}{r}$$ - напряженность поля, τ - линейная плотность заряда

Разность потенциалов между точками, находящимися на расстоянии r_1 и r_2 от нити, равна

$$\Delta\varphi = -\int_{r_1}^{r_2} E\,dr = -\int_{r_1}^{r_2} \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dr}{r} = -\left(\frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln r_1 - \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln r_2 \right).$$