

**Тема: Работа сил электростатического поля. Потенциал, разность потенциалов.
Связь между напряжением и напряженностью.**

Работа любого электростатического поля при перемещении в нем заряженного тела из одной точки в другую также не зависит от формы траектории, как и работа однородного поля.

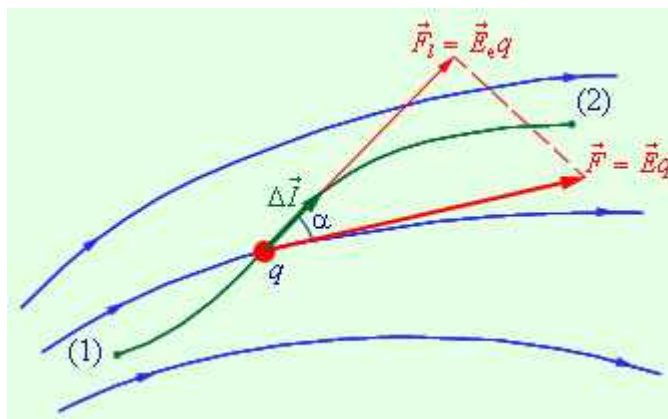


Рисунок 1. Работа электрических сил при малом перемещении $\Delta \vec{l}$ заряда q

Рассмотрим работу сил в электрическом поле, создаваемом неизменным во времени распределенным зарядом, т.е. электростатическом поле

Электростатическое поле обладает важным свойством:

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.

Аналогичным свойством обладает и гравитационное поле, и в этом нет ничего удивительного, так как гравитационные и кулоновские силы описываются одинаковыми соотношениями.

Следствием независимости работы от формы траектории является следующее утверждение:

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда по любой замкнутой траектории равна нулю.

Силовые поля, обладающие этим свойством, называют потенциальными или консервативными.

На рис.2 изображены силовые линии кулоновского поля точечного заряда Q и две различные траектории перемещения пробного заряда q из начальной точки (1) в конечную точку (2).

На замкнутой траектории работа электростатического поля всегда равна нулю. Поля, обладающие таким свойством, называют **потенциальным**. Потенциальный характер, в частности, имеет электростатическое поле точечного заряда.

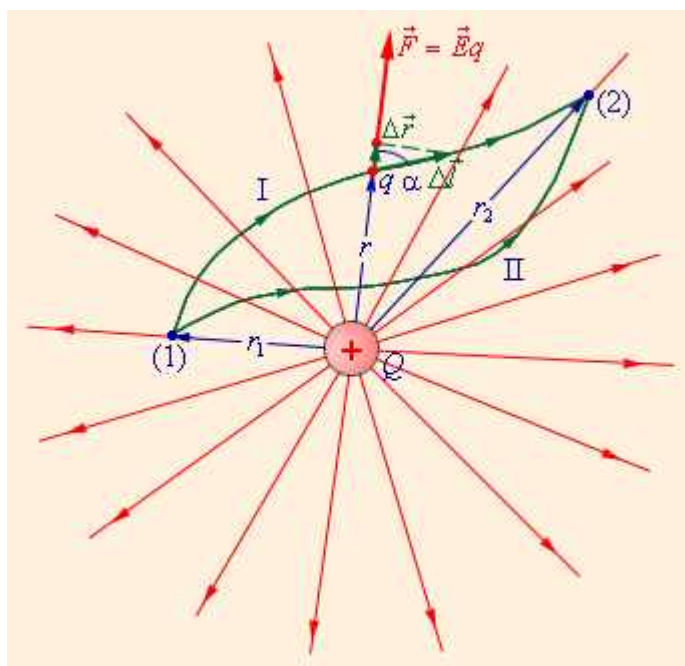


Рисунок 2. Работа кулоновских сил при перемещении заряда q зависит только от расстояний r_1 и r_2 начальной и конечной точек траектории

Полученный результат не зависит от формы траектории. На траекториях I и II, изображенных на рис.2, работы кулоновских сил одинаковы. Если на одной из траекторий изменить направление перемещения заряда q на противоположное, то работа изменит знак. Отсюда следует, что на замкнутой траектории работа кулоновских сил равна нулю.

Свойство потенциальности электростатического поля позволяет ввести понятие потенциальной энергии заряда в электрическом поле. Для этого в пространстве выбирается некоторая точка (0), и потенциальная энергия заряда q , помещенного в эту точку, принимается равной нулю.

Потенциальная энергия заряда q , помещенного в любую точку (1) пространства, относительно фиксированной точки (0) равна работе A_{10} , которую совершит электростатическое поле при перемещении заряда q из точки (1) в точку (0):

$$W_{p1} = A_{10}.$$

Потенциальная энергия заряда q , помещенного в электростатическое поле, пропорциональна величине этого заряда.

Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют потенциалом φ электрического поля:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}.$$

$$\varphi = Er$$

В системе СИ $[\varphi] = 1\text{В}$ (вольт)

Разность потенциалов

Т.к. потенциальная энергия $E_p = q\varphi$, то работа равна:

$$A = -(\Pi_1 - \Pi_2) = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

где U – разность потенциалов. Т.е. разность значений потенциала в начальной и конечной точках траектории.

Разность потенциалов называют напряжением.

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A}{q}.$$

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду.

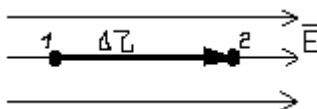
Разность потенциалов между двумя точками равна единице, если при перемещении заряда в 1 Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в 1 Дж. Эту единицу называю вольт (В).

В системе СИ $[\varphi] = 1\text{В}$ (вольт).

Связь между напряжением и напряженностью однородного электростатического поля

Пусть заряд q перемещается в направлении напряженности однородного электрического поля E из одной точки 1 в другую 2, находящуюся на расстоянии Δr от точки 1 (рисунок). Электрическое поле совершает работу:

$$A = qE\Delta r$$



Эту работу согласно формуле $U = (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A}{q}$ можно выразить через разность потенциалов в точках 1 и 2:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

Приравнявая выражения для работы, найдем модуль вектора напряженности поля:

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

Формула показывает, что чем меньше меняется потенциал на расстоянии, тем меньше напряженность электростатического поля; если потенциал не меняется совсем, то напряженность поля равна нулю.

Т.к. при перемещении положительного заряда в направлении напряженности E электростатическое поле совершает положительную работу, то потенциал $\varphi_1 > \varphi_2$. Следовательно, напряженность электрического поля направлена в сторону убывания потенциала.

Единица измерения в СИ $[E] = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

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

Поверхность, во всех точках которой потенциал электрического поля имеет одинаковые значения, называется эквипотенциальной поверхностью или поверхностью равного потенциала.

Силовые линии электростатического поля всегда перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

Эквипотенциальные поверхности кулоновского поля точечного заряда – концентрические сферы. На рис.3 представлены картины силовых линий и эквипотенциальных поверхностей некоторых простых электростатических полей.

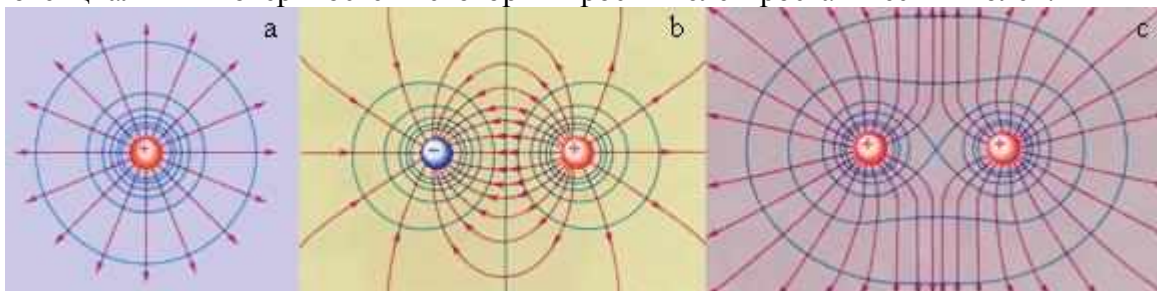
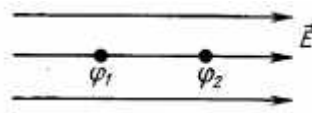
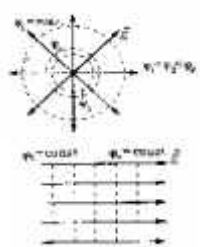
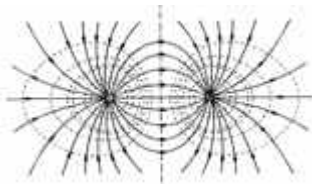
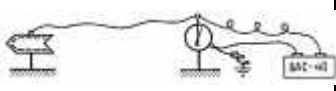
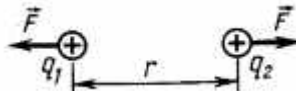
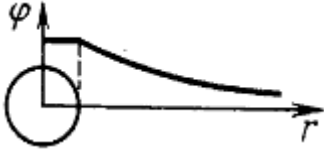


Рисунок 3. Эквипотенциальные поверхности (синие линии) и силовые линии (красные линии) простых электрических полей: а – точечный заряд; б – электрический диполь; с – два равных положительных заряда

Связь между напряжением и напряженностью

Связь между напряженностью и напряжением.	
$A = qE\Delta d$ <p>Из доказанного выше: $A = -q\Delta\varphi = qU \rightarrow E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta d} = \frac{U}{\Delta d}$</p> <p>напряженность равна градиенту потенциала (скорости изменения потенциала вдоль направления d).</p>	$E = \frac{U}{\Delta d}$
<p>Из этого соотношения видно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вектор напряженности направлен в сторону уменьшения потенциала. 2. Электрическое поле существует, если существует разность потенциалов. 3. Единица напряженности: $[E] = \frac{В}{м}$ - Напряженность поля равна 1 В/м, если между двумя точками поля, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга существует разность потенциалов 1 В. 	 $[E] = \frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$
<p>Эквипотенциальные поверхности.</p> <p>ЭПП - поверхности равного потенциала.</p> <p>Свойства ЭПП:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа при перемещении заряда вдоль эквипотенциальной поверхности не совершается; - вектор напряженности перпендикулярен к ЭПП в каждой ее точке. 	
	
<p>Измерение электрического напряжения (разности потенциалов)</p> <p>Между стержнем и корпусом — электрическое поле. Измерение потенциала кондуктора Измерение напряжения на гальваническом элементе Электрометр дает большую точность, чем вольтметр.</p>	
<p>Потенциальная энергия взаимодействия зарядов.</p>	
$W = q_2 E r = k \frac{q_1 q_2}{r^2} r = k \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$	

<i>Потенциал поля точечного заряда</i>	
$\varphi = \frac{W}{q_2} = k \frac{q}{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$	
<p><i>Потенциал заряженного шара</i></p> <p>а) Внутри шара $E=0$, следовательно, потенциалы во всех точках внутри заряженного металлического шара одинаковы (!!!) и равны потенциалу на поверхности шара.</p> <p>б) Снаружи поле шара убывает обратно пропорционально расстоянию от центра шара, как и в случае точечного заряда.</p>	
<p><i>Перераспределение зарядов при контакте заряженных проводников.</i></p> <p><u><i>Переход зарядов происходит до тех пор, пока потенциалы контактирующих тел не станут равными.</i></u></p>	