

# Электростатическое поле. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля

Электрический потенциал

## ТЕМА: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

### ЛЕКЦИЯ: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ. ЗАКОН КУЛОНА.

Рассмотрение данной темы начинаем с понятия об основных формах материи: веществе и поле. Все вещества, как простые, так и сложные, состоят из молекул, а молекулы – из атомов. Молекула – мельчайшая частица вещества, которая сохраняет его химические свойства. Атом – мельчайшая частица химического элемента, которая сохраняет его свойства. Атом состоит из положительно заряженного ядра, в состав которого входят протоны и нейтроны (нуклоны), и отрицательно заряженных электронов, расположенных на оболочках вокруг ядра на различном расстоянии от него. Если говорят, что атом электрически нейтрален, это значит, что число электронов на оболочках равно числу протонов в ядре, т.к. нейтрон заряда не имеет. Электрический заряд – физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия. Заряд частицы обозначается  $q$  и измеряется в Кл (Кулон) в честь французского ученого Шарля Кулона. Элементарным (неделимым) зарядом обладает электрон, его заряд равен  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Заряд протона по модулю равен заряду электрона, т. е.  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, следовательно, бывают положительные и отрицательные электрические заряды. Причем, одноименные заряды отталкиваются, а разноименные – притягиваются. Если тело заряжено, это значит, что в нем преобладают заряды какого-то одного знака («+» или «-»), в электрически нейтральном теле число «+» и «-» зарядов равно. Заряд всегда связан с какой-то частицей. Существуют частицы, не имеющие электрического заряда (нейтрон), но не существует заряда без частицы.

С понятием электрического заряда неразрывно связано понятие электрического поля. Существует несколько видов полей:

- электростатическое поле – это электрическое поле неподвижных заряженных частиц;
- электрическое поле – это материя, которая окружает заряженные частицы, неразрывно с ними связана и оказывает силовое воздействие на электрически заряженное тело, внесенное в пространство, заполненное этим видом материи;
- магнитное поле – это материя, которая окружает любое движущееся заряженное тело;
- электромагнитное поле характеризуется двумя взаимосвязанными сторонами – составляющими: магнитным полем и электрическим, которые выявляются по силовому воздействию на заряженные частицы или тела.

Как определить, существует ли электрическое поле в данной точке пространства или нет? Мы не можем пощупать поле, увидеть его или понюхать. Для определения существования поля необходимо внести в любую точку пространства пробный (точечный) электрический заряд  $q_0$ .

Заряд называется точечным, если его линейные размеры весьма малы по сравнению с расстоянием до тех точек, в которых определяется его поле.

Пусть поле создается положительным зарядом  $q$ . Для определения величины поля этого заряда необходимо в любую точку пространства, окружающего этот заряд, внести пробный заряд  $q_0$ . Тогда со стороны электрического поля заряда  $+q$  на заряд  $q_0$  будет действовать некоторая сила.

Эту силу можно определить, используя закон Кулона: величина силы, с которой на каждый из двух точечных тел действует их общее электрическое поле, пропорциональна произведению зарядов этих тел, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и зависит от среды, в которой находятся эти тела:

$$F = q_1 \cdot q_2 / 4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2,$$

где  $1/4\pi\epsilon\epsilon_0 = k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ ;

$q_1, q_2$  – заряды частиц;

$r$  – расстояние между частицами;

3

$\epsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума (электрическая постоянная, равная:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ );

$\epsilon$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, показывающая во сколько раз в среде электрическое поле меньше, чем в вакууме.

Характеристики электрического поля:

1. силовая характеристика – напряженность ( $E$ ) – это векторная физическая величина, численно равная отношению силы, действующей на заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда:  $E = F/q$ ;  $[E] = [1 \text{ Н/Кл}] = [1 \text{ В/м}]$

Графически электрическое поле изображают с помощью силовых линий – это линии, касательные к которым в каждой точке пространства совпадают с направлением вектора напряженности.

Силовые линии электрического поля незамкнуты, они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных:



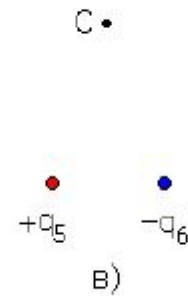
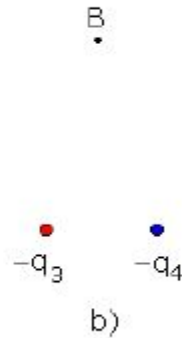
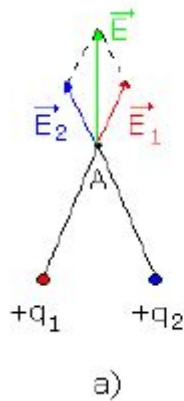
Пусть у нас имеются:

а) два положительных заряда  $q_1$  и  $q_2$ ;

б) два отрицательных заряда  $q_3$  и  $q_4$ ;

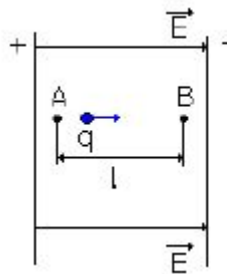
в) положительный заряд  $q_5$  и отрицательный заряд  $q_6$

Необходимо найти напряженность поля, созданного этими зарядами в некоторых точках пространства (А, В, С).



Принцип суперпозиции: если поле создано несколькими электрическими зарядами, то напряженность такого поля равна векторной (геометрической) сумме напряженностей полей отдельных зарядов:  $E_{\text{общ}} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$

Электрическое поле называется однородным, если вектор напряженности  $E$  одинаков по модулю и по направлению в любой точке поля, а силовые линии поля параллельны между собой и находятся на одинаковом расстоянии друг от друга.



Пусть у нас имеется однородное электрическое поле, например, поле между обкладками плоского конденсатора, в котором положительный точечный заряд  $q$  перемещается под действием силы со стороны этого поля из точки А в точку В на расстояние  $l$ .

При этом электрическое поле будет совершать работу, равную:

$A = Fl$ , где  $F = Eq$ , т.е.  $A = Eql$  - работа поля по перемещению электрического заряда  $q$  из одной точки поля в другую.

Величина, равная отношению работы по перемещению точечного положительного заряда между двумя точками поля к величине этого заряда, называется электрическим напряжением между указанными точками:  $U = A/q = Eql/q = E \cdot l$  [U] = [1 Дж/Кл] = [1 В].

Работа электрического поля не зависит от формы траектории, следовательно, она равна изменению потенциальной энергии, взятой с обратным знаком:  $A = -\Delta E_{\text{пот}} = -\Delta E_p$ . На замкнутой траектории работа поля равна нулю.

Потенциальная энергия всегда связана с выбором нулевого (начального) уровня, однако, в данном случае выбор нулевого уровня относителен. Физический смысл имеет не сама потенциальная энергия, а ее изменение, т.к. именно за счет изменения потенциальной энергии совершается работа. И чем больше ее изменение, тем больше работа поля.

**энергетическая характеристика** – потенциал  $\phi$  - это скалярная физическая величина, равная отношению потенциальной энергии заряда, необходимой для его перемещения из одной точки поля в другую, к величине этого заряда:  $\phi = \Delta E_p / q$ .  $[\phi] = [1 \text{ Дж/Кл}] = [1 \text{ В}]$ .

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$  – изменение потенциала;

$U = \phi_1 - \phi_2$  - разность потенциалов (напряжение)