

Х. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электростатикой называется раздел электродинамики, в котором рассматриваются свойства и взаимодействия неподвижных электрически заряженных тел или частиц.

♦ **Точечный заряд** – заряженное тело, размер которого мал по сравнению с расстоянием, на котором оценивается его действие.

1. Электризация тел

♦ **Электризация** – процесс сообщения телу электрического заряда, т. е. нарушение его электрической нейтральности. Процесс электризации представляет собой перенесение с одного тела на другое электронов или ионов.

1. Способы электризации

а) **трением**, – например, электризация эбонитовой палочки при трении о мех.

б) **через влияние (электростатическая индукция)** – тело остается электрически нейтральным, электрические заряды внутри него перераспределяются так, что разные части тела приобретают разные по знаку заряды;

в) **при соприкосновении заряженного и незаряженного тела** – заряд при этом распределяется между этими телами пропорционально их размерам. Если размеры тел одинаковы, то заряд распределяется между ними поровну;

г) **при ударе**;

д) **под действием излучения** – под действием света с поверхности проводника могут вырываться электроны, при этом проводник приобретает положительный заряд.

2. Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность тела участвовать в электромагнитных взаимодействиях. Обозначение – q , единица измерения в СИ – кулон (Кл).

Существуют два вида электрических зарядов: положительный и отрицательный. Наименьший отрицательный заряд имеет электрон

$$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

Одноименные электрические заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются.

3. Закон сохранения электрического заряда

В любой замкнутой (электрически изолированной) системе сумма электрических зарядов остается постоянной при любых взаимодействиях внутри нее.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_N = \text{const}.$$

4. Закон Кулона

Закон Кулона формулируется так: сила F взаимодействия двух точечных неподвижных электрических зарядов в вакууме прямо пропорциональна их модулям $|q_1|$ и $|q_2|$ и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними r :

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

$$\text{где } k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}, \text{ а}$$

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

Сила Кулона направлена вдоль прямой, соединяющей взаимодействующие заряды. Значение силы Кулона зависит от среды, в которой они находятся. В этом случае формула закона:

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon \cdot r^2},$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды.

5. Действие электрического поля на электрические заряды

а) **Электрическое поле** – это особая форма материи, которую создают заряженные тела и с помощью которой они взаимодействуют.

б) Свойства электрического поля:

- оно материально;
- создается зарядом;
- обнаруживается по действию на заряд;
- непрерывно распределено в пространстве;
- ослабевает с увеличением расстояния от заряда.

б) Напряженность электрического поля

а) **Напряженность** – векторная характеристика поля, которая численно равна удельной силе (силе, действующей на единичный пробный заряд). Величина вектора напряженности вычисляется по формуле:

$$E = \frac{F}{q_{\text{проб}}}.$$

Единицы измерения напряженности $\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

б) **Величина силы, действующая на заряд** в эл. поле, вычисляется по формуле:

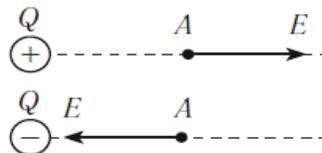
$$F = q \cdot E.$$

в) **Напряженность поля точечного заряда** в среде вычисляется по формуле:

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

где ϵ – диэлектрическая проницаемость сред, q – величина заряда, создающего поле.

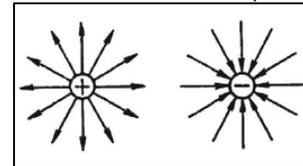
г) **Направление вектора напряженности** в данной точке совпадает с направлением силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в эту точку, т.е.:



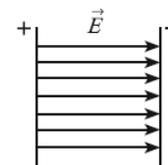
7. Линии вектора напряженности

а) **Линией напряженности электрического поля** называется линия, касательная к которой в каждой точке направлена вдоль вектора напряженности.

б) Линии напряженности электростатического поля начинаются на положительных электрических зарядах и заканчиваются на отрицательных электрических зарядах или уходят в бесконечность от положительного заряда и приходят из бесконечности к отрицательному заряду, т.е.:



в) **Однородное поле**. Поле, в котором напряженность одинакова по модулю и направлению в любой точке, называется однородным электрическим полем. Однородным можно считать электрическое поле между двумя разноименно заряженными металлическими пластинами. Линии напряженности в однородном электрическом поле параллельны друг другу.

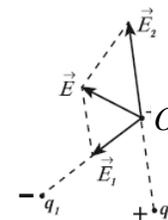


8. Принцип суперпозиции электрических полей

Напряженность электрического поля системы N зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых каждым из них в отдельности, т.е.:

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

Электрические поля от разных источников существуют в одной точке пространства и действуют на заряд независимо друг от друга.



Х. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов

а) **Потенциальная энергия** точечных зарядов, находящихся в среде, вычисляется по формуле:

$$W_p = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot r}$$

б) **Потенциал** – скалярная физическая величина, равная отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, т.е.

$$\varphi = \frac{W_p}{q_{проб}}$$

Обозначение – φ , единица измерения в СИ – вольт (В).

в) **Разность потенциалов** численно равна работе, которую совершает электрическая сила при перемещении единичного положительного заряда между двумя точками поля:

$$\Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A}{q}$$

Иногда разность потенциалов обозначают буквой U и называют **напряжением**. Тогда работа электростатического поля равна:

$$A = q \cdot \Delta\varphi = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = q \cdot U$$

г) **Потенциал поля точечного заряда** q в точке, удаленной от него на расстояние r , вычисляется по формуле:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{\epsilon \cdot r}$$

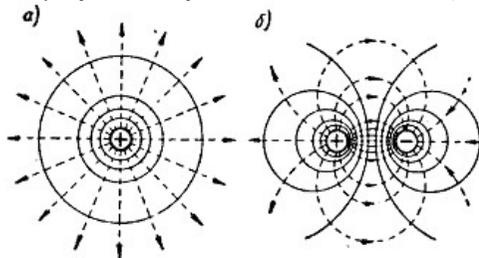
д) **Потенциальная энергия точечного заряда** в электрическом поле вычисляется по формуле:

$$W = q \cdot \varphi$$

е) **Эквипотенциальной поверхностью**, или **поверхностью равного потенциала**, называется поверхность, во всех точках которой потенциал имеет одинаковое значение.

Свойства эквипотенциальных поверхностей:

- Вектор напряженности перпендикулярен эквипотенциальным поверхностям и направлен в сторону убывания потенциала.



- Работа по перемещению заряда по эквипотенциальной поверхности равна нулю.

ж) Разность потенциалов и напряженность связаны формулой:

$$\Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) = |\vec{E}| \cdot |\vec{d}| \cdot \cos \alpha$$

где α – угол между вектором напряженности \vec{E} и вектором \vec{d} , направленным из начальной точки 1 в конечную точку 2.

10. Закон сохранения механической энергии заряда в электрическом поле.

Сила Кулона – консервативная сила, следовательно механическая энергия заряда, движущегося в поле этой силы, будет сохраняться, т.е.:

$$\frac{m \cdot V_1^2}{2} + q \cdot \varphi_1 = \frac{m \cdot V_2^2}{2} + q \cdot \varphi_2$$

11. Принцип суперпозиции полей

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

Потенциал результирующего поля равен сумме потенциалов полей отдельных зарядов.

10. Проводники в электрическом поле

♦ **Проводниками** называют вещества, в которых имеются свободные носители зарядов. Например, в металлических проводниках – это свободные электроны.

а) В электрическом поле эти электроны создают внутри проводника внутреннее электрическое поле, вектор напряженности которого направлен противоположно вектору напряженности внешнего поля, в результате чего **напряженность результирующего поля в любой точке внутри проводника равна нулю**.

б) Явление перераспределения зарядов во внешнем электростатическом поле называется **электростатической индукцией**.

Важно! Во всех точках поверхности проводника вектор напряженности направлен перпендикулярно к его поверхности. Поверхность проводника является эквипотенциальной (потенциалы всех точек поверхности проводника равны).

11. Диэлектрики в электрическом поле

♦ **Диэлектриками** называют вещества, не проводящие электрический ток. В диэлектриках нет свободных зарядов, все заряды связаны.

♦ **Поляризация диэлектрика** – процесс смещения в противоположные стороны разноименных связанных зарядов, входящих в состав атомов и молекул вещества в электрическом поле.

Внутри диэлектрика суммарный заряд равен нулю, а на поверхностях заряды не скомпенсированы и создают внутри диэлектрика поле, вектор напряженности которого направлен противоположно вектору напряженности внешнего поля. Это значит, что внутри диэлектрика поле имеет в ϵ меньшую напряженность, чем в вакууме.

12. Электрическая емкость. Конденсатор

а) **Конденсатор** – это система из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.

б) **Проводники называют обкладками конденсатора**. Заряды обкладок конденсатора равны по величине и противоположны по знаку заряда. Электрическое поле сосредоточено между обкладками конденсатора. Обозначение емкости – C , единица измерения в СИ – фарад (Ф).

б) **Емкость конденсатора** рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}$$

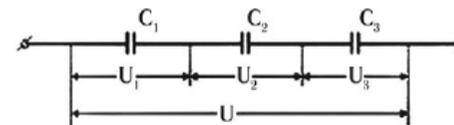
где q – модуль заряда одной из обкладок, U – разность потенциалов между обкладками.

в) **Емкость плоского конденсатора** равна:

$$C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$

где S – площадь обкладок, d – расстояние между ними.

13. Последовательное соединение конденсаторов

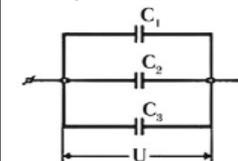


$$q = q_1 = q_2 = q_3,$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3,$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

14. Параллельное соединение конденсаторов



$$q = q_1 + q_2 + q_3,$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3,$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

15. Энергия электр. поля конденсатора

$$W = \frac{q \cdot U}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C} = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

