

# 1 ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

## 1.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЫ. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ

**1.1.001.** Электрический заряд – источник одной из форм электромагнитного поля, связанный с материальным носителем.

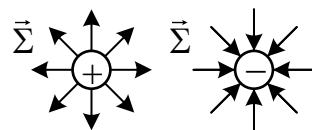
**1.1.002.** Электромагнитное поле – особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между зарядами.

**1.1.003.** Электрический заряд  $q$  – физическая величина, определяющая электромагнитное взаимодействие:  $[q] = 1$  Кл.

**1.1.004.** Количественной силовой характеристикой действия электромагнитного поля на заряды является вектор  $\vec{\Sigma}$  напряженности электрического поля. Напряженность электрического поля в данной его точке равна отношению силы  $F$ , действующей со стороны поля на точечный пробный заряд, помещенный в рассматриваемую точку поля, к величине  $q'$  этого заряда:

$$\vec{\Sigma} = \frac{\vec{F}}{q'} \quad (\Phi.1.1.001)$$

**1.1.005.** Существуют два рода электрических зарядов – положительные и отрицательные. Разноименные заряды притягиваются, а одноименные – отталкиваются.



Р.1.1.001

**1.1.006.** Напряженность – силовая характеристика поля, а не заряда. Например, напряженность электростатического поля точечного заряда  $q$  в точке, удаленной от него на расстоянии  $r$ , определяется выражением

$$\vec{\Sigma} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^3} \vec{r}, \quad (\Phi.1.1.002)$$

где  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/(Н·м<sup>2</sup>) – электрическая постоянная,

$\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды

$\epsilon\epsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды

**1.1.007.** Принцип суперпозиции полей: напряженность электрического поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых каждым из зарядов в отдельности:

$$\vec{\Sigma} = \sum_{k=1}^n \vec{\Sigma}_k, \quad (\Phi.1.1.003)$$

**1.1.008.** Закон Кулона: сила взаимодействия  $F_{12}$  между зарядами  $q_1$  и  $q_2$  прямо пропорциональна произведению и обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  между ними:

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (\Phi.1.1.004)$$

**1.1.009.** Закон сохранения заряда: алгебраическая сумма зарядов тел или частиц, образующих электрически изолированную систему, не изменяется при любых процессах, происходящих в этой системе.

## 1.2 ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ. НАПРЯЖЕНИЕ

**1.2.001.** Пусть  $|+q_0| = 9$  нКл. Точки 1, 2, 3 удалены от заряда  $q_0$  на расстояние  $r = 1$  м.

При перемещении зарядов

$$|+q_1| = 0,1 \text{ нКл,}$$

$$|-q_2| = 0,2 \text{ нКл,}$$

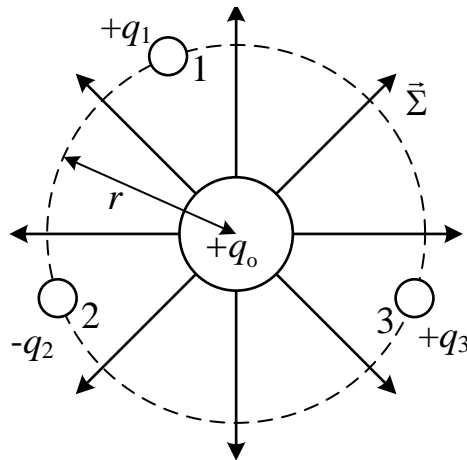
$$|+q_3| = 0,3 \text{ нКл}$$

из бесконечно удаленной точки в точки 1, 2, 3 им сообщается потенциальная энергия

$$W_1 = 0,9 \text{ нДж,}$$

$$W_2 = 1,8 \text{ нДж,}$$

$$W_3 = 2,7 \text{ нДж.}$$



Р.1.2.001

Но отношение  $\frac{W_1}{|q_1|} = \frac{W_2}{|q_2|} = \frac{W_3}{|q_3|} = \varphi$ , (Ф.1.2.001)

остаётся постоянным для данной точки поля и называется **потенциалом**

**1.2.002.** Т. о. потенциал электростатического поля  $\varphi$  –

---



---



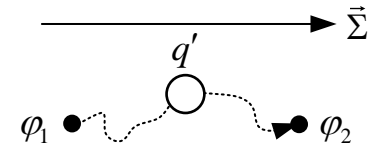
---


$$(Ф.1.2.002)$$

**1.2.003.** Потенциал – это характеристика поля, а не помещаемого в него заряда. Например, потенциал электростатического поля, создаваемого одним точечным зарядом  $q$  в однородном и изотропном диэлектрике с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  на расстоянии  $r$  от него определяется выражением:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}. \quad (Ф.1.2.003)$$

**1.2.004.** При перемещении заряда  $q'$  из точки поля с потенциалом  $\varphi_1$  в точку поля с потенциалом  $\varphi_2$  (Р.1.2.002) совершается работа  $A_{12}$ , определяемая выражением:



Р.1.2.002

$$(Ф.1.2.004)$$

величина которой не зависит ни от формы траектории пути, ни от ее длины.

**1.2.005.** Отношение работы  $A$ , совершаемой любым электрическим полем при перемещении положительного заряда  $q$  из одной точки поля в другую, к значению заряда называется **напряжением**  $U$  между этими точками:

$$(Ф.1.2.005)$$

**1.2.006.** Из (Ф.1.2.005) для случая на рисунке Р.1.2.002 справедливо:

$$(Ф.1.2.006) \quad 4$$

### 1.3 ВЕЩЕСТВО В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

**1.3.001.** По электрическим свойствам все материалы можно **условно** разделить на проводники и диэлектрики (изоляторы)

В проводниках существуют **свободные носители заряда**, которые под действием внешнего электрического поля могут перемещаться по всему объему тела.

При не слишком высоких температурах и в условиях, когда диэлектрики не подвержены действию очень сильных электрических полей в них, в отличие от проводников, **отсутствуют свободные носители заряда**.

**1.3.002.** Проводники первого рода –

---

---

---

**Проводники второго рода –**

---

---

---

**1.3.003.** Свободными носителями заряда являются:

в металлах      в электролитах      в газах

### 2 ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

#### 2.1 ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОКЕ

**2.1.001.** Электрический ток (ток) –

---

---

**2.1.002.** Сила электрического тока (сила тока, ток) –

---

---

---

этого промежутка:

(Ф.2.1.001)

**2.1.003.** Постоянный электрический ток –

---

---

---

(Ф.2.1.002)

---

---

**2.1.004.** За направление тока принято

---



Р.2.1.001

## 2.2 СТОРОННИЕ СИЛЫ

**2.2.001.** В металлическом проводнике имеется электростатическое поле, которое создается электронами и положительными ионами кристаллической решетки – поле кулоновских сил. Кулоновское взаимодействие между зарядами приводит к тому, что электрическое поле внутри проводника равно нулю. Поэтому

---

---

**2.2.002.** Сторонние силы –

---

---

---

---

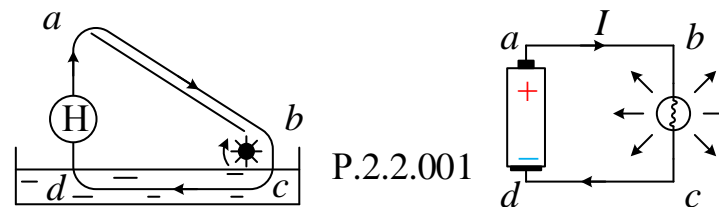
Сторонние силы вызывают **разъединение разноименных зарядов** и **поддерживают разность потенциалов** на концах проводника. Они являются причиной неэлектростатического электрического поля, существующего в проводнике и обеспечивающего упорядоченное движение зарядов

---

Стационарное электрическое поле сторонних сил создается источниками электрической энергии.

**2.2.002.** Источники электрической энергии –

---



Р.2.2.001

Из  $a$  в  $b$  и из  $b$  в  $c$  жидкость движется под действием гравитационных сил. По пути из  $b$  в  $c$  жидкость совершает работу. Из  $d$  в  $a$  жидкость движется под действием «сторонних» (по отношению к гравитационным) сил.

Из  $a$  в  $b$ , из  $b$  в  $c$  и из  $c$  в  $d$  заряды движутся под действием кулоновских сил. По пути из  $b$  в  $c$  ток совершает работу. Из  $d$  в  $a$  заряды движутся под действием «сторонних» (по отношению к кулоновским) сил.

Насос обеспечивает создание между точками  $d$  и  $a$  постоянной разности гидростатического давления. За счет энергии, которая «затрачивается в насосе», совершается работа по сообщению жидкости потенциальной энергии.

Источник обеспечивает создание между точками  $d$  и  $a$  постоянной разности потенциалов. За счет энергии, которая затрачивается в источнике, сторонние силы совершают работу  $A_{ст}$ , необходимую для упорядоченного движения зарядов.

### 2.2.003. Электродвижущая сила (ЭДС) $E$ –

(Ф.2.2.001)

ЭДС – одна из характеристик **любого** источника электрической энергии

## 2.3 ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

2.3.001. Из рисунка Р.2.2.001 можно определить следующие условия существования электрического тока:

2.3.002. **Электрическая цепь** – это совокупность устройств, предназначенных для передачи, распределения, взаимного преобразования электрической (электромагнитной) и других видов энергии и информации, если процессы, протекающие в этих устройствах, могут быть описаны при помощи понятий об ЭДС, токе и напряжении.

2.3.003. **Основные элементы цепи** – источники и приемники (потребители) электрической энергии (и информации), соединенные проводниками.

### 2.3.004. Приемники энергии –

2.3.005. Рассчитать цепь – определить токи и их направления во всех участках и напряжения на их концах.

2.3.006. **Электрическая схема** – изображение электрической цепи с помощью условных знаков – условных графических обозначений (УГО)

2.3.007. **Вольтамперная характеристика (ВАХ)** –