

## ЗАДАЧИ

- Во время грозы между облаками возникает напряжённость поля  $E = 3 \cdot 10^6$  Н/Кл. Найдите изменение кинетической энергии электрона под действием электростатического поля на расстоянии  $l = 3 \cdot 10^{-9}$  м. [1,44 · 10<sup>-21</sup> Дж]
- Электростатическое поле создаётся двумя бесконечными параллельными пластинами, равномерно заряженными разноимёнными зарядами с поверхностной плотностью  $-\sigma$  и  $+\sigma$ . Расстояние между пластинами  $d$ . Какую работу совершает электростатическое поле над электроном при его перемещении из точки  $A$  в точку  $B$ ? Какую скорость приобретает в точке  $B$  электрон, если в точке  $A$  он покоился? [ $\frac{e\sigma d}{\epsilon_0}$ ;  $\sqrt{\frac{2e\sigma d}{m_e \epsilon_0}}$ ]
- Какая работа совершается электростатическим полем протона атома водорода над электроном, вращающимся вокруг протона по круговой орбите радиусом  $5,3 \cdot 10^{-11}$  м?
- Система, состоящая из двух положительных точечных зарядов, обладает потенциальной энергией  $W_1 = 6 \cdot 10^{-4}$  Дж. Какой потенциальной энергией будет обладать эта система зарядов, если расстояние между ними будет втрое больше первоначально-го? Какую работу совершат силы электростатического поля при удалении зарядов друг от друга на расстояние, втрое большее первоначального? [2 · 10<sup>-4</sup> Дж; 4 · 10<sup>-4</sup> Дж]
- Точечный заряд  $q = 1$  мкКл перемещается в поле отрицательного заряда  $Q$  по некоторой траектории. Первоначальное расстояние между зарядами  $r_1 = 5$  см, конечное  $r_2 = 9$  см. Работа, совершаемая силой электростатического поля над зарядом  $q$ , равна  $-0,4$  Дж. Найдите заряд  $Q$ . [5 мкКл]

## § 85. Потенциал электростатического поля

**Потенциал** — энергетическая характеристика поля. Мы уже говорили о том, что для характеристики электрических полей необходимо ввести какие-то физические величины, с помощью которых можно поля изучать, сравнивать. Ранее была определена силовая характеристика поля — напряжённость. Подобно напряжённости, характеризующей силу, действующую на единичный положительный заряд, вводится скалярная величина, характеризующая потенциальную энергию единичного положительного заряда, — *потенциал*.

Потенциальная энергия пробного заряда  $q_0$ , находящегося в электростатическом поле заряда  $Q$ , пропорциональна произведению модулей этих зарядов. Очевидно, что энергетическая характеристика поля, созданного зарядом  $Q$ , не должна зависеть от значения пробного заряда, внесённого в это поле. Из формул (235), (236) видно, что от величины пробного заряда не зависит отношение потенциальной энергии к заряду  $q_0$ .

Потенциал электростатического поля в данной точке — скалярная физическая величина, равная отношению потенциальной энергии, которой обладает пробный положительный заряд, помещённый в данную точку поля, к значению этого заряда:

$$\varphi = \frac{W_{q_0}}{q_0}. \quad (237)$$

Пробный заряд должен быть достаточно малым, чтобы не перераспределять заряды, создающие поле.

Единицей потенциала является *вольт* (В):

$$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл.}$$

*Вольт равен потенциалу точки поля, в которой заряд 1 Кл обладает потенциальной энергией 1 Дж.*

Зная потенциал, с помощью формулы (237) легко найти потенциальную энергию заряда  $q$ :

$$W_q = q\varphi.$$

Выражение для потенциала электростатического поля, созданного точечным зарядом  $+Q$  (см. (235), (236)), имеет вид

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (238)$$

(Потенциал электростатического поля вне заряженной сферы определяется такой же формулой.)

**Эквипотенциальные поверхности.** На одинаковом расстоянии  $r$  от заряда  $Q$ , т. е. на поверхности сферы радиусом  $r$ , потенциал одинаков.

**Эквипотенциальная поверхность** — поверхность, во всех точках которой потенциал имеет одно и то же значение.

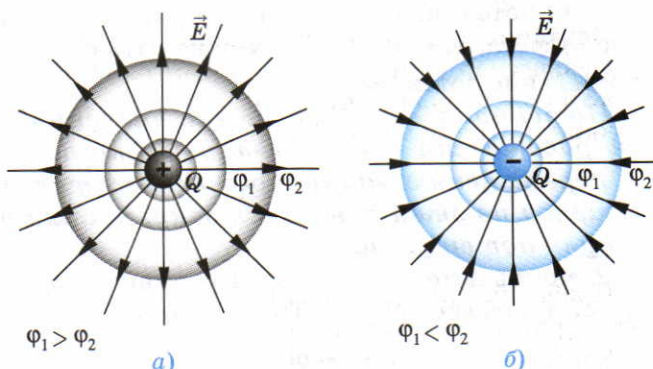
Для точечного заряда эквипотенциальными поверхностями являются сферы, в центре которых расположен заряд (рис. 310).

*При удалении от положительного заряда  $+Q$  потенциал уменьшается, а при удалении от отрицательного заряда  $-Q$  потенциал возрастает.*

*Линии напряжённости электростатического поля перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены от поверхности с большим потенциалом к поверхности с меньшим.*

## 310

Эквипотенциальные поверхности и линии напряжённости для положительного и отрицательного точечных зарядов



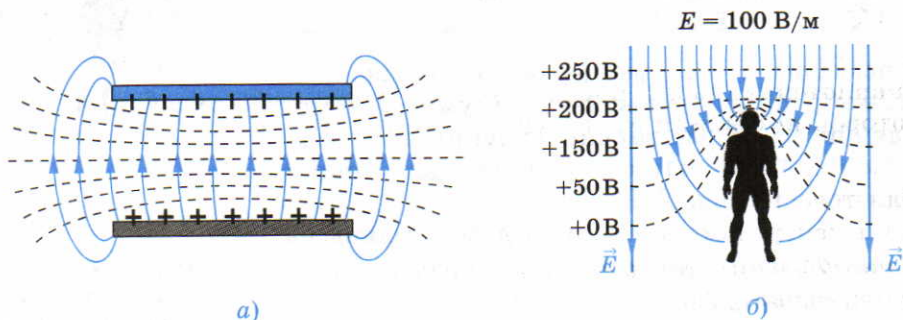
На рисунке 311 показаны эквипотенциальные поверхности и линии напряжённости параллельных, разноимённо заряженных пластин и электрического поля вблизи Земли.

**Разность потенциалов.** Найдем работу, совершаемую силами электростатического поля при перемещении заряда  $q$  из точки 1 в точку 2. Подставляя в формулу работы выражение для потенциальной энергии, получаем:

$$A_q = q(\varphi_1 - \varphi_2), \quad (239)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  — потенциал в точках 1 и 2.

*Работа силы электростатического поля равна произведению модуля перемещаемого заряда и разности потенциалов в начальной и конечной точках.*



## 311

Эквипотенциальные поверхности:

- a) линии напряжённости и эквипотенциали параллельных пластин;  
 б) эквипотенциали и линии напряжённости вблизи Земли

Если потенциал конечной точки принят за начало отсчёта, т. е.  $\varphi_2 = 0$ , то можно дать ещё одно определение потенциала.

*Потенциал в данной точке численно равен работе сил электростатического поля по перемещению единичного положительного заряда из этой точки в точку, принятую за нуль потенциала.*

Разность потенциалов называют также *напряжением* и обозначают  $U$ . Тогда работа

$$A_q = qU.$$

Следовательно, 1 В — *разность потенциалов между двумя точками электростатического поля, при перемещении между которыми заряда 1 Кл поле совершает работу 1 Дж*. Работа по перемещению единичного положительного заряда между двумя точками численно равна разности потенциалов между этими точками.

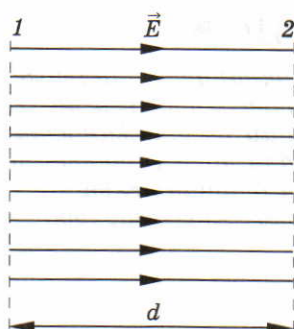
**Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками численно равна работе сил электростатического поля при перемещении единичного положительного заряда из начальной точки в конечную.**

С помощью последних выражений можно найти разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстоянии  $d$  друг от друга в однородном электростатическом поле вдоль линии напряжённости (рис. 312):

$A_{+1} = F_{+1}d$ , где  $F_{+1}$  — сила, действующая на единичный положительный заряд, численно равная  $E$ . Следовательно,

$$U = Ed. \quad (240)$$

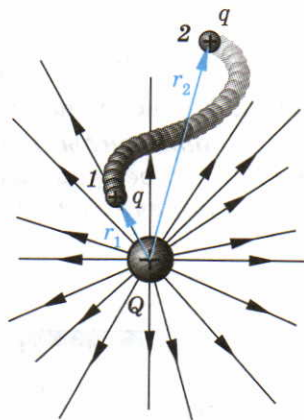
Из формулы (240) следует, что единица напряжённости поля — *вольт на метр (В/м)*.



$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = Ed$$

### ▲ 312

*Разность потенциалов в однородном поле*



### ▲ 313

*Потенциальность электростатических сил. Разность потенциалов не зависит от формы траектории заряда между точками 1 и 2*