

# ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

## Основные формулы и законы

1 Сила тока

$$I = \frac{dq}{dt}; \quad I = \frac{q}{t}$$

2 Плотность тока

$$j = \frac{dI}{dS}, \quad \vec{j} = nq\vec{v}$$

3 Закон Ома:

а) для однородного участка цепи

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$$

б) для неоднородного участка цепи

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon}{R}$$

в) для замкнутой (полной) цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

4 Сопротивление однородного проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

5 Сопротивление системы проводников:

а) при последовательном соединении

$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

б) при параллельном соединении

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

6 Работа электрического тока

$$A = I U t = I^2 R t = \frac{U^2 t}{R}$$

7 Мощность электрического тока

$$N = I U = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

8 Закон Джоуля - Ленца

$$Q = I^2 R t$$

## Примеры решения задач

**Задача 1.** На нити подвешен шарик массой 9,8г, которому сообщили заряд 1мкКл. Когда к нему поднесли снизу заряженный таким же зарядом шарик, сила натяжения нити уменьшилась в четыре раза. Определить расстояние между центрами шариков.

Решение.

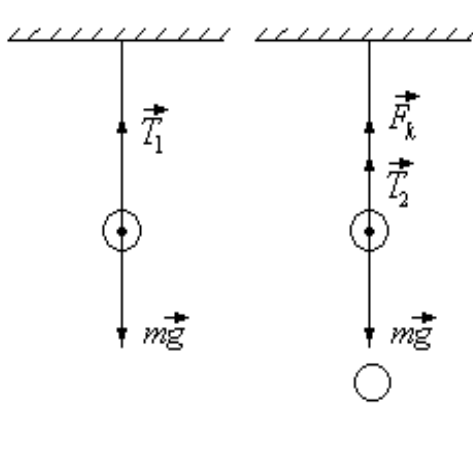
$$m=9,8 \text{ г} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q_1 = q_2 = q = 1 \text{ мкКл} = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{4}$$


---


$$r = ?$$



В первом случае на шарик действуют сила тяжести  $mg$  и сила натяжения нити  $T_1$ . Условие равновесия шарика  $mg - T_1 = 0$  или  $T_1 = mg$ .

Во втором случае на шарик, подвешенный на нити, действуют сила тяжести  $mg$ , сила натяжения  $T_2$  и сила кулоновского отталкивания  $F_k$  со стороны второго шарика. В этом случае условие равновесия шарика имеет вид:

$$mg - T_2 - F_k = 0.$$

Откуда  $F_k = mg - T_2 = mg - \frac{T_1}{4} = mg - \frac{mg}{4} = \frac{3}{4} mg$ . Учитывая, что  $F_k = k \frac{q^2}{r^2}$ ,

запишем  $k \frac{q^2}{r^2} = \frac{3}{4} mg$ . Найдём  $r = 2q \sqrt{\frac{k}{3mg}}$ .

Анализ единиц:

$$[r^2] = \frac{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}}{\text{Ф} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2} = \frac{\text{Кл}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{В} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Н}} = \text{м}^2$$

$$[r] = \text{м}$$

Вычисления:

$$r = 2 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{3 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}} = 2 \cdot 10^{-6} \frac{10^6}{9,8} \sqrt{3} = 0,35 \text{ м.}$$

Ответ:  $r = 0,35 \text{ м.}$

**Задача 2.** На расстоянии 4мм от прямой проволоки длиной 150 см, на которой равномерно распределен заряд  $2 \cdot 10^{-7}$  Кл, находится пылинка с зарядом  $1,67 \cdot 10^{-16}$  Кл. Определить силу, действующую на пылинку.

Решение.

$$\begin{aligned} d &= 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ l &= 150 \text{ см} = 1,50 \text{ м} \\ q &= 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \\ q_1 &= 1,67 \cdot 10^{-16} \text{ Кл} \end{aligned}$$

$F$ -?

На пылинку со стороны заряженной проволоки действует электростатическая сила притяжения  $F_3 = q_1 E$ , где  $E$  - напряжённость поля заряженной проволоки (нити)  $E = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0 d}$ . Линейная плотность заряда  $\tau = \frac{q}{l}$

Тогда

$$E = \frac{q}{2\pi \epsilon_0 d l}; \quad F_3 = q_1 \frac{q}{2\pi \epsilon_0 d l}.$$

Анализ единиц:

$$[F_3] = \frac{\frac{\text{Кл}^2}{\text{м} \cdot \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot \text{м}}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{Кл}^2 \cdot \text{В}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}} = \text{Н}.$$

$$\text{Вычисления: } F_3 = \frac{1,67 \cdot 10^{-16} \cdot 2 \cdot 10^{-7}}{1,5 \cdot 6,28 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 10^{-10} \text{ Н}.$$

Ответ:  $F_3 = 10^{-10} \text{ Н}$ .

**Задача 3.** Полый шар равномерно заряжен. В центре шара потенциал равен 120В, а в точке на расстоянии 36 см от центра потенциал равен 20В. Каков радиус шара?

Решение.

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 120 \text{ В} \\ \varphi_2 &= 20 \text{ В} \\ r &= 36 \text{ см} = 0,36 \text{ м} \\ R &=? \end{aligned}$$

Потенциал электрического поля на поверхности сферы

$$\varphi_1 = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q}{R} = k \frac{q}{R} \quad (1)$$

На расстоянии  $r$  от центра сферы

$$\varphi_2 = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = k \frac{q}{r} \quad (2)$$

Разделим почленно уравнения (1) и (2)

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{r}{R} \quad \text{откуда} \quad R = \frac{r \cdot \varphi_2}{\varphi_1}$$

Очевидно, что  $[R] = \text{м}$ . Вычисления:  $R = \frac{0,36 \cdot 20}{120} = 0,06 \text{ м} = 6 \text{ см}$ .

Ответ:  $R = 6 \text{ см}$ .

**Задача 4.** Шарик массой 1г, которому сообщили заряд 0,15мкКл, брошен издалека со скоростью 1м/с в сферу, заряженную зарядом 0,30мкКл. При каком минимальном значении радиуса сферы шарик достигнет поверхности?

Решение.

|  |  |
|--|--|
| $m=1 \text{ г}=10^{-3} \text{ кг}$<br>$q_1=0,15 \text{ мкКл}=0,15 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$<br>$v=1 \text{ м/с}$<br>$q_2=0,30 \text{ мкКл}=0,30 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$<br>$R=?$ | Чтобы шарик достиг поверхности сферы, его кинетическая энергия должна быть равна потенциальной энергии взаимодействия шарика и сферы |
|--|--|

$$E_K = E_{\Pi}$$

Кинетическая энергия шарика

$$E_K = \frac{mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия взаимодействия

$$E_{\Pi} = q_1 \varphi,$$

где  $\varphi = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{R} = k \frac{q_2}{R}$  - потенциал поля заряженной

сферы.

Тогда  $E_{\Pi} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{R}$  и  $\frac{mv^2}{2} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{R}$ . Откуда  $R = \frac{2kq_1q_2}{mv^2}$ .

Анализ единиц:

$$[R] = \frac{\text{м} \cdot \text{Кл}^2}{\text{Ф} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Кл} \cdot \text{Н}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{Н}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м}.$$

Вычисления:  $R = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 0,30 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} \cdot 1} = 0,81 \text{ м} = 81 \text{ см}.$

Ответ:  $R = 81 \text{ см}.$

**Задача 5.** Плоский конденсатор образован двумя квадратными пластинами, находящимися на расстоянии 1мм друг от друга. Какой должна быть ширина каждой из пластин, чтобы емкость конденсатора была равна 1мкФ? Чему будет равна сторона пластин для получения такой же емкости, если между ними поместить гетинакс?

Решение.

|  |  |
|--|--|
| $\varepsilon_1=1$<br>$d=1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$<br>$C=1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$<br>$\varepsilon_2=5$<br>$l_1=? \quad l_2=?$ | Емкость плоского конденсатора вычисляется по формуле $C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l^2}{d}$<br><br>Откуда $l = \sqrt{\frac{Cd}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}}$ |
|--|--|

Анализ единиц:  $[l^2] = \frac{\Phi \cdot \text{м}}{\Phi/\text{м}} = \text{м}^2$ ;  $[l] = \text{м}$

Вычисления:  $l_1 = \sqrt{\frac{10^{-6} \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 10,6 \text{ м}$ ;  $l_2 = \sqrt{\frac{10^{-6} \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 4,8$

м.

Ответ:  $l_1 = 10,6 \text{ м}$ ;  $l_2 = 4,8 \text{ м}$ .

**Задача 6.** Между обкладками плоского конденсатора находится парафиновая пластинка. Емкость конденсатора  $4 \text{ мкФ}$ , его заряд  $0,2 \text{ мКл}$ . Какую работу нужно совершить, чтобы вытащить пластинку из конденсатора?

Решение.

|   |  |
|---|--|
| $\varepsilon_1 = 2$<br>$C = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$<br>$q = 0,2 \text{ мКл} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$<br>$\varepsilon_1 = 1$<br><hr style="border: 0.5px solid black;"/> $A = ?$ | Работа равна изменению энергии электрического поля конденсатора $A = W_2 - W_1$ ,<br>где $W_1 = \frac{q^2}{2C}$ ; $W_2 = \frac{q^2}{2C^1}$ . |
|---|--|

Учитывая, что  $C = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d}$ ;  $C' = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d}$ ;  $C' = \frac{\varepsilon_2 C}{\varepsilon_1}$

получим  $A = \frac{q^2}{2} \left( \frac{1}{C'} - \frac{1}{C} \right) = \frac{q^2}{2C} \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} - 1 \right)$

Анализ единиц:  $[A] = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Ф}} = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Кл/В}} = \text{Кл} \cdot \text{В} = \text{Дж}$

Вычисления:  $A = \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot (2 - 1)}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ Дж} = 5 \text{ мДж}$ .

Ответ:  $A = 5 \text{ мДж}$ .

**Задача 7.** Какое напряжение можно дать на катушку из 1000 витков медного провода, со средним диаметром витков  $6 \text{ см}$ , если допустимая плотность тока равна  $2 \text{ А/мм}^2$ ?

Решение.

|   |   |
|---|---|
| $N = 1000$<br>$\rho = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$<br>$D = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$<br>$j = 2 \text{ А/мм}^2 = 2 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$<br><hr style="border: 0.5px solid black;"/> $U = ?$ | По закону Ома $U = \frac{I}{R}$ , где $I = jS$ , $R = \rho \frac{l}{S}$<br>Длина провода $l = N\pi D$ и $R = \frac{\rho N\pi D}{S}$<br>Тогда $U = \frac{jS\rho N\pi D}{S} = j\rho N\pi D$ . |
|---|---|

Анализ единиц:  $[U] = \frac{\text{А} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{В}$

Вычисления:  $U = 2 \cdot 10^6 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^{-2} = 6,4 \text{В}$ .

Ответ:  $U = 6,4 \text{В}$ .

**Задача 8.** Гальванический элемент дает на внешнее сопротивление 4 Ом ток 0,2 А. Если же внешнее сопротивление 7 Ом, то элемент дает ток 0,14 А. Какой ток он даст, если его замкнуть накоротко?

Решение.

$$\begin{array}{l} R_1 = 4 \text{ Ом} \\ I_1 = 0,2 \text{ А} \\ R_2 = 7 \text{ Ом} \\ I_2 = 0,14 \text{ А} \end{array}$$

$$I_{\text{к.з.}} = ?$$

Сила тока в замкнутой цепи вычисляется по закону Ома:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad \text{где } r - \text{сопротивление источника тока.}$$

При коротком замыкании внешнее сопротивление  $R = 0$  и

$I_{\text{к.з.}} = \varepsilon / r$ . Найдем  $r$  и  $\varepsilon$ . Для этого запишем два уравнения

$$\varepsilon = I_1 (R_1 + r) = I_1 R_1 + I_1 r; \quad \varepsilon = I_2 (R_2 + r) = I_2 R_2 + I_2 r;$$

$$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r, \quad r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$$

Вычисления:  $r = \frac{0,4 \cdot 7 - 0,2 \cdot 4}{0,2 - 0,14} = 3 \text{ Ом}; \quad \varepsilon = 0,2 \cdot (4 + 3) = 1,4 \text{ В}.$

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{1,4}{3} = 0,47 \text{ А}.$$

Ответ:  $I_{\text{к.з.}} = 0,47 \text{ А}.$

**Задача 9.** В сеть постоянного тока с напряжением 110 В включен электромотор. Сопротивление обмотки электромотора 2 Ом. Мотор потребляет ток 8 А. Определить мощность, потребляемую мотором, механическую мощность и КПД мотора.

Решение.

$$U = 110 \text{ В}$$

$$R = 2 \text{ Ом}$$

$$I = 8 \text{ А}$$

$$N - ? \quad N_M - ? \quad \eta - ?$$

Потребляемую мотором мощность вычислим по формуле:  $N = IU$ .

Потери мощности в обмотке мотора:  $N_{\Pi} = I^2 \cdot R$ .

Тогда механическая мощность:  $N_M = N - N_{\Pi} = IU - I^2 R = I(U - IR)$ .

КПД мотора:  $\eta = \frac{N_{\Pi}}{N} = \frac{I(U - IR)}{IU} = 1 - \frac{IR}{U}$

Анализ единиц:  $[N] = \text{А} \cdot \text{В} = \text{Вт}, \quad [N_{\Pi}] = \text{А}^2 \cdot \text{Ом} = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}.$

Вычисления:  $N = 8 \cdot 110 = 880 \text{ Вт}, \quad N_M = 8 \cdot (110 - 8 \cdot 2) = 750 \text{ Вт}.$

$$\eta = 1 - \frac{8 \cdot 2}{110} = 0,85 \quad \text{или} \quad \eta = 85 \%$$

Ответ:  $N = 880$  Вт,  $N_M = 750$  Вт,  $\eta = 85 \%$ .

**Задача 10.** С помощью нагревательной спирали сопротивлением 2 Ом, подключенной к аккумулятору с ЭДС 36 В, нагревают воду массой 500 г. За время 10 мин вода нагрелась на 29°C. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

Решение.

$$\begin{array}{l} R = 2 \text{ Ом} \\ \varepsilon = 36 \text{ В} \\ m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг} \\ \tau = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с} \\ \Delta t = 29^\circ \text{С} \\ c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \\ \hline r = ? \end{array}$$

По закону Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Количество теплоты, выделяющееся в спирали:

$$Q = I^2 R \tau = \frac{\varepsilon^2 R \tau}{(R + r)^2}$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды  $Q = cm\Delta t$ .

Согласно закону сохранения энергии  $\frac{I^2 R \tau}{(R + r)^2} = cm\Delta t$ ;  $(R + r)^2 = \varepsilon^2 R \tau (cm\Delta t)$

$$R + r = \varepsilon \sqrt{\frac{R \tau}{cm\Delta t}} \quad \text{и} \quad r = \varepsilon \sqrt{\frac{R \tau}{cm\Delta t}} - R$$

Анализ единиц:

$$[r] = \text{В} \cdot \sqrt{\frac{\text{Ом} \cdot \text{с}}{(\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot \text{кг} \cdot \text{К}}} = \sqrt{\frac{\text{В}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}}{\text{Дж}}} = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{с} \cdot \text{В} \cdot \text{Ом}}{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}} = \sqrt{\text{Ом}^2}$$

= Ом.

Вычисления:

$$r = 36 \sqrt{\frac{2 \cdot 600}{4,19 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 29}} - 2 = 36 \cdot 0,14 - 2 = 5 - 2 = 3 \text{ Ом.}$$

Ответ:  $r = 3$  Ом.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 Основные физические постоянные

| Физические постоянные                   | Обозначение     | Значение   |
|---|-----------------|--|
| Нормальное ускорение свободного падения | $g$             | $9,81 \text{ м/с}^2$   |
| Гравитационная постоянная               | $G$             | $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ |
| Постоянная Авогадро                     | $N_A$           | $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$                         |
| Молярная газовая постоянная             | $R$             | $8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$                 |
| Постоянная Больцмана                    | $k$             | $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$                             |
| Элементарный заряд                      | $e$             | $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$                                |
| Скорость света в вакууме                | $c$             | $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$                                     |
| Электрическая постоянная                | $\varepsilon_0$ | $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$                              |
| Магнитная постоянная                    | $\mu_0$         | $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$                              |
| Постоянная Стефана-Больцмана            | $\sigma$        | $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  |
| Постоянная Вина                         | $b$             | $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$                   |
|   | $c$             | $1,29 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$  |
| Постоянная Планка                       | $h$             | $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$                |
|   | $\hbar$         | $1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$                |
| Постоянная Ридберга                     | $R$             | $3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$                            |
|   | $R'$            | $1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$                                |
| Боровский радиус                        | $a_0$           | $0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$                               |
| Комптоновская длина волны электрона     | $\lambda_c$     | $2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$                                |
| Энергия ионизации атома водорода        | $E_i$           | $2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$<br>(13,6 эВ)                  |
| Атомная единица массы                   | 1 а.е.м.        | $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$                               |
| Масса покоя электрона                   | $m_e$           | $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$<br>(0,00055 а.е.м.)           |
| Масса покоя протона                     | $m_p$           | $1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$<br>(1,00728 а.е.м.)          |
| Масса покоя нейтрона                    | $m_n$           | $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$<br>(1,00867 а.е.м.)          |
| Масса покоя $\alpha$ -частиц            | $m_\alpha$      | $6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$<br>(4,00149 а.е.м.)           |



Таблица А2 Соотношение между внесистемными единицами и единицами СИ

$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$                        $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$                        $1 \text{ мм.рт.ст.} = 133 \text{ Па}$   
 $1 \text{ атм} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$                        $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$

Таблица А3 Молярная масса, эффективный диаметр молекул некоторых газов

| Газ      | $\mu \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг/моль | $d \cdot 10^{-10}$ , м | Газ            | $\mu \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг/моль | $d \cdot 10^{-10}$ , м |
|----------|----------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|
| Водород  | 2                                | 2,3                    | Аргон          | 40                               | 3,5                    |
| Гелий    | 4                                | 1,9                    | Воздух         | 29                               | 2,7                    |
| Азот     | 28                               | 3,0                    | Углекислый газ | 44                               |                        |
| Кислород | 32                               | 2,7                    | Пары воды      | 18                               | 3,0                    |
| Неон     | 20                               |                        |                |                                  |                        |

Таблица А4 Диэлектрическая проницаемость

| Вещество | Проницаемость<br>$\epsilon$ | Вещество | Проницаемость<br>$\epsilon$ |
|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| Вода     | 81                          | Слюда    | 7                           |
| Парафин  | 2                           | Кварц    | 4,5                         |
| Стекло   | 7                           | Воск     | 3                           |

Таблица А5 Удельное сопротивление металлов

| Металл | Удельное сопротивление,<br>Ом·м | Металл   | Удельное сопротивление,<br>Ом·м |
|--------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| Медь   | $1,7 \cdot 10^{-8}$             | Алюминий | $2,53 \cdot 10^{-8}$            |
| Железо | $9,8 \cdot 10^{-8}$             | Серебро  | $1,6 \cdot 10^{-8}$             |
| Нихром | $1,1 \cdot 10^{-6}$             | Свинец   | $2,2 \cdot 10^{-8}$             |

Таблица А6 Показатель преломления

| Вещество | Показатель | Вещество | Показатель |
|----------|------------|----------|------------|
| Алмаз    | 2,42       | Глицерин | 1,44       |
| Вода     | 1,33       | Стекло   | 1,50       |

Таблица А7 Работа выхода электронов

| Металл   | $A \cdot 10^{-19}$ Дж | $A$ , эВ | Металл  | $A \cdot 10^{-19}$ Дж | $A$ , эВ |
|----------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|
| Вольфрам | 7,2                   | 4,5      | Рубидий | 3,4                   | 2,1      |
| Калий    | 3,5                   | 2,2      | Серебро | 4,7                   | 7,5      |
| Литий    | 3,7                   | 2,3      | Цезий   | 3,2                   | 2,0      |
| Натрий   | 4,0                   | 2,5      | Цинк    | 6,4                   | 4,0      |
| Платина  | 10,1                  | 6,3      |         |                       |          |

Таблица А8 Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименование

| Приставка    |             | Множитель | Приставка    |             | Множитель  |
|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|------------|
| Наименование | Обозначение |           | Наименование | Обозначение |            |
| Гига         | Г           | $10^9$    | деци         | д           | $10^{-1}$  |
| Мега         | М           | $10^6$    | санتي        | с           | $10^{-2}$  |
| Кило         | к           | $10^3$    | милли        | м           | $10^{-3}$  |
|              |             |           | микро        | мк          | $10^{-6}$  |
|              |             |           | нано         | н           | $10^{-9}$  |
|              |             |           | пико         | п           | $10^{-12}$ |