

11.13. Электрический ток в металлах

11.13.1. В электронно-вычислительной машине импульс тока от одного устройства к другому необходимо передать за время $t = 10^{-9}$ с. Можно ли эти устройства соединить проводником длиной $l = 30$ см?

11.13.2. По проводнику, площадь сечения которого $S = 5$ мм², течет ток. Средняя скорость упорядоченного движения электронов $v = 0,31$ мм/с, а их концентрация $n = 7,6 \cdot 10^{27}$ м⁻³. Какова сила тока в проводнике?

11.13.3. По прямому проводнику длиной $l = 1$ м течет ток $I = 10$ А. Определите средний суммарный импульс электронов в проводнике. Заряд электрона $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

11.13.4. Определите среднюю скорость направленного движения электронов вдоль медного проводника при плотности тока $j = 11$ А/мм², если считать, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон.

11.13.5. Какова напряженность электрического поля в никелиновом проводнике сечением площадью $S = 1$ мм² при силе тока $I = 1$ А?

11.13.6. Какую скорость направленного движения имеют свободные электроны внутри алюминиевого провода длиной $l = 2$ м, к концам которого приложено напряжение $U = 2$ В? Считать, что в проводнике на каждый атом алюминия приходится один свободный электрон.

11.13.7. В медном проводнике плотность тока $j = 0,36$ А/мм². Какая сила действует на каждый свободный электрон со стороны электрического поля?

11.13.8. По двум проводникам одинакового сечения $S = 5$ мм² проходит ток (рис. 11.13.1). Удельное сопротивление первого проводника $\rho_1 = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, второго — $\rho_2 = 110 \times 10^{-8}$ Ом·м. Оцените знак и модуль заряда, возникающего на поверхности контакта проводников, а также поверхностную плотность заряда, если сила тока $I = 5$ А.

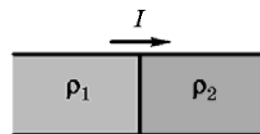


Рис. 11.13.1

11.13.9. Вычислите отношение сопротивлений вольфрамовой проволоки при температурах $t_0 = 0$ °С и $t = 2400$ °С.

• **11.13.10.** Вольфрамовая нить электрической лампочки при $t_1 = 20$ °С имеет сопротивление $R_1 = 35,8$ Ом. Какова будет температура t_2 нити лампочки, если при включении в сеть напряжением $U = 120$ В по нити идет ток $I = 0,33$ А?

• **11.13.11.** Нихромовая спираль нагревательного элемента должна иметь сопротивление $R = 30$ Ом при температуре накала

$t = 900$ °С. Какой длины надо взять проволоку поперечным сечением $S = 0,6$ мм², чтобы сделать эту спираль?

• **11.13.12.** Реостат из железной проволоки, амперметр и генератор включены последовательно. При $t_0 = 0$ °С сопротивление реостата $R_0 = 120$ Ом, сопротивление амперметра $R_{A0} = 20$ Ом. Амперметр показывает силу тока $I_0 = 22$ мА. Какую силу тока I будет показывать амперметр, если реостат нагреется на $\Delta T = 50$ К?

11.13.13. На сколько процентов изменится мощность, потребляемая электромагнитом, обмотка которого выполнена из медной проволоки, при изменении температуры от 0 до 20 °С?

11.13.14. Для определения температурного коэффициента сопротивления алюминия на катушку алюминиевой проволоки подавали одно и то же напряжение. При погружении этой катушки в тающий лед сила тока $I_1 = 29$ мА, а при опускании в кипяток — $I_2 = 20$ мА. Найдите по этим данным температурный коэффициент сопротивления алюминия.

11.13.15. Найдите удельное сопротивление латуни при температуре $t = 50$ °С. Удельное сопротивление латуни при температуре 20 °С взять из таблиц.

11.13.16. При температуре 0 °С сопротивление волоска угольной лампы $R = 480$ Ом. Определите, чему равно сопротивление этого волоска при температуре $t = 1500$ °С, если для угля $\alpha = -0,0005$ К⁻¹.

11.13.17. Насколько отличаются сопротивления телеграфной линии длиной $l = 100$ км летом и зимой, если она проложена железным проводом поперечного сечения $S = 10$ мм²? Температуру летом считать равной $t_1 = 25$ °С, зимой $t_2 = -20$ °С.

11.13.18. При нагревании серебряного проводника сечением $S = 5 \cdot 10^{-2}$ мм² его сопротивление возрастает на $\Delta R = 1,5 \cdot 10^{-2}$ Ом, а внутренняя энергия увеличивается на $\Delta U = 1,6$ Дж. Найдите температурный коэффициент серебра.

Ответы:

11.13.1. Нет.

11.13.2. $I = envS = 1,88 \text{ А}$.

11.13.3. $p = \frac{Im_e l}{e} = 5,7 \cdot 10^{-11} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

11.13.4. $v = \frac{Mj}{e\rho_m N_A} = 0,82 \text{ мм/с}$,

где M и ρ_m — молярная масса и плотность меди.

11.13.5. $E = \frac{I\rho}{S} = 420 \text{ мВ/м}$.

11.13.6. $v = \frac{MU}{el\rho\gamma N_A} = 3,7 \text{ мм/с}$,

где γ — плотность алюминия.

11.13.7. $F = ej\rho_m = 9,79 \cdot 10^{-22} \text{ Н}$.

11.13.8.

$q = I\mathcal{E}_0(\rho_1 - \rho_2) = -4,79 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$;

$\sigma = \frac{I\varepsilon_0}{S}(\rho_1 - \rho_2) = 9,58 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$,

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

11.13.9. $\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha t \approx 12,5$.

У к а з а н и е. Здесь и далее α — температурный коэффициент сопротивления.

11.13.13. Уменьшится на $\eta = \frac{\alpha t}{1 + \alpha t} \cdot 100\% = 7,9\%$.

11.13.14. $\alpha = \frac{I_1 - I_2}{I_2 t} = 0,0045 \text{ К}^{-1}$,

где $t = 100 \text{ }^\circ\text{С}$ — температура кипения воды.

11.13.15. $\rho = \rho_0 \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha} = 7,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

11.13.16. $R = R_0(1 + \alpha t) = 120 \text{ Ом}$.

11.13.17. $\Delta R = 273 \text{ Ом}$.

11.13.18. $\alpha = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.