

## VII. Постоянный ток

### 44. Закон Ома для участка цепи

#### *Ток и сопротивление*

**44.1** По проводнику течет ток величиной  $I = 8$  А. Площадь поперечного сечения проводника  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Концентрация свободных электронов в проводнике  $n = 10^{23}$  см<sup>-3</sup>. Определите величину  $V$  скорости упорядоченного движения электронов. Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**44.2** Птица сидит на проводе линии электропередачи, по которому течет ток величиной  $I = 1800$  А. Сопротивление каждого метра провода  $R_1 = 2 \cdot 10^{-5}$  Ом/м. Если расстояние между лапами птицы  $d = 2,5$  см, то под каким напряжением  $U$  находится птица?

**44.3** Резистор сопротивлением  $R = 38$  Ом изготовлен из медного провода массой  $m = 11,2$  г. Найдите длину  $l$  и диаметр  $d$  провода. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, плотность меди  $\delta = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**44.4** По медной проволоке диаметром  $d = 0,8$  мм течет ток  $I = 0,5$  А. Определите величину  $E$  напряженности электрического поля в проволоке. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

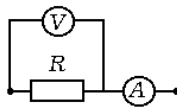
**44.5** Сопротивление провода длиной  $l_1 = 20$  м и диаметром  $d_1 = 1,5$  мм равно  $R_1 = 2,5$  Ом. Найдите сопротивление  $R_2$  провода из того же материала длиной  $l_2 = 35$  м и диаметром  $d_2 = 3$  мм. Температуры проводов одинаковы.

**44.6** Во сколько раз  $n$  величина тока в момент подключения лампы с вольфрамовой нитью к источнику постоянного напряжения при комнатной температуре  $t_1 = 20$  °С больше величины тока в рабочем состоянии, если температура накала  $t_2 = 2400$  °С? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha = 0,51 \cdot 10^{-2}$  К<sup>-1</sup>.

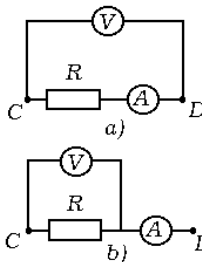
**44.7** При температуре  $t_0 = 0$  °С сопротивление первого проводника в  $n$  раз меньше сопротивления второго и в  $m$  раз меньше сопротивления третьего. Температурные коэффициенты сопротивления проводников

равны  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$  соответственно. Найдите температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$  проводника, состоящего из трех проводников, соединенных последовательно.

**44.8** В схеме на рисунке показание амперметра  $I = 5$  А, показание вольтметра  $U = 100$  В. Внутреннее сопротивление вольтметра  $r = 2500$  Ом. Определите величину  $R$  сопротивления резистора. Найдите относительную погрешность  $\delta R$  определения величины сопротивления, обусловленную предположением о большом по сравнению с  $R$  сопротивлении вольтметра.

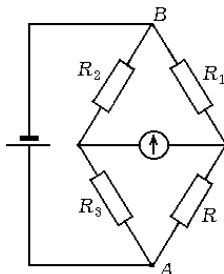


**44.9** Для определения сопротивления резистора проводят измерения по двум электрическим схемам: *a*) и *b*), подавая в обоих случаях одинаковое напряжение на клеммы *CD*. В первом случае (схема *a*) вольтметр *V* показал напряжение  $U_1 = 190$  В, амперметр *A* - ток  $I_1 = 1,9$  А. Во втором случае (схема *b*) показания вольтметра и амперметра  $U_2 = 170$  В и  $I_2 = 2$  А. Найдите сопротивление  $R$  резистора.



### Соединения резисторов

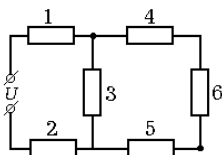
**44.10** Мост для измерения величины  $R$  сопротивления сбалансирован так, что ток через гальванометр не течет. Ток в правой ветви  $I = 0,2$  А. Найдите сопротивление  $R$  и напряжение  $U_{AB}$  на зажимах батареи. Сопротивления резисторов  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 4$  Ом,  $R_3 = 1$  Ом.



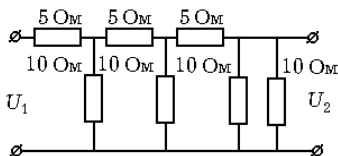
**44.11** Сопротивление проволоки  $R = 36$  Ом. Когда ее разрезали на  $N$  равных частей и соединили эти части параллельно, сопротивление полученного резистора оказалось равным  $r = 1$  Ом. На сколько  $N$  частей разрезали проволоку?

**44.12** Из куска проволоки сопротивлением  $R = 10$  Ом сделано кольцо. Где следует присоединить провода, подводящие ток, чтобы сопротивление равнялось  $r = 1$  Ом?

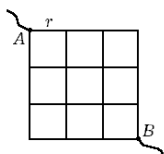
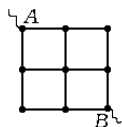
**44.13** Шесть одинаковых резисторов сопротивлением  $R = 2$  Ом каждый соединены, как показано на рисунке. На вход схемы подано напряжение  $U = 55$  В. Найдите величины токов в каждом резисторе и величины напряжений на каждом из них.



**44.14** На вход схемы, показанной на рисунке, подано напряжение  $U_1 = 160$  В. Определите напряжение  $U_2$  на выходе схемы.

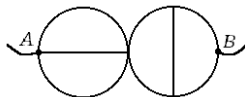


**44.15** Сетка состоит из одинаковых звеньев. Сопротивление каждого звена  $r = 1$  Ом. Найдите сопротивление  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$ .



**44.16** Определите сопротивление  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$ , если сопротивление каждого звена  $r$ .

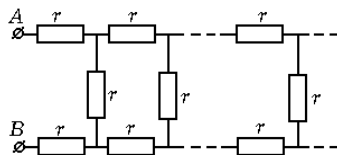
**44.17** Из проволоки сопротивлением  $R = 4,14$  Ом сделали два кольца с перемычками. Определите сопротивление  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$ .



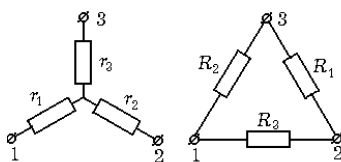
**44.18** Определите сопротивление  $R$  проволочного тетраэдра, включенного в цепь двумя вершинами. Сопротивление каждого ребра  $r$ .

**44.19** Определите сопротивление  $R$  проволочного куба, включенного в цепь двумя вершинами. Рассмотрите все возможные случаи. Сопротивление каждого ребра  $r$ .

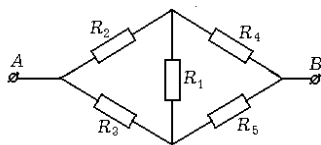
**44.20** Цепь составлена из бесконечного числа ячеек, состоящих из трех одинаковых сопротивлений  $r$ . Определите сопротивление  $R_{AB}$  цепи между точками  $A$  и  $B$ .



**44.21** При каких величинах  $r_1, r_2, r_3$  сопротивлений «звезду», составленную из них, можно включить вместо треугольника, составленного из сопротивлений  $R_1, R_2, R_3$ ?



**44.22** Найдите сопротивление  $R_{AB}$  цепи между точками  $A$  и  $B$ .



*Шунты и добавочные сопротивления*

**44.23** Параллельно амперметру, сопротивление которого  $r = 0,03$  Ом, включенному в некоторую цепь последовательно, присоединен медный проводник длиной  $l = 10$  см и диаметром  $d = 1,5$  мм. Найдите величину  $I$  тока в цепи, если амперметр показывает  $I_0 = 0,4$  А. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**44.24** При протекании через миллиамперметр тока  $I_0 = 20$  мА стрелка прибора отклоняется на всю шкалу. Какое сопротивление  $R$  следует подключить параллельно миллиамперметру, чтобы при токе во внешней цепи  $I = 2$  А стрелка прибора отклонилась на всю шкалу? Внутреннее сопротивление миллиамперметра  $r = 7$  Ом.

**44.25** Амперметр, сопротивление которого  $r = 0,3$  Ом, рассчитан на наибольший ток  $I_0 = 2,5$  А. При каком сопротивлении  $R$  шунта можно измерять ток до  $I = 40$  А?

**44.26** Миллиамперметр с пределом измерения токов  $I_0 = 25$  мА необходимо использовать как амперметр с пределом измерения токов  $I = 5$  А. Найдите сопротивление  $R$  шунта. Внутреннее сопротивление миллиамперметра  $r = 10$  Ом.

**44.27** Какое сопротивление  $R$  следует присоединить параллельно гальванометру, имеющему шкалу на  $N = 100$  делений с ценой деления  $I_1 = 1$  мкА и внутреннее сопротивление  $r = 180$  Ом, чтобы им можно было измерять ток величиной до  $I = 1$  мА?

**44.28** Внутреннее сопротивление гальванометра  $r = 30$  Ом, величина тока, отвечающая отклонению стрелки на всю шкалу,  $I_0 = 60$  мкА. Что нужно сделать, чтобы превратить этот гальванометр в амперметр для измерения токов до  $I = 15$  А?

**44.29** Зашунтированный амперметр измеряет токи до  $I = 10$  А. Какой наибольший ток  $I_0$  может измерить этот амперметр без шунта, если его сопротивление  $r = 8$  Ом, а сопротивление шунта  $R = 0,008$  Ом?

**44.30** Гальванометр, внутреннее сопротивление которого  $r = 600$  Ом, зашунтирован сопротивлением  $R = 25$  Ом. Во сколько раз  $n$  увеличилась цена деления гальванометра?

**44.31** Присоединение к амперметру некоторого шунтирующего сопротивления увеличивает предел измерения тока в  $n_1 = 3$  раза. Другое шунтирующее сопротивление увеличивает предел измерения в  $n_2 = 7$  раз. Во сколько  $n$  раз увеличится предел измерения амперметра, если в качестве шунта использовать оба сопротивления, предварительно соединив их последовательно?

**44.32** К амперметру с сопротивлением  $r = 0,16$  Ом подключено параллельно сопротивление  $R = 0,04$  Ом. При включении такого прибора в некоторую цепь его показание  $I_A = 8$  А. Найдите величину  $I$  тока в цепи.

**44.33** Вольтметром, внутреннее сопротивление которого  $r = 1000$  Ом, рассчитанным на предельное напряжение  $U_0 = 150$  В, необходимо измерять напряжения до  $U = 900$  В. Какое добавочное сопротивление  $R$  следует включить последовательно с вольтметром для измерений?

**44.34** Последовательное включение с вольтметром некоторого добавочного сопротивления увеличивает предел измерения напряжения в  $n_1 = 3$  раза. Другое добавочное сопротивление увеличивает предел измерения в  $n_2 = 7$  раз. Во сколько раз  $n$  увеличится предел измерения вольтметра, если в качестве добавочного сопротивления использовать эти сопротивления, предварительно соединив их параллельно?

**44.35** На шкале гальванометра  $N = 100$  делений, цена деления  $I_1 = 10$  мкА. Как из этого прибора сделать вольтметр для измерения напряжения до  $U = 100$  В или амперметр для измерения тока до  $I = 1$  А? Внутреннее сопротивление гальванометра  $r = 100$  Ом.

**44.36** Если к амперметру, рассчитанному на максимальную величину тока  $I_1 = 2$  А, присоединить параллельно сопротивление  $r = 0,5$  Ом, то его можно использовать для измерения токов до  $I_2 = 20$  А. Какое добавочное сопротивление  $R$  необходимо соединить последовательно с амперметром (после удаления сопротивления  $r$ ), чтобы такой прибор можно было использовать в качестве вольтметра для измерения напряжений до  $U = 220$  В?

#### 45. Закон Джоуля - Ленца

**45.1** По проводнику сопротивлением  $R = 20$  Ом течет постоянный ток. За время  $\tau = 5$  мин через проводник прошел заряд  $q = 300$  Кл. Найдите количество  $Q$  тепла, выделившегося в проводнике за время  $\tau$ .

**45.2** Две проволоки одинаковых размеров, одна из которых железная, а другая медная, соединены последовательно и включены в сеть. Найдите отношение  $Q_1/Q_2$  количеств теплоты, выделяющихся в каждой проволоке за одно и то же время. Удельные сопротивления железа и меди  $\rho_1 = 9,8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м и  $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м соответственно.

**45.3** Найдите диаметр  $d$  медного провода, если проводка рассчитана на максимальную величину тока  $I_m = 40$  А и на одном метре провода не должно выделяться более  $P_m = 1,8$  Вт/м тепла. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**45.4** Электрическая лампочка с вольфрамовой нитью рассчитана на напряжение  $U = 220$  В и мощность  $P = 40$  Вт. Температура накаленной нити  $T = 2700$  К. Найдите величину  $I_0$  тока, протекающего в лампочке в первый момент после включения. Температура нити в момент включения лампы  $T_0 = 273$  К. Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha = 0,51 \cdot 10^{-2}$  К $^{-1}$ .

**45.5** На спираль электроплитки мощностью  $P = 576$  Вт подано напряжение  $U = 120$  В. Какое количество  $n$  электронов каждую секунду проходит через поперечное сечение спирали? Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**45.6** У электроплитки на  $\eta_1 = 10\%$  укоротили спираль. На сколько процентов  $\eta_2$  увеличилась мощность плитки?

**45.7** Протекающий через резистор ток изменяется во времени по закону  $I = K \cdot \sqrt{t}$ , где  $K = 1 \text{ А} \cdot \text{с}^{-1/2}$ , время измеряется в секундах, величина тока в амперах. За какое время  $\tau$  от начала протекания тока на резисторе выделилось  $Q = 1,8 \text{ кДж}$  тепла? Сопротивление резистора  $R = 100 \text{ Ом}$ .

**45.8** Напряжение на резисторе изменяется во времени по закону  $U = K \cdot \sqrt{t}$ , где  $K = 2 \text{ В} \cdot \text{с}^{-1/2}$ , время измеряется в секундах, напряжение в вольтах. Найдите количество  $Q$  тепла, выделившееся в резисторе за первые  $\tau = 100 \text{ с}$ . Сопротивление резистора  $R = 100 \text{ Ом}$ .

**45.9** Лампочка рассчитана на напряжение  $U_0 = 120 \text{ В}$  и мощность  $P_0 = 40 \text{ Вт}$ . Какое добавочное сопротивление  $R$  следует включить последовательно с лампочкой, чтобы она горела нормальным накалом при напряжении в сети  $U = 200 \text{ В}$ ?

**45.10** Спираль нагревателя сопротивлением  $R_0 = 5 \text{ Ом}$  подключена к батарее с внутренним сопротивлением  $r = 20 \text{ Ом}$ . При каком сопротивлении  $R$  шунта к нагревателю количество теплоты, выделяющейся в нагревателе, уменьшится в  $n = 9$  раз?

**45.11** Электрические лампочки, мощности которых  $P_1 = 40 \text{ Вт}$ ,  $P_2 = 40 \text{ Вт}$ ,  $P_3 = 80 \text{ Вт}$ , рассчитаны на напряжение  $U_0 = 110 \text{ В}$ . Найдите токи  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , текущие через лампочки при нормальном накале. Можно ли соединить лампочки так, чтобы они горели нормальным накалом при напряжении в сети  $U = 220 \text{ В}$ ?

**45.12** Нагревательный элемент в электрической кастрюле состоит из двух одинаковых секций. Сопротивление каждой секции  $R = 20 \text{ Ом}$ . Через какое время  $\tau$  закипит вода объемом  $V = 2,2 \text{ л}$ , если: 1) включена одна секция; 2) обе секции включены последовательно; 3) обе секции включены параллельно? Начальная температура воды  $t_1 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ , напряжение в сети  $U = 110 \text{ В}$ , КПД нагревателя  $\eta = 85\%$ . Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Плотность воды  $\rho = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Температура кипения воды  $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**45.13** Нагревательный элемент электрического чайника состоит из двух секций. При включении одной из них вода закипает через  $\tau_1 = 15 \text{ мин}$ , при включении другой - через  $\tau_2 = 10 \text{ мин}$ . Через какое время  $\tau_3$ ,  $\tau_4$  закипит вода, если секции включить последовательно, параллельно?

**45.14** Источник с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом замкнут на внешнее сопротивление, в котором выделяется мощность  $P = 9$  Вт. Определите напряжение  $U$  на зажимах источника.

**45.15** ЭДС источника  $\mathcal{E} = 2$  В, внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом. Найдите величину  $I$  тока в цепи, если на внешней нагрузке рассеивается мощность  $P = 0,75$  Вт.

**45.16** К батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 120$  В подключены последовательно резистор и лампочка, рассчитанная на напряжение  $U = 12$  В и мощность  $P = 48$  Вт. Лампочка горит нормальным накалом. Найдите сопротивление  $R$  резистора. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало.

**45.17** К батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 6$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом подключено сопротивление  $R = 1,9$  Ом. Определите количество  $Q$  теплоты, которое выделится во всей цепи за  $T = 100$  с.

**45.18** К батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 6$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом подключено сопротивление  $R = 12,4$  Ом. Определите количество  $Q$  тепла, которое выделится на внутреннем сопротивлении батареи за  $\tau = 10$  мин.

**45.19** Батарею поочередно подключают сначала к одному резистору, затем к другому. В первом случае величина тока в цепи  $I_1 = 30$  А, на резисторе рассеивается мощность  $P_1 = 180$  Вт. Во втором случае величина тока в цепи  $I_2 = 10$  А, на резисторе рассеивается мощность  $P_2 = 100$  Вт. Найдите ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**45.20** Несколько параллельно включенных лампочек, рассчитанных на напряжение  $U = 100$  В и мощность  $P = 50$  Вт каждая, горят нормальным накалом при питании от источника с ЭДС  $\mathcal{E} = 120$  В и внутренним сопротивлением  $r = 10$  Ом. Найдите число  $n$  лампочек.

**45.21** Определите ток  $I_0$  короткого замыкания батареи, если при токе нагрузки  $I_1 = 5$  А во внешней цепи рассеивается мощность  $P_1 = 9,5$  Вт, а при токе нагрузки  $I_2 = 8$  А во внешней цепи рассеивается мощность  $P_2 = 14,4$  Вт.

**45.22** ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 16$  В, внутреннее сопротивление  $r = 3$  Ом. Найдите сопротивление  $R$  нагрузки, если известно, что выделяющаяся в ней мощность  $P = 16$  Вт. Определите КПД  $\eta$  цепи.



**45.23** Источник с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  замкнут на реостат. Постройте график зависимости полезной мощности  $P$  от величины  $I$  тока. При какой величине тока полезная мощность максимальна? Постройте график зависимости КПД  $\eta$  цепи от величины  $I$  тока. Постройте графики зависимостей величины  $I$  тока, напряжения  $U$ , мощности  $P$ , выделяющейся на реостате, мощности  $P_0$  сторонних сил и КПД  $\eta$  цепи от сопротивления  $R$  реостата. При какой величине отношения  $R/r$  во внешней цепи выделяется максимальная мощность? Каков при этом КПД цепи?

**45.24** Источник замкнут на реостат. При некотором значении сопротивления реостата рассеиваемая им мощность максимальна и равна  $P_m = 9$  Вт, ток в цепи  $I = 3$  А. Найдите ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  источника.

**45.25** Источник замыкают сначала на сопротивление  $R_1 = 2$  Ом, затем на сопротивление  $R_2 = 0,5$  Ом. В обоих случаях на внешнем сопротивлении рассеивается мощность  $P = 2,54$  Вт. Найдите ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  источника.

**45.26** Источник замкнут на сопротивление  $R = 2$  Ом. Мощность, выделяющаяся во внешней цепи, не изменяется, если параллельно сопротивлению  $R$  подключить еще одно такое же сопротивление. Найдите внутреннее сопротивление  $r$  источника.

**45.27** Резистор сопротивлением  $R = 4$  Ом, подключенный к источнику, потребляет мощность  $P = 9$  Вт. При подключении к источнику еще одного такого же резистора, потребляемая мощность не изменяется. Найдите ЭДС  $\mathcal{E}$  источника.

**45.28** К батарее с внутренним сопротивлением  $r = 3$  Ом подключают один раз последовательно, а другой раз параллельно несколько одинаковых резисторов. Мощность, рассеиваемая во внешней цепи, в обоих случаях одинакова. Определите сопротивление  $R$  резистора.

**45.29** Миллиамперметр, внутреннее сопротивление которого  $R = 25$  Ом, рассчитан на измерение токов до  $I_1 = 50$  мА. К миллиамперметру параллельно присоединяют сопротивление, увеличивающее диапазон измерений до  $I_2 = 10$  А, и включают полученный прибор в цепь, величина тока в которой  $I = 8$  А. Какая мощность  $P$  будет рассеиваться на внутреннем сопротивлении миллиамперметра?

**45.30** К источнику с внутренним сопротивлением  $r = 5$  Ом подключают один раз последовательно, а другой раз параллельно два одинаковых резистора. Мощность, рассеиваемая во внешней цепи, во втором случае в  $n = 2,25$  раза больше, чем в первом. Определите величину  $R$  сопротивления каждого резистора.

**45.31** К источнику с внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключили проволоку сопротивлением  $R = 4$  Ом, затем параллельно ей присоединили вторую такую же проволоку. Во сколько раз уменьшится количество тепла, выделяющегося в первой проволоке, после подключения второй?

**45.32** Две лампочки, рассчитанные на одинаковое напряжение и мощности  $P_1 = 100$  Вт и  $P_2 = 200$  Вт, соединены последовательно и включены в сеть с этим напряжением. Какие мощности  $P'_1$  и  $P'_2$  будут поглощать лампочки?

**45.33** Три одинаковые лампочки, соединенные параллельно, подключены к батарее. Когда одна из лампочек перегорела, мощность, выделяющаяся на каждой из оставшихся, возросла в  $n = 25/16$  раза. Найдите отношение сопротивления  $R$  лампочки к внутреннему сопротивлению  $r$  батареи.

**45.34** Включенная в сеть электроплитка выделяет мощность  $P_1 = 1000$  Вт. При параллельном подключении второй такой же плитки во внешней цепи рассеивается мощность  $P_2 = 1900$  Вт. Какая мощность  $P_3$  будет рассеиваться во внешней цепи при параллельном подключении еще одной такой же плитки?

**45.35** На резисторе, присоединенном к источнику, рассеивается мощность  $P_1 = 10$  Вт. Если два таких источника соединить одноименными полюсами и подключить к резистору, то рассеиваемая мощность увеличится до  $P_2 = 20$  Вт. Какой будет рассеиваемая мощность  $P_3$ , если к резистору присоединить одноименными полюсами третий такой же источник?

**45.36** Зарядка аккумулятора с ЭДС  $\mathcal{E}$  осуществляется зарядной станцией, напряжение в сети которой  $U$ . Внутреннее сопротивление аккумулятора  $r$ . Определите полезную мощность  $P$  при зарядке аккумулятора.

**45.37** Электрический нагреватель работает от источника с напряжением  $U = 120$  В и при токе  $I = 5$  А за  $\tau = 20$  мин нагревает  $m = 1,5$  кг воды от  $t_1 = 16$  °С до  $t_2 = 100$  °С. Найдите коэффициент полезного действия  $\eta$  нагревателя. Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·К).

**45.38** При поочередном замыкании одним и тем же резистором двух аккумуляторов КПД цепей равны  $\eta_1$  и  $\eta_2$  соответственно. Аккумуляторы соединяют последовательно и замыкают тем же резистором. Найдите КПД  $\eta$  такой цепи.

*Передача энергии на расстояние*

**45.39** Найдите напряжение  $U$  на источнике, от которого следует передавать электроэнергию на расстояние  $l = 10$  км так, чтобы при плотности тока  $j = 0,5$  А/мм<sup>2</sup> в стальных проводах двухпроводной линии потери на нагревание проводов составили  $\eta = 1\%$  полезной мощности. Удельное сопротивление стали  $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7}$  Ом·м.

**45.40** От источника с напряжением  $U = 5$  кВ при помощи проводов с удельным сопротивлением  $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м и площадью поперечного сечения  $S = 10^{-6}$  м<sup>2</sup> передают электроэнергию. На нагрузке сопротивлением  $R = 1,6$  кОм выделяется мощность  $P = 10$  кВт. Найдите расстояние  $l$  от источника до нагрузки. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**45.41** От источника с напряжением  $U = 750$  В необходимо передать удаленному потребителю мощность  $P = 5$  кВт. При какой величине  $R$  сопротивления линии передачи потери энергии составят  $\eta = 10\%$  полезной мощности?

**45.42** От генератора с ЭДС  $\mathcal{E} = 250$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом необходимо протянуть к потребителю двухпроводную линию длиной  $l = 100$  м. Какая масса  $m$  алюминия пойдет на изготовление подводящих проводов? Мощность нагрузки  $P = 22$  кВт, напряжение на ней  $U = 220$  В. Удельное сопротивление и плотность алюминия равны соответственно  $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м и  $\delta = 2,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**45.43** Электромотор подключен к сети с напряжением  $U = 24$  В. Какую работу  $N$  может совершить мотор в единицу времени («мощность на валу мотора») при протекании по обмотке тока  $I = 8$  А, если известно, что при полном затормаживании якоря ток в обмотке  $I_0 = 16$  А?

#### 46. Закон Ома для полной цепи

**46.1** Плоский конденсатор емкостью  $C$  и расстоянием между обкладками  $d$  заполнен слабопроводящей средой с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и удельным сопротивлением  $\rho$ . Найдите установившуюся величину  $E$  напряженности поля в среде, после подключения конденсатора к источнику с ЭДС  $\mathbf{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ . Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ .

**46.2** Элемент атомной батареи (источника тока) представляет собой плоский конденсатор, на одну из обкладок которого однородно нанесен радиоактивный препарат, испускающий  $\alpha$  - частицы со скоростью  $V = 2,2 \cdot 10^6$  м/с. Определите ЭДС  $\mathbf{E}$  такого элемента. Отношение заряда  $\alpha$  -

частицы к ее массе  $\frac{q}{m} = 4,8 \cdot 10^7$  Кл/кг.

**46.3** Найдите диаметр  $d$  железного провода длиной  $l = 5$  м, если после замыкания им батареи с ЭДС  $\mathbf{E} = 1,5$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,2$  Ом величина тока в цепи  $I = 0,6$  А. Удельное сопротивление железа  $\rho = 9,8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**46.4** При подключении некоторого сопротивления к источнику с ЭДС  $\mathbf{E} = 30$  В и внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом напряжение на зажимах источника  $U = 28$  В. Найдите величину  $I$  тока в цепи.

**46.5** При подключении некоторого сопротивления  $R$  к батарее с ЭДС  $\mathbf{E} = 30$  В и внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом напряжение на сопротивлении  $R$  равно  $U = 28$  В. Определите величину сопротивления  $R$ .

**46.6** Определите напряжение  $U$  на полюсах источника с ЭДС  $\mathbf{E} = 12$  В, если сопротивление внешней части цепи равно внутреннему сопротивлению источника.

**46.7** К источнику с ЭДС  $\mathbf{E} = 12$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключено сопротивление  $R = 5$  Ом. Найдите напряжение  $U$  на зажимах источника.

**46.8** При подключении лампочки к батарее элементов с ЭДС  $\mathbf{E} = 4,5$  В ток в цепи  $I = 0,25$  А, напряжение на лампочке  $U = 4$  В. Определите внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**46.9** Батарейка для карманного фонаря замкнута на реостат. При сопротивлении реостата  $R_1 = 1,65$  Ом напряжение на нем  $U_1 = 3,3$  В, а при сопротивлении реостата  $R_2 = 3,5$  Ом напряжение на реостате  $U_2 = 3,5$  В. Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**46.10** При подключении к батарее гальванических элементов сопротивления  $R_1 = 16$  Ом величина тока в цепи  $I_1 = 1$  А, а при замене сопротивления  $R_1$  сопротивлением  $R_2 = 8$  Ом величина тока в цепи  $I_2 = 1,8$  А. Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**46.11** Батарея с ЭДС  $\mathbf{E} = 3$  В замкнута на сопротивление  $R_1 = 1$  Ом. При этом напряжение на зажимах батареи  $U_1 = 1,5$  В. Каким будет напряжение  $U_2$  на зажимах батареи, если к ней вместо  $R_1$  подключить сопротивление  $R_2 = 2$  Ом?

**46.12** При токе  $I_1 = 1,5$  А напряжение на участке цепи  $U_1 = 20$  В. При токе  $I_2 = 0,5$  А, текущем в том же направлении, что и  $I_1$ , напряжение на том же участке  $U_2 = 8$  В. Определите ЭДС  $\mathbf{E}$ , действующую на этом участке.

**46.13** При подключении к батарее с ЭДС  $\mathbf{E} = 12$  В сопротивления  $R = 2$  Ом ток в цепи  $I = 5$  А. Определите ток  $I_0$  короткого замыкания батареи.

**46.14** При подключении к батарее сопротивления  $R_1 = 5$  Ом по цепи течет ток  $I_1 = 3$  А. При подключении сопротивления  $R_2 = 10$  Ом ток в цепи  $I_2 = 2$  А. Найдите ток  $I_0$  короткого замыкания батареи.

**46.15** ЭДС батареи  $\mathbf{E} = 12$  В. При токе в цепи  $I = 4$  А напряжение на зажимах батареи  $U = 11$  В. Определите ток  $I_0$  короткого замыкания батареи.

**46.16** При подключении к батарее сопротивления  $R_1 = 10$  Ом величина тока в цепи  $I = 3$  А. При подключении к батарее одного сопро-

тивления  $R_2 = 100$  Ом напряжение на нем  $U = 60$  В. Определите ток  $I_0$  короткого замыкания батареи.

**46.17** Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  батареи, если известно, что при увеличении сопротивления нагрузки в  $n = 5$  раз, напряжение на нагрузке увеличивается от  $U_1 = 40$  В до  $U_2 = 100$  В.

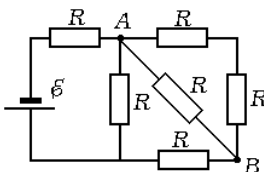
**46.18** К источнику с ЭДС  $\mathbf{E} = 11$  В подключают последовательно три провода одинаковой длины с площадями поперечных сечений  $S_1 = 1$  мм<sup>2</sup>,  $S_2 = 2$  мм<sup>2</sup>,  $S_3 = 3$  мм<sup>2</sup> соответственно. Все провода изготовлены из одного материала. Определите напряжения  $U_1, U_2, U_3$  на проводах. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**46.19** Сопротивления  $R_1 = 12$  Ом и  $R_2 = 24$  Ом соединены параллельно и подключены к батарее с ЭДС  $\mathbf{E} = 28$  В и внутренним сопротивлением  $r = 6$  Ом. Найдите величины токов, текущих через батарею и сопротивления.

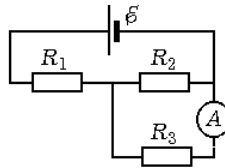
**46.20** Аккумулятор, внутренним сопротивлением которого можно пренебречь, поочередно замыкают на два разных сопротивления. В первом случае величина тока в цепи  $I_1 = 3$  А, во втором  $I_2 = 6$  А. Найдите величину  $I$  тока, текущего в цепи при замыкании аккумулятора на эти сопротивления, соединенные последовательно.

**46.21** Четыре лампы, рассчитанные на напряжение  $U = 3$  В и величину тока  $I = 0,3$  А каждая, соединили параллельно и подключили к источнику с ЭДС  $\mathbf{E} = 5,4$  В через сопротивление  $R$ . Найдите  $R$ , если лампы работают в расчетном режиме. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**46.22** Рассчитайте разность  $\varphi_A - \varphi_B$  потенциалов в схеме. ЭДС источника  $\mathbf{E} = 13$  В. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.



**46.23** Определите показание  $I$  амперметра в схеме. Напряжение на полюсах источника  $U = 2,1$  В. Величины сопротивлений  $R_1 = 50$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало.



**46.24** Амперметр с внутренним сопротивлением  $R_A = 2$  Ом, подключенный к зажимам источника, показывает ток  $I = 5$  А. Вольтметр с внутренним сопротивлением  $R_B = 150$  Ом, подключенный к зажимам того же источника (после отключения амперметра), показывает напряжение  $U = 12$  В. Найдите величину  $I_0$  тока короткого замыкания источника.

**46.25** К батарее присоединены параллельно сопротивление  $R = 10^4$  Ом и вольтметр, который показывает  $U = 50$  В. Найдите сопротивление  $R_B$  вольтметра, если величина тока через батарею  $I = 0,01$  А.

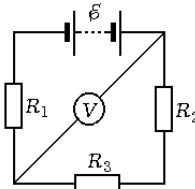
**46.26** Вольтметр и резистор присоединены параллельно к полюсам источника. Величина тока через источник  $I = 0,1$  А, показание вольтметра  $U = 50$  В. Найдите сопротивление  $R$  резистора. Сопротивление вольтметра  $R_B = 1$  кОм.

**46.27** К полюсам элемента с ЭДС  $\mathcal{E} = 1$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом подключили амперметр. Найдите начальное показание  $I_1$  амперметра, если после присоединения к нему параллельно резистора сопротивлением  $R = 0,2$  Ом амперметр регистрирует ток  $I_2 = 5$  А.

**46.28** В цепь, состоящую из источника тока и резистора сопротивлением  $R = 10$  Ом, включают вольтметр: сначала последовательно, а затем параллельно резистору. Оба показания вольтметра одинаковы. Сопротивление вольтметра  $R_V = 1000$  Ом. Определите внутреннее сопротивление  $r$  источника.

**46.29** В цепь, состоящую из источника тока и резистора сопротивлением  $R = 2$  Ом, включают амперметр: сначала последовательно, а затем параллельно резистору. Оба показания амперметра одинаковы. Сопротивление амперметра  $R_A = 1$  Ом. Определите внутреннее сопротивление  $r$  источника.

**46.30** В схеме  $R_1 = R_2 = R_3 = 200$  Ом. Вольтметр показывает  $V = 100$  В, сопротивление вольтметра  $R_V = 1$  кОм. Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  батареи. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало.



**46.31** Вольтметр, подключенный к зажимам батареи с ЭДС  $\mathbf{E} = 12$  В, показывает  $U_1 = 8$  В. Определите показание  $U_2$  любого из двух таких вольтметров, соединенных последовательно и подключенных к батарее.

**46.32** Двумя последовательно соединенными вольтметрами, рассчитанными на измерение напряжений до  $V = 150$  В, измеряют напряжение  $U = 220$  В. Сопротивления вольтметров  $r_1 = 28$  кОм и  $r_2 = 16$  кОм. Определите показания  $V_1$  и  $V_2$  вольтметров и наибольшее напряжение  $U_m$ , которое можно зарегистрировать этой измерительной системой.

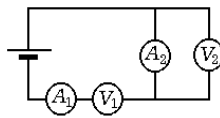
**46.33** Два одинаковых вольтметра, соединенных последовательно, при подключении к источнику тока показывают напряжение  $U_1 = 4,5$  В каждый. Один вольтметр, подключенный к тому же источнику, показывает напряжение  $U_2 = 8$  В. Определите ЭДС  $\mathbf{E}$  источника.

**46.34** Вольтметр, подключенный к клеммам источника с ЭДС  $\mathbf{E} = 12$  В, показывает  $U_1 = 9$  В. К клеммам источника подключают еще один такой же вольтметр. Определите показания  $U_2$  вольтметров.

**46.35** Если подключить к батарее два одинаковых вольтметра, соединив их параллельно или последовательно, то вольтметры покажут одинаковые напряжения  $U = 8$  В. Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  батареи.

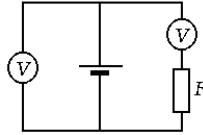
**46.36** Для определения ЭДС батареи к ней присоединяют последовательно два вольтметра. Их показания  $U_1$  и  $U_2$ . Если к батарее присоединить один из вольтметров, его показание  $U_3$ . Найдите ЭДС  $\mathbf{E}$  батареи.

**46.37** В схему включены два микроамперметра и два одинаковых вольтметра. Показания микроамперметров  $I_1 = 100$  мкА,  $I_2 = 99$  мкА. Показание первого вольтметра  $U_1 = 10$  В. Найдите показание  $U_2$  второго вольтметра.





**46.38** В схеме один вольтметр показывает  $U_1 = 11$  В, другой  $U_2 = 7$  В. Вольтметр сопротивлением  $R_0 = 2100$  Ом, соединен последовательно с резистором. Найдите сопротивление  $R$  резистора.



*Зарядка аккумулятора*

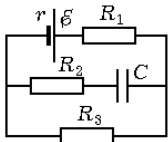
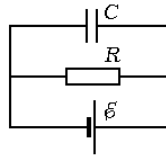
**46.39** ЭДС аккумуляторной батареи перед зарядкой  $\mathcal{E}_1 = 90$  В, после зарядки  $\mathcal{E}_2 = 100$  В. Величина тока в начале зарядки  $I_1 = 10$  А. Найдите величину  $I_2$  тока в конце зарядки, если внутреннее сопротивление батареи  $r = 2$  Ом. Напряжение, создаваемое зарядной станцией, постоянно.

*Конденсаторы в цепи постоянного тока*

**46.40** Электрическая цепь состоит из соединенных последовательно источника, сопротивления  $R = 500$  Ом и плоского конденсатора, площадь каждой обкладки которого  $S = 4$  см<sup>2</sup>. Если обкладки конденсатора сдвинуты до соприкосновения друг с другом, в цепи течет ток  $I = 0,2$  А. Какова величина  $Q$  заряда на обкладках в том случае, когда они находятся на расстоянии  $d = 2$  мм? Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало. Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

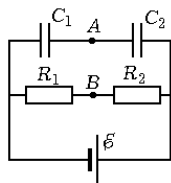
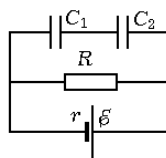
**46.41** Резистор сопротивлением  $R = 45$  Ом, конденсатор и батарея соединены последовательно и образуют замкнутую цепь, при этом заряд конденсатора  $q_1 = 6 \cdot 10^{-5}$  Кл. При параллельном подключении к батарее конденсатора и резистора заряд конденсатора  $q_2 = 4 \cdot 10^{-5}$  Кл. Найдите внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**46.42** В схеме на рисунке ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 5$  В, внутреннее сопротивление  $r = 0,5$  Ом. Расстояние между обкладками конденсатора  $d = 0,2$  см. При каком сопротивлении  $R$  величина напряженности электрического поля в плоском воздушном конденсаторе  $E = 2$  кВ/м?



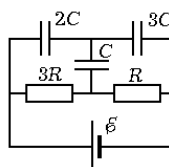
**46.43** В схеме на рисунке  $\mathcal{E} = 4,8$  В,  $r = 1$  Ом,  $R_1 = 2$  Ом,  $R_3 = 5$  Ом,  $C = 50 \cdot 10^{-6}$  Ф. Найдите заряд  $q$  конденсатора.

**46.44** В схеме на рисунке  $E = 4$  В,  $r = 1$  Ом,  $R = 3$  Ом,  $C_1 = 2$  мкФ,  $C_2 = 4$  мкФ. Найдите заряды  $q_1$  и  $q_2$  конденсаторов.



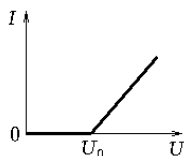
**46.45** Найдите разность  $\phi_A - \phi_B$  потенциалов в точках  $A$  и  $B$ . Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**46.46** Определите заряд  $q$  конденсатора емкостью  $C$ . Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

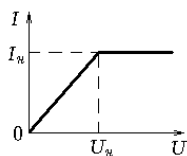


*Нелинейный элемент в цепи постоянного тока*

**46.47** Вольт-амперная характеристика некоторого нелинейного элемента такова, что до напряжения  $U_0 = 100$  В величина тока через элемент равна нулю, а затем линейно растет с напряжением. При подключении элемента к батарее ток в цепи  $I_1 = 2$  мА. При подключении элемента к той же батарее последовательно с сопротивлением  $R = 25$  кОм ток в цепи  $I_2 = 1$  мА. Определите ЭДС  $E$  батареи.



**46.48** В случае несамостоятельного газового разряда зависимость величины  $I$  тока через газоразрядную трубку от напряжения  $U$  на трубке имеет вид, показанный на графике. При некотором напряжении  $U_n$  ток через трубку достигает насыщения. Величина тока насыщения  $I_n = 10$  мкА. Если элемент, соединенный последовательно с некоторым сопротивлением  $R$ , подключить к источнику с ЭДС  $E = 2 \cdot 10^3$  В, то через элемент потечет ток величиной  $I = 5$  мкА. На сколько следует изменить величину  $R$ , чтобы достичь тока насыщения?



Цепь с несколькими источниками

**46.49** Две батареи с ЭДС  $E_1 = 5$  В,  $E_2 = 8$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 30$  Ом,  $r_2 = 20$  Ом соответственно соединены последовательно навстречу друг другу и подключены к нагрузке  $R = 10$  Ом. Определите напряжение  $U$  на нагрузке.

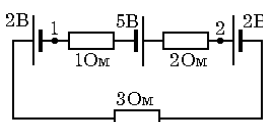
**46.50** Два элемента с одинаковыми ЭДС и различными внутренними сопротивлениями  $r_1$  и  $r_2$  соединены последовательно и замкнуты на внешнее сопротивление  $R$ . При какой величине  $R$  разность потенциалов на зажимах одного из элементов равна нулю?

**46.51** Два источника с ЭДС  $E_1 = 1,5$  В и  $E_2 = 2$  В соединены одинаковыми полюсами. Показание вольтметра, подключенного к клеммам этой батареи,  $U = 1,7$  В. Определите отношение  $r_1/r_2$  внутренних сопротивлений элементов. Внутреннее сопротивление вольтметра велико по сравнению с  $r_1, r_2$ .

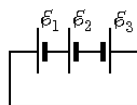
**46.52** Два источника, каждый с ЭДС  $E = 1,3$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,2$  Ом, соединены параллельно. Определите сопротивление  $R$  внешней цепи, если величина тока в ней  $I = 0,4$  А.

**46.53** В цепи с ЭДС  $E = 1,5$  В и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом течет ток  $I_1 = 0,5$  А. Последовательно с источником соединили еще один источник с такой же ЭДС. Величина тока в цепи уменьшилась до  $I_2 = 0,4$  А. Определите внутренние сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  источников.

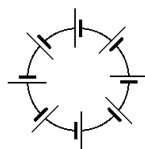
**46.54** Определите разность ( $\phi_1 - \phi_2$ ) потенциалов в точках 1 и 2. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.



**46.55** В схеме на рисунке ЭДС источников  $E_1 = 1$  В,  $E_2 = 4$  В,  $E_3 = 2$  В, внутренние сопротивления  $r_1 = 1$  Ом,  $r_2 = 2$  Ом,  $r_3 = 3$  Ом. Найдите напряжение  $U_1$  на зажимах первого источника.



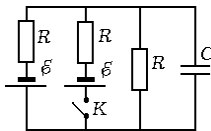
**46.56** В схеме на рисунке ЭДС каждого источника  $E$ , внутреннее сопротивление  $r$ . Найдите разность  $\Delta\phi$  потенциалов в двух любых точках цепи. Сопротивление проводов пренебрежимо мало.



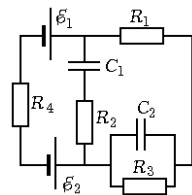
**46.57** Два источника с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 4$  В,  $\mathcal{E}_2 = 6$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 0,2$  Ом,  $r_2 = 0,3$  Ом соединены одноименными полюсами. Найдите ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  эквивалентного источника.

**46.58** Имеется несколько одинаковых источников с внутренним сопротивлением  $r$  каждый. При каком сопротивлении  $R$  внешней цепи ток в ней одинаков при последовательном и параллельном соединении источников?

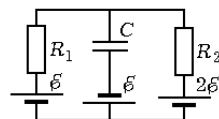
**46.59** В схеме на рисунке заряд конденсатора  $Q_1 = 10^{-6}$  Кл. Найдите заряд  $Q_2$  конденсатора после замыкания ключа  $K$ . Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.



**46.60** Найдите заряды  $q_1$  и  $q_2$  конденсаторов в схеме на рисунке. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.



**46.61** Определите разность  $\Delta\varphi$  потенциалов на конденсаторе в схеме, изображенной на рисунке. Определите знак заряда верхней обкладки конденсатора. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.



## 47. Электролиз

**47.1** Для покрытия металлических изделий в электролитическую ванну помещен цинковый электрод массой  $m = 120$  г. Найдите заряд  $Q$ , который должен пройти через ванну, чтобы электрод полностью израсходовался. Электрохимический эквивалент цинка  $k = 3,4 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

**47.2** Для покрытия цинком металлических изделий в электролитическую ванну помещен электрод массой  $m = 10$  г. Сколько времени  $\tau$  будет продолжаться процесс покрытия до полного израсходования электрода, если величина тока в цепи  $I = 15$  А? Электрохимический эквивалент цинка  $k = 3,4 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

**47.3** Какое количество  $N$  ионов осядет на катоде при электролизе из соли любого двухвалентного металла за  $\tau = 40$  мин при величине тока  $I = 4$  А? Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**47.4** При никелировании детали в течение  $\tau = 2$  ч через ванну проходил ток  $I = 25$  А. Какова толщина  $d$  слоя никеля? Площадь детали  $S = 0,2$  м<sup>2</sup>. Электрохимический эквивалент никеля  $k = 3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл, плотность никеля  $\rho = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**47.5** Никелирование металлического изделия с площадью поверхности  $S = 120$  см<sup>2</sup> продолжалась  $\tau = 5$  ч при величине тока  $I = 0,3$  А. Определите толщину  $d$  слоя никеля. Молярная масса никеля  $\mu = 58,7$  г/моль. Валентность никеля  $n = 2$ . Плотность никеля  $\rho = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль.

**47.6** Какой величины  $I$  ток должен проходить через слабо подкисленную воду, чтобы за  $\tau = 1$  мин разложилась вода массой  $m = 1$  г? Молярная масса воды  $\mu = 18$  г/моль. Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль.

**47.7** При электролизе слабо подкисленной воды через ванну прошел заряд  $q = 1$  Кл. Выделившийся кислород создает в объеме  $V = 0,25$  л давление  $P = 1,27 \cdot 10^5$  Па. Найдите температуру  $T$  кислорода. Валентность кислорода  $n = 2$ . Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К, элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

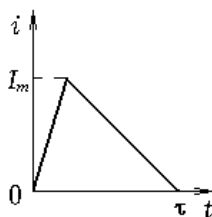
**47.8** Сколько электроэнергии  $W$  следует затратить для получения из воды  $V = 2,5$  л водорода при температуре  $t = 25$  °С и давлении  $P = 10^5$  Па? Электролиз ведется при напряжении  $U = 5$  В, КПД установки  $\eta = 75\%$ . Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

**47.9** Найдите расход  $W$  электроэнергии на получение  $m = 1$  кг алюминия. Электролиз ведется при напряжении  $U = 10$  В, КПД установки  $\eta = 80\%$ . Электрохимический эквивалент алюминия  $k = 0,93 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

**47.10** Какой заряд  $Q$  проходит через электролитическую ванну за  $\tau = 10$  с, если величина тока за это время равномерно возрастает от нуля до  $I = 3$  А? Какая масса  $m$  меди выделится на катоде ванны, если электролитом является раствор  $\text{CuSO}_4$ ? Молярная масса меди  $\mu = 63,6$  г/моль. Валентность ионов меди  $n = 2$ . Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль.

**47.11** Какая масса  $m$  меди выделилась на катоде за первые  $\tau = 100$  с, если величина тока, протекавшего через электролит, изменялась по закону  $I(t) = (5 - 0,02 \cdot t)$ , где  $t$  - время в секундах,  $I$  - величина тока в амперах? Молярная масса меди  $\mu = 63,6$  г/моль, валентность ионов меди  $n = 2$ . Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль.

**47.12** При никелировании детали величина  $i$  тока, проходившего через электролитическую ванну, изменялась по закону, приведенному на графике. Найдите максимальную величину  $I_m$  тока, если на детали отложилось  $m = 0,15$  г никеля. Время никелирования  $\tau = 100$  с. Электрохимический эквивалент никеля  $k = 3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.



**47.13** Для проверки амперметра его включили последовательно с электролитической ванной. При постоянном токе  $I$  через ванну за время  $\tau = 1,2 \cdot 10^3$  с выделилось  $m = 1,3 \cdot 10^{-3}$  кг серебра. Найдите величину  $I$  тока. Вычислите абсолютную  $\Delta I = (I - I_0)$  и относительную  $\delta I = (\Delta I / I) \cdot 100\%$  погрешности амперметра в этом опыте, если показание амперметра  $I_0 = 0,85$  А. Электрохимический эквивалент серебра  $k = 1,12 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл.