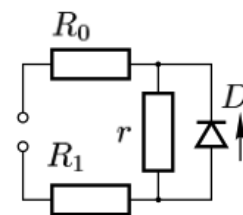


Диод и резисторы

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2009, РЭ, 9) В электрической цепи (рис.) сопротивления резисторов $R_0 = 15 \text{ Ом}$, $r = 16 \text{ Ом}$. Параллельно резистору r подсоединён электронный ключ D (диод). Вычислите сопротивление резистора R_1 , если суммарная мощность, выделяемая на резисторах R_1 и r , не зависит от полярности приложенного напряжения.

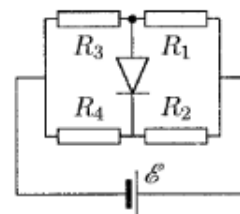
Примечание. Полупроводниковый диод — это электронное устройство, которое пропускает электрический ток только в одном направлении (по стрелке на рисунке). При этом сопротивление диода пренебрежимо мало.



$$R_1 = \frac{r}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4R_0}{r}} + 1 \right) = 9 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 2. (МФТИ, 2006) 1) При каких значениях сопротивления резистора R_1 идеальный диод в схеме, изображённой на рисунке, будет открыт, если $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$?

2) Чему будет равен ток через диод при $R_1 = 1 \text{ Ом}$, если ЭДС батареи $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$, а её внутренним сопротивлением можно пренебречь?



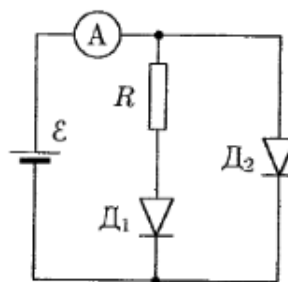
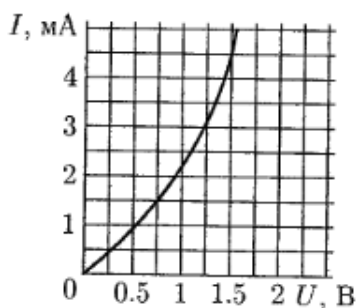
$$1) R_1 < \frac{R_2 R_3}{R_4} = 1,5 \text{ Ом}; 2) I = 0,4 \text{ А}$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 2003) Вольт-амперная характеристика диода в прямом направлении изображена на рисунке слева. Два таких диода D_1 и D_2 включены в схему, изображённую на правом рисунке. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$, сопротивление резистора $R = 500 \text{ Ом}$.

1) Чему равно напряжение на диоде D_1 ?

2) Что покажет амперметр А?

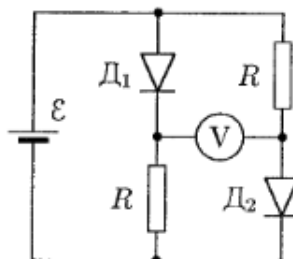
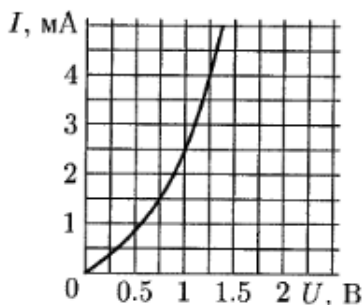
Внутренним сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.



$$1) U_1 = 0,75 \text{ В}; 2) I = 6 \text{ mA}$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 2003) Вольт-амперная характеристика диода в прямом направлении изображена на рисунке слева. Два таких диода D_1 и D_2 включены в схему, изображённую на правом рисунке. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 2$ В, сопротивление резисторов $R = 800$ Ом.

- 1) Чему равен ток через каждый диод?
 - 2) Что покажет идеальный вольтметр V ?
- Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



$$I_1 = I_2 = 1.5 \text{ mA}; \quad I = 3 \text{ mA}; \quad U = 1.5 \text{ V}$$

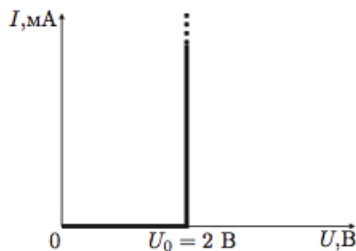
ЗАДАЧА 5. («Покори Воробьёвы горы!», 2017, 10–11) «Слабонеидеальный» диод открывается при напряжении, равном 1 В, и в открытом состоянии может пропустить любой ток без увеличения напряжения. Его подключают к источнику с ЭДС, равной 4 В. Чему будет равно отношение мощности тепловых потерь на диоде к мощности тепловых потерь на внутреннем сопротивлении источника? Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

$$\frac{\mathcal{E}}{I}$$

ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 2012, финал, 9) Полупроводниковый диод — это устройство, которое пропускает электрический ток только в одном направлении (рисунок слева). Если диод включить в обратном направлении (рисунок справа), ток через него течь не будет.

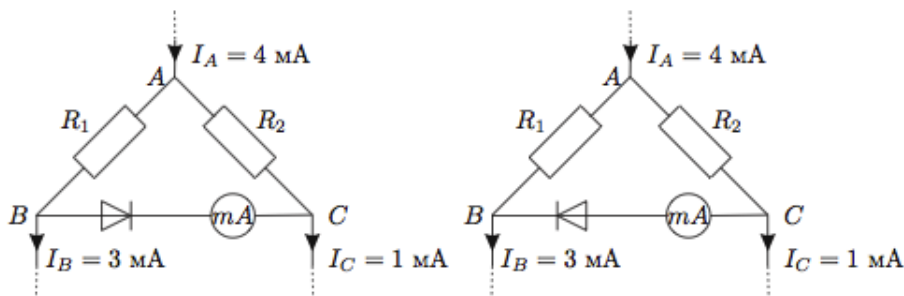


Вольт-амперная характеристика (зависимость силы тока через диод от напряжения на диоде) идеализированного диода приведена ниже на графике.



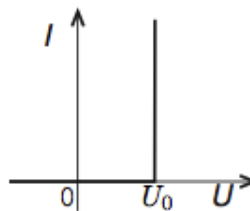
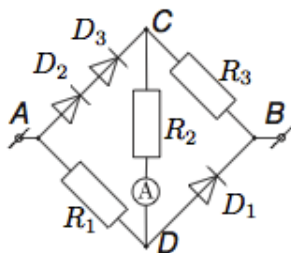
1) На нижнем левом рисунке изображён фрагмент разветвлённой электрической цепи. Сопротивления резисторов равны: $R_1 = 6$ кОм, $R_2 = 5$ кОм. Определите падение напряжения на диоде и силу тока, протекающего через миллиамперметр.

2) Диод включили в цепь другой полярностью (нижний правый рисунок). Сопротивления резисторов не изменились. Для этого случая определите падение напряжения на диоде и силу тока, текущего через миллиамперметр. В обоих случаях миллиамперметр считайте идеальным.



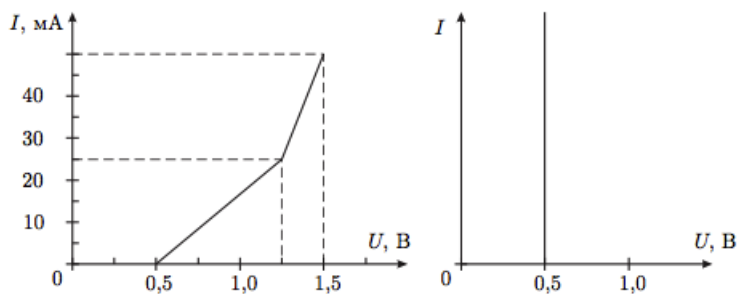
$$I_A = 4 \text{ mA}, I_B = 3 \text{ mA}, I_C = 1 \text{ mA}$$

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2015, финал, 9) Электрическая цепь, схема которой представлена на рисунке слева, содержит три одинаковых резистора сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = R$ и три одинаковых диода D_1, D_2 и D_3 . Зависимость силы тока, протекающего через диод, от напряжения на нём представлена на рисунке справа. Определите силу тока через амперметр I_A в зависимости от напряжения U_{AB} между точками A и B . Амперметр идеальный. Постройте график зависимости I_A от U_{AB} , указав значение силы тока и напряжения в характерных точках (например, максимум, минимум, излом).

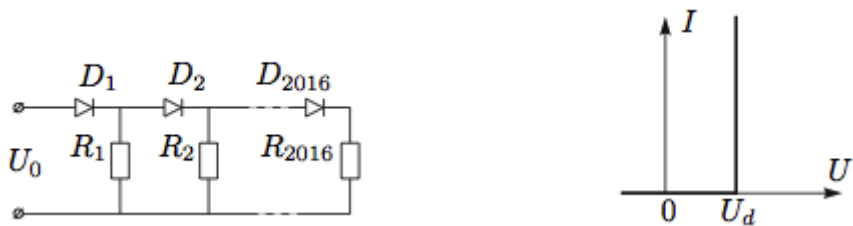


$$I = \begin{cases} 0, & U < U_0 \\ \frac{U - U_0}{R}, & U > U_0 \end{cases}$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2014, РЭ, 10) Теоретик Баг предложил экспериментатору Глюку определить схему электрического «чёрного ящика» (ЧЯ) с двумя выводами. В ящике находятся два одинаковых диода и два разных резистора. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) «чёрного ящика» приведена на левом рисунке, а ВАХ диода — на правом рисунке. Восстановите схему ЧЯ и определите сопротивление каждого из резисторов.



ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2016, финал, 10) Электрическая цепь (рисунок слева) состоит из 2016 звеньев, состоящих из одинаковых диодов и резисторов. Вольтамперная характеристика диода приведена на рисунке справа, напряжение $U_d = 1$ В. Сопротивление каждого резистора $R = 1$ Ом. На вход схемы подаётся постоянное напряжение U_0 .

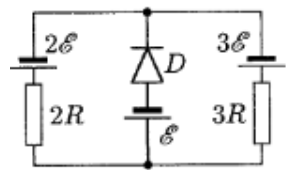


- 1) Определите силы токов через диоды и через резисторы при входном напряжении $U_0 = 4,4$ В.
- 2) Постройте вольтамперную характеристику схемы (зависимость тока I_0 от U_0) в диапазоне от 0 В до 3 В.
- 3) Определите входное напряжение U_0 , при котором ток через цепь равен $I_0 = 14$ А.

$$I_1 = 3,4 \text{ A}, I_{R_2} = 2,4 \text{ A}, I_{R_3} = 1,4 \text{ A}, I_{R_4} = 0,4 \text{ A}; I_{D_1} = 7,6 \text{ A}, I_{D_2} = 4,2 \text{ A}, I_{D_3} = 1,8 \text{ A}, I_{D_4} = 0,4 \text{ A}$$

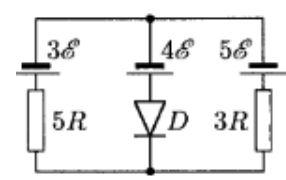
$$U_0 = 5,8 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 10. (МФТИ, 2005) В схеме, изображённой на рисунке, определите ток через идеальный диод D и напряжение на диоде. Параметры схемы указаны на рисунке, внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.



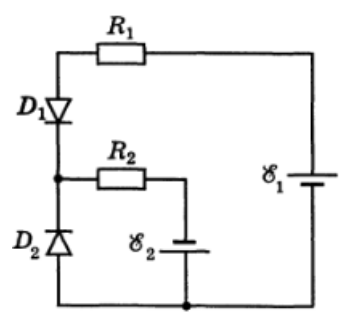
$$I = \frac{5\epsilon}{2R}$$

ЗАДАЧА 11. (МФТИ, 2005) В схеме, изображённой на рисунке, определите напряжение на идеальном диоде D и ток через диод. Параметры схемы указаны на рисунке, внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.



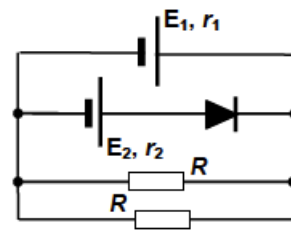
$$U = \frac{5\epsilon}{2}$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 1998, финал, 10) Определите силы токов, протекающих через диоды D_1 и D_2 в электрической цепи, параметры которой указаны на рисунке. Диоды считать идеальными.



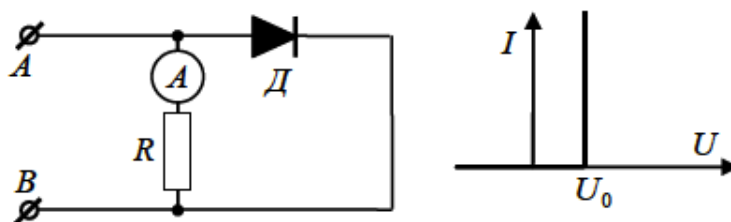
$$I_1 = \frac{\epsilon_1}{R_1}, I_2 = \frac{\epsilon_2}{R_1 + R_2}; I_1 < I_2$$

ЗАДАЧА 13. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 10–11) В схеме, приведённой на рисунке, диод можно считать идеальным. ЭДС аккумуляторов равны $\mathcal{E}_1 = 36$ В и $\mathcal{E}_2 = 32$ В, их внутренние сопротивления $r_1 = 5$ Ом и $r_2 = 2$ Ом соответственно. Нагрузкой являются два резистора с одинаковым сопротивлением $R = 50$ Ом, соединённые параллельно. Во сколько раз изменится выделяющаяся на нагрузке мощность P , если подключить в качестве нагрузки эти же два резистора, соединённые последовательно?



$$P \approx \frac{(\mathcal{E}_1 + I_1 r_1 + \mathcal{E}_2 + I_2 r_2) I_3}{(R + r_1 + r_2 + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)}$$

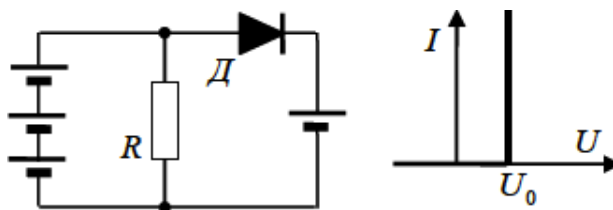
ЗАДАЧА 14. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) В схеме, показанной на рисунке слева, диод \mathcal{D} не является идеальным — его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа



При подключении к клеммам A и B одного аккумулятора амперметр показывает ток $I_1 = 0,36$ А, при подключении двух таких аккумуляторов, соединённых последовательно — ток $I_2 = 0,48$ А, трёх — ток $I_3 = 0,50$ А. При последовательном подключении четырёх таких аккумуляторов ток в ветви с амперметром остается равным $I_3 = 0,50$ А. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление источника, а также сопротивление резистора R , если пороговое напряжение диода $U_0 = 4,5$ В. Внутреннее сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I_3} - R = 9 \text{ Ом}, \quad \mathcal{E} = \frac{I_3 U_0}{I_3 - I_1} = 36 \text{ В}$$

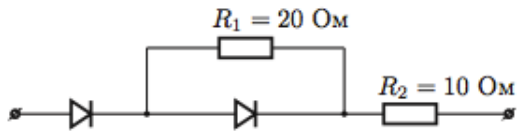
ЗАДАЧА 15. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) В схеме, показанной на рисунке слева, диод \mathcal{D} не является идеальным — его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа.



Все источники одинаковы, их внутреннее сопротивление равно r , а сопротивление резистора $R = 2r$. Найдите зависимость мощности тепловыделения в резисторе от величины ЭДС источников. Пороговое напряжение диода U_0 считать известным.

$$P = \begin{cases} \frac{18\mathcal{E}^2}{2} & \text{если } \mathcal{E} \geq 5U_0 \\ \frac{18\mathcal{E}^2}{2} - \frac{18\mathcal{E}U_0}{2} + 9U_0^2 & \text{если } \mathcal{E} < 5U_0 \end{cases}$$

Ответ к задаче 8



Ответ к задаче 9

