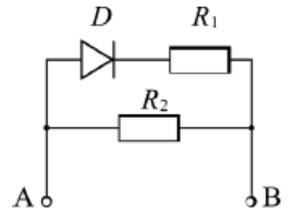


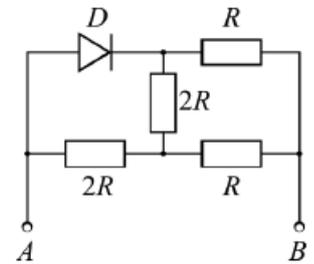
Диод и резисторы

ЗАДАЧА 1. («Курчатов», 2018, 9) Из идеального диода D и двух резисторов собрана электрическая цепь, схема которой показана на рисунке. Школьник Иннокентий измерил с помощью омметра сопротивление между клеммами A и B . Прибор показал значение 30 кОм. Затем Иннокентий изменил полярность подключения омметра и вновь измерил сопротивление между A и B . В этот раз прибор показал сопротивление 12 кОм. Помогите Иннокентию вычислить сопротивления резисторов R_1 и R_2 .



$$R_1 = 20 \text{ кОм}, R_2 = 30 \text{ кОм}$$

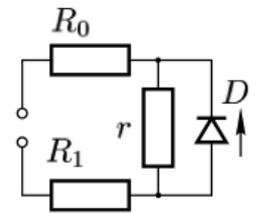
ЗАДАЧА 2. («Курчатов», 2018, 10) Из четырёх резисторов и идеального диода собрана электрическая цепь, схема которой показана на рисунке. Сопротивление $R = 10$ кОм. Определите силу тока, который будет протекать через диод, если к клеммам A и B подключить идеальный источник напряжения $U = 10$ В.



$$I = 1,25 \text{ мА}$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 2009, PЭ, 9) В электрической цепи (рис.) сопротивления резисторов $R_0 = 15$ Ом, $r = 16$ 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.

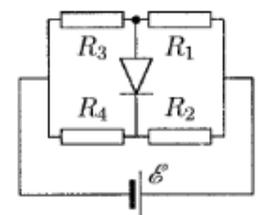
Примечание. Полупроводниковый диод — это электронное устройство, которое пропускает электрический ток только в одном направлении (по стрелке на рисунке). При этом сопротивление диода пренебрежимо мало.



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

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

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



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

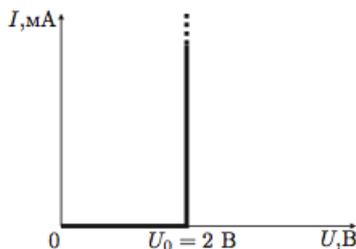
ЗАДАЧА 5. («Покори Воробьёвы горы!», 2017, 10–11) «Слабонеидеальный» диод открывается при напряжении, равном 1 В, и в открытом состоянии может пропустить любой ток без увеличения напряжения. Его подключают к источнику с ЭДС, равной 4 В. Чему будет равно отношение мощности тепловых потерь на диоде к мощности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

ε/Γ

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.

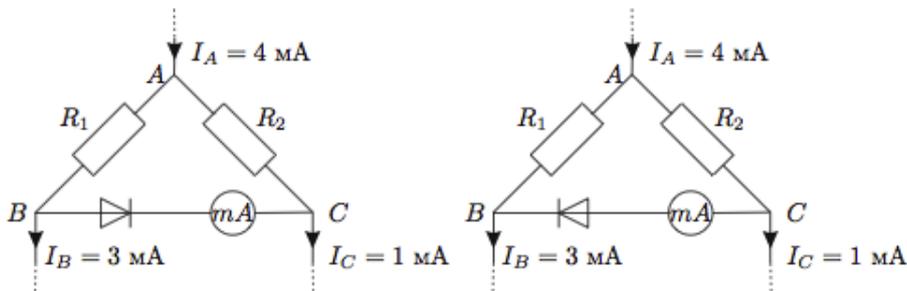


Вольт-амперная характеристика (зависимость силы тока через диод от напряжения на диоде) идеализированного диода приведена ниже на графике.



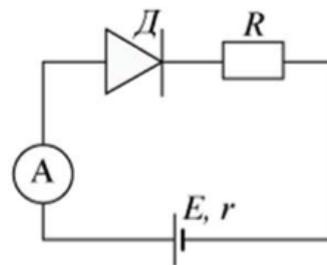
1) На нижнем левом рисунке изображён фрагмент разветвлённой электрической цепи. Сопротивления резисторов равны: $R_1 = 6 \text{ кОм}$, $R_2 = 5 \text{ кОм}$. Определите падение напряжения на диоде и силу тока, протекающего через миллиамперметр.

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.



1) $U_{BC} = -13 \text{ В}$, $I = 0$; 2) $U_{BC} = U_0 = 2 \text{ В}$, $I = 1 \text{ мА}$

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2017, ШЭ, 11) Определите показание идеального амперметра в цепи, схема которой приведена на рисунке. Зависимость силы тока I , протекающего через диод D , от напряжения U на нём описывается выражением $I = \alpha U^2$, где $\alpha = 0,02 \text{ А/В}^2$. ЭДС источника $E = 50 \text{ В}$. Внутреннее сопротивление источника напряжения и резистора равны $r = 1 \text{ Ом}$ и $R = 19 \text{ Ом}$ соответственно.

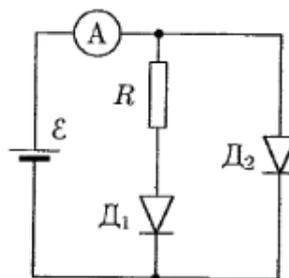
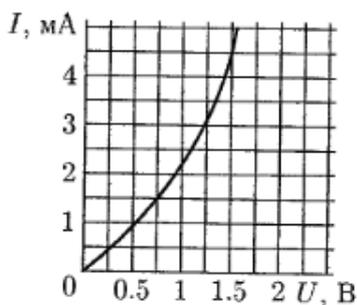


✓ 7

ЗАДАЧА 8. (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 $R = 500 \text{ Ом}$.

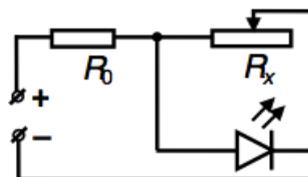
- 1) Чему равно напряжение на диоде D_1 ?
- 2) Что покажет амперметр А?

Внутренним сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.



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

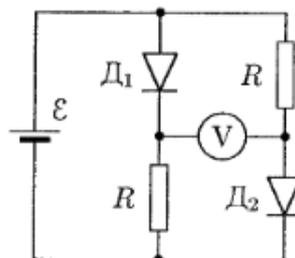
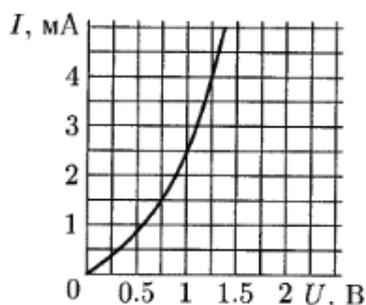
ЗАДАЧА 9. («Покори Воробьёвы горы!», 2019, 7–9) Цепь питания светодиода собрана по схеме, показанной на рисунке. Яркость его свечения регулируется с помощью реостата. При сопротивлении реостата $R_1 = 10 \text{ Ом}$ мощность, потребляемая светодиодом, равна $P_1 = 4,5 \text{ Вт}$, при $R_2 = 15 \text{ Ом}$ — $P_2 = 5,1 \text{ Вт}$. Какую мощность будет потреблять светодиод при максимальном сопротивлении реостата, равном $R_3 = 30 \text{ Ом}$? Можно считать, что источник идеальный, и что напряжение на светодиоде не зависит от протекающего тока.



$P_3 = 2P_2 - P_1 = 5,7 \text{ Вт}$

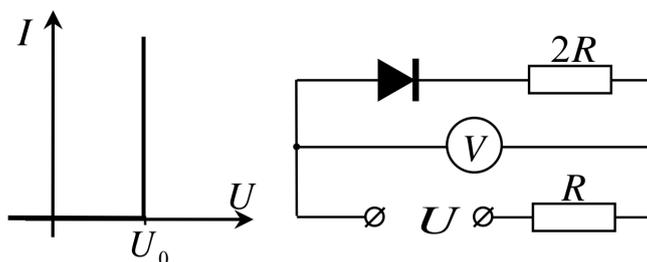
ЗАДАЧА 10. (МФТИ, 2003) Вольт-амперная характеристика диода в прямом направлении изображена на рисунке слева. Два таких диода D_1 и D_2 включены в схему, изображённую на правом рисунке. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 2$ В, сопротивление резисторов $R = 800$ Ом.

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



$$I_1 = I_2 = 1.5 \text{ mA}; \quad U_V = 0.5 \text{ V}$$

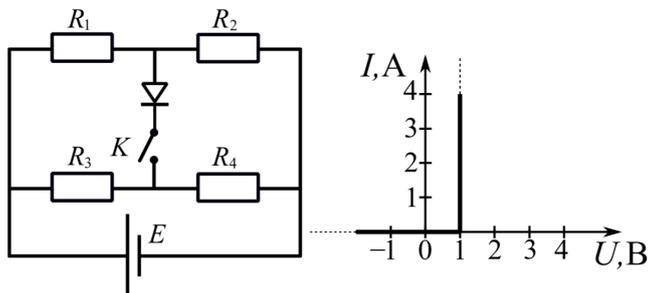
ЗАДАЧА 11. («Росатом», 2020, 11) Схема электрической цепи представлена на рисунке. Вольтметр и источник в ней идеальные, вольт-амперная характеристика диода (зависимость тока через диод от напряжения на нем) показана на рисунке. Здесь напряжение считается положительным, если падение потенциала происходит в направлении стрелки в обозначении диода.



Построить график зависимости показаний вольтметра U_V в зависимости от напряжения на входе цепи U . Найти показания вольтметра при напряжении на входе цепи $5U_0$ (разной полярности). Сопротивления резисторов даны на схеме.

$$U_V = \begin{cases} 0 & \text{если } U < U_0 \\ U - \frac{U}{2} = \frac{U}{2} & \text{если } U > U_0 \end{cases}$$

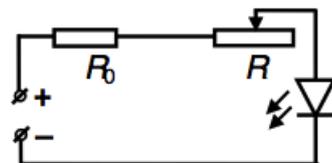
ЗАДАЧА 12. («Физтех», 2020, 11) В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.



1. Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
2. При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
3. При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 1,25$ Вт?

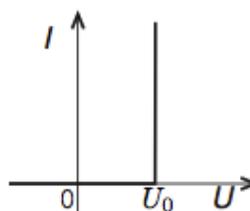
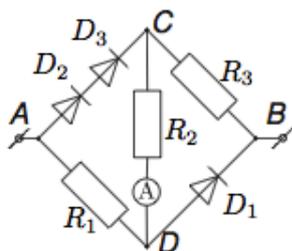
$$I = \frac{E}{R_3 + R_4} = 1 \text{ A}; \quad (2) \quad R_1 > 28 \text{ Ом}; \quad (3) \quad R_1 = 3 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 13. («Покори Воробьёвы горы!», 2019, 7–9) Цепь питания светодиода собрана по схеме, показанной на рисунке. Яркость его свечения регулируется с помощью реостата. При сопротивлении реостата $R_1 = 5$ Ом мощность, потребляемая светодиодом, равна $P_1 = 3$ Вт, при $R_2 = 10$ Ом — $P_2 = 2$ Вт. Какую мощность будет потреблять светодиод при максимальном сопротивлении реостата, равном $R_3 = 20$ Ом? Можно считать, что источник идеальный, и что напряжение на светодиоде не зависит от протекающего тока.



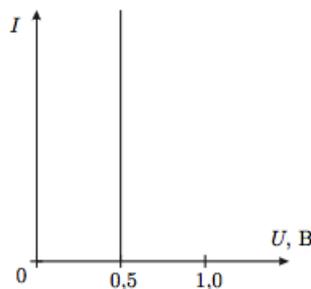
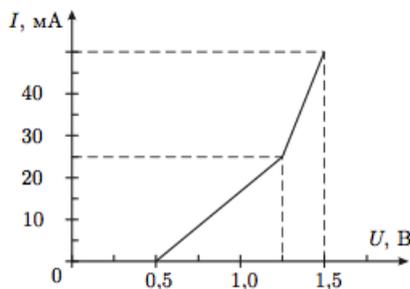
$$P_3 = \frac{3P_1 - 2P_2}{R_1 - R_2} = 1,2 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 14. (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 напряжение в характерных точках (например, максимум, минимум, излом).



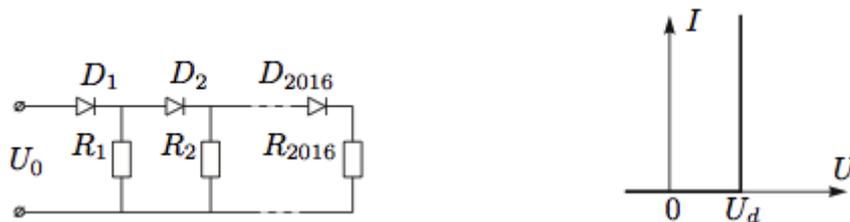
$$I_A = \begin{cases} U_{AB}/(3R), & \text{если } U_{AB} < \frac{2}{3}U_0; \\ U_0/(2R), & \text{если } \frac{2}{3}U_0 < U_{AB} < \frac{4}{3}U_0; \\ (3U_0 - U_{AB})/R, & \text{если } \frac{4}{3}U_0 < U_{AB}. \end{cases}$$

ЗАДАЧА 15. (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.



С.М. КОНЕЦ ЛИСТКА

ЗАДАЧА 16. (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 .

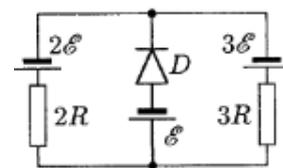


- 1) Определите силы токов через диоды и через резисторы при входном напряжении $U_0 = 4,4$ В.
- 2) Постройте вольтамперную характеристику схемы (зависимость тока I_0 от U_0) в диапазоне от 0 В до 3 В.
- 3) Определите входное напряжение U_0 , при котором ток через цепь равен $I_0 = 14$ А.

2) См. конец листка; 3) $U_0 = 5,8$ В

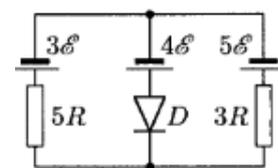
1) $I_{R1} = 3,4$ А, $I_{R2} = 2,4$ А, $I_{R3} = 1,4$ А, $I_{R4} = 0,4$ А; $I_{D1} = 7,6$ А, $I_{D2} = 4,2$ А, $I_{D3} = 1,8$ А, $I_{D4} = 0,4$ А

ЗАДАЧА 17. (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.



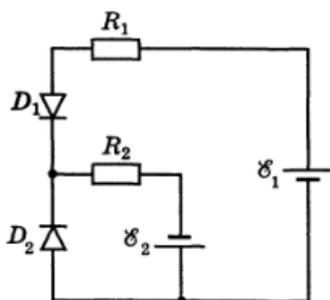
$0 = \Omega : \frac{2\epsilon}{2R} = I$

ЗАДАЧА 18. (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.



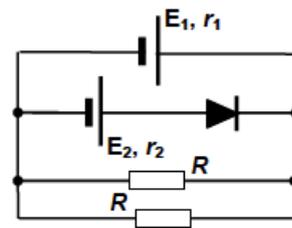
$0 = I : \frac{5\epsilon}{5R} - \Omega$

ЗАДАЧА 19. (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.



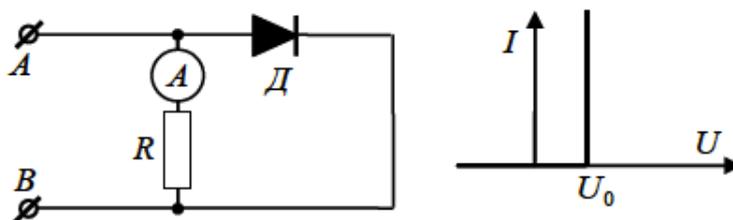
Если $\frac{\epsilon_2}{R_1} < \frac{\epsilon_1}{R_1 + R_2}$, то $I_1 = \frac{\epsilon_1}{R_1}$, $I_2 = \frac{\epsilon_2}{R_1 + R_2}$; иначе $I_1 = \frac{\epsilon_1}{R_1 + R_2}$, $I_2 = 0$

ЗАДАЧА 20. («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?



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

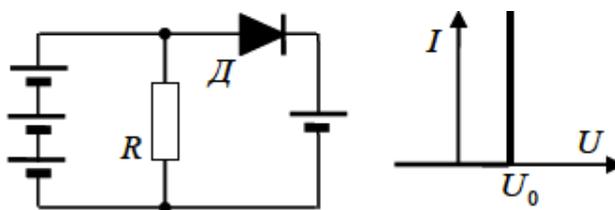
ЗАДАЧА 21. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) В схеме, показанной на рисунке слева, диод \mathcal{D} не является идеальным — его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа



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.

$$U_0 = 4,5 \text{ В}, R = 9 \text{ Ом}, \mathcal{E} = 6 \text{ В}, r = 0,5 \text{ Ом}$$

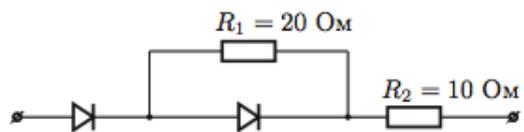
ЗАДАЧА 22. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) В схеме, показанной на рисунке слева, диод \mathcal{D} не является идеальным — его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа.



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.

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

Ответ к задаче 14



Ответ к задаче 15

