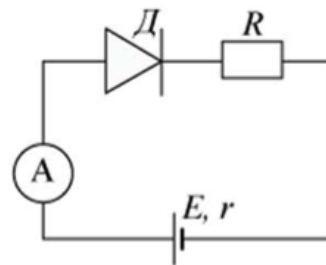


Нелинейные элементы

Вольт-амперная характеристика *нелинейного элемента* электрической цепи является нелинейной функцией.

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2017, I этап, 11) Определите показание идеального амперметра в цепи, схема которой приведена на рисунке. Зависимость силы тока I , протекающего через диод \mathcal{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.



5 7

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2012, регион, 10) Связь между напряжением U на лампе накаливания и силой тока, текущего через неё, даётся формулой $I \sim U^{3/5}$. Две лампы с номинальными напряжениями 220 В и номинальными мощностями $P_1 = 40 \text{ Вт}$ и $P_2 = 100 \text{ Вт}$ включили последовательно в сеть 220 В . Какое напряжение падает на лампе меньшей номинальной мощности?

$$U_1 \approx \frac{E \cdot (\frac{r_2}{r_1})^{1/5} + 1}{0.1} = 118 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 3. («Курчатов», 2014, 11) Газоразрядная лампа, вольт-амперная характеристика которой (зависимость тока, текущего через лампу, от напряжения на ней) задана уравнением $I = kU^2$, подключена последовательно с резистором сопротивлением R к источнику постоянного напряжения U . Если подключить неидеальный вольтметр к лампе, то он покажет напряжение V_1 , а если к резистору — V_2 . Найдите коэффициент k .

$$\frac{(r_2 - R) + r_2 \cdot U}{r_2 \cdot U} = k$$

ЗАДАЧА 4. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Лампы накаливания обычно являются *нелинейными* элементами электрических цепей — ток в них не пропорционален напряжению. Допустим, у нас есть набор ламп, для которых связь тока и напряжения дается формулой

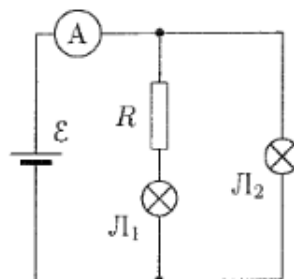
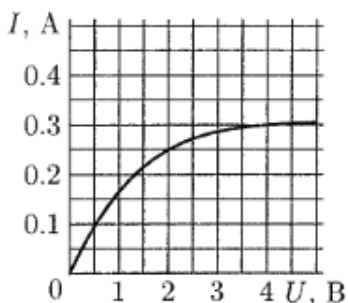
$$I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}},$$

где значения I_0 и U_0 соответствуют номинальному режиму. Кроме того, мы можем использовать набор одинаковых батарей с ЭДС $\mathcal{E} = U_0$. Если подключить одну лампу к одной батарее, то на лампе будет выделяться мощность $P = \frac{27}{64} P_0$ (P_0 — номинальная мощность). Из какого *минимального* количества последовательно соединённых ламп надо составить гирлянду, чтобы при подключении её к некоторому количеству последовательно соединённых батарей все лампы гирлянды работали в точности в номинальном режиме? Сколько батарей нужно будет для этого использовать?

5 ламп; 12 батарей

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2003) Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке слева. Две такие лампочки L_1 и L_2 включены в схему, изображённую на правом рисунке. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 4$ В, сопротивление резистора $R = 8$ Ом.

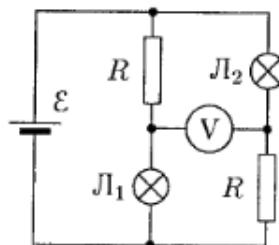
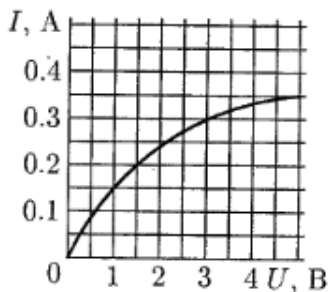
- 1) Чему равно напряжение на лампочке L_1 ?
 - 2) Что покажет амперметр А?
- Внутренним сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.



1) $U_{L_1} = 2$ В; 2) $I = 0,55$ А

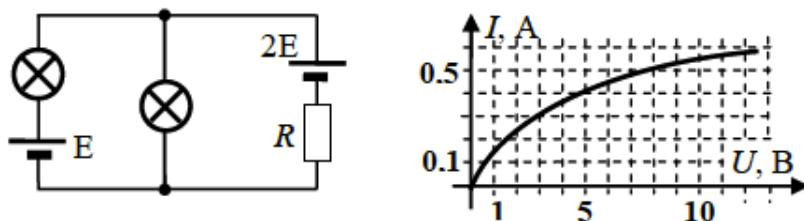
ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2003) Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке слева. Две такие лампочки L_1 и L_2 включены в схему, изображённую на правом рисунке. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 4,5$ В, сопротивление резисторов $R = 15$ Ом.

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



1) $I_1 = I_2 = 0,2$ А; 2) $V = 1,5$ В

ЗАДАЧА 7. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) В схеме, показанной на рисунке слева, одинаковые лампы являются нелинейными элементами — их вольтамперная характеристика показана на рисунке справа.



Сопротивление резистора $R = 28$ Ом, а $E = 6$ В. Найти суммарную мощность, потребляемую обеими лампами.

$$P \approx 2,14 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2015, финал, 10) Некоторые элементы электрических цепей являются нелинейными, то есть сила тока, протекающего через них, не пропорциональна приложенному напряжению. Допустим, что у нас есть лампа накаливания, для которой сила тока $I_{л}$ пропорциональна $\sqrt{U_{л}}$, диод, у которого $I_{д}$ пропорциональна $U_{д}^2$, и источник постоянного напряжения. При этом и лампа, и диод обладают одинаковым свойством: если подключить любой из этих элементов к источнику в качестве нагрузки, то мощность тепловых потерь на нагрузке будет максимально возможной для данного источника. Если подключить к источнику лампу и диод, соединив их последовательно, то мощность потерь на такой нагрузке будет равна $P_1 = 7,2$ Вт. Какой будет мощность, если в качестве нагрузки к источнику присоединить лампу и диод, соединенные параллельно?

$$P_2 = P_1 = 7,2 \text{ Вт}$$