



Задания, ответы и критерии оценивания

**Задача 1 (10 баллов)**

Почему птицы слетают с высоковольтных проводов при включении напряжения?

**Решение.**

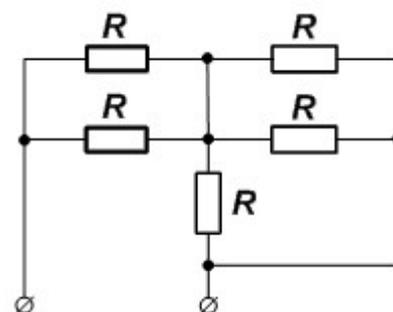
При включении высокого напряжения на перьях птицы возникает статический электрический заряд, в результате чего перья птицы расходятся, это и заставляет птицу улететь.

**Задача 2 (20 баллов)**

Найти сопротивление данной схемы, если все сопротивления одинаковы и равны  $R$ .

**Решение:**

$$R_{\text{схемы}} = R/2 + R/3 = 5R/6$$



**Задача 3 (20 баллов)**

В электрическую цепь последовательно включен реостат и электрический кипятильник (см. рис.) Необходимо найти сопротивление реостата, если при включении на первую ступень (1) по цепи протекает ток 1,2 А, а при включении на последнюю ступень (6) ток равен 4,2 А. Напряжение генератора 110 В.

**Решение.**

Если реостат включен в цепь в положении 1, то ток проходит через весь реостат и полезную нагрузку, то есть через всю цепь

$$R_{\text{общ}} = R_p + R_n = U/I = 91,6 \text{ Ом.}$$

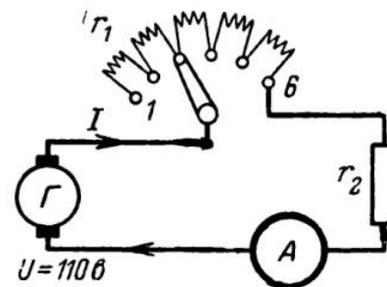
Если реостат включен в цепь в положении 6, то реостат исключен из цепи и ток проходит только через полезную нагрузку.

$$R_n = U/I = 26,2 \text{ Ом.}$$

Сопротивление реостата равно разности между общим сопротивлением и сопротивлением нагрузки.

$$R_p = R_{\text{общ}} - R_n = 65,4 \text{ Ом}$$

Сопротивление реостата 65,4 Ом



#### Задача 4 (20 баллов)

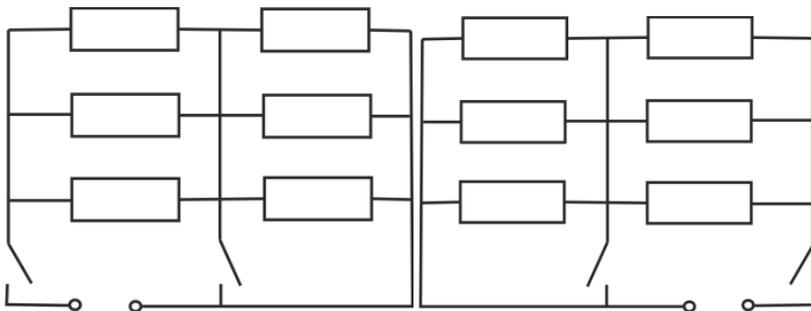
В люстре 6 одинаковых лампочек. Она управляется двумя выключателями, имеющими два положения – «включено» и «выключено». От коробки с выключателями к люстре идут три провода. Лампочки в люстре либо:

- а) все не горят;
- б) все горят не в полный накал;
- в) три лампочки не горят, а три горят в полный накал.

Нарисуйте возможные схемы электрической цепи.

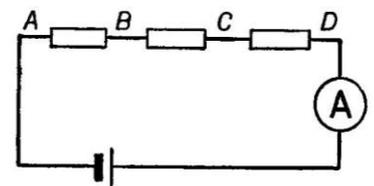
#### Решение.

Из условия следует, что при замыкании одного выключателя на все лампочки должно подаваться напряжение, меньшее чем напряжения в сети. При замыкании же второго выключателя на три лампочки должно подаваться полное напряжение сети, а три остальные лампочки должны либо отключаться от сети, либо подключаться к сети так, что бы напряжение между их контактами было равно нулю. Поэтому ясно, что нужно собрать две одинаковые схемы, состоящие из трёх параллельно соединённых лампочек каждая, а затем соединить эти две схемы друг с другом и подключить к источнику напряжения. Это можно сделать двумя способами.



#### Задача 5 (30 баллов)

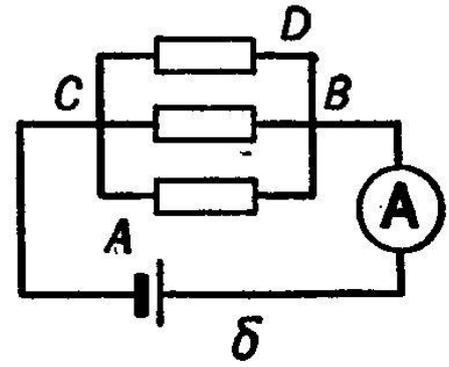
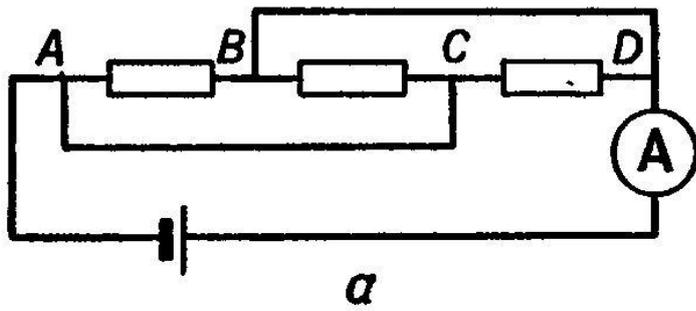
Три одинаковых сопротивления присоединены к источнику питания постоянного тока. Как изменится показание амперметра если точку А соединить проводником с точкой С, а точку В соединить проводником с точкой D. Напряжение источника питания не изменяется.



#### Решение

После соединения проводников получаем схему:

- а) Если соединить точку проводником А с точкой С, а также другим проводником соединить точку В с точкой D, то последовательное соединение преобразится в параллельное рис.
- б) Сопротивление цепи уменьшится в 9 раз, соответственно ток увеличится в 9 раз.



Сопротивление последовательной исходной схемы

$$R+R+R=3R ,$$

$$\text{Ток } I_1=U/3R$$

Сопротивление параллельной схемы

при  $n$  одинаковых сопротивлений  $R=R/n$ ,  $R=R/3$

$$\text{Ток } I_2= 3U/R$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{3U}{R}}{\frac{U}{3R}} = 9$$

Показания амперметра увеличатся в 9 раз.



**Задания, ответы и критерии оценивания**

**Задача 1 (10 баллов)**

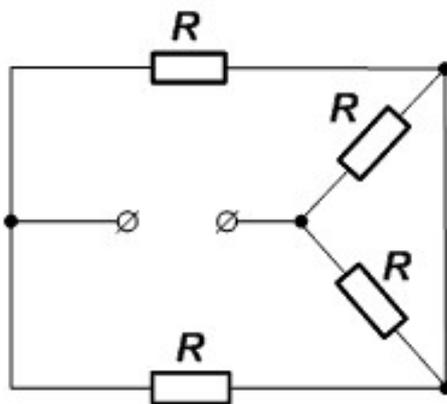
Электрический ток в металлических проводниках представляет собой движение свободных электронов, сталкивающихся с ионами из которых построена кристаллическая решетка металла, и отдающих при этом ионам количество движения, которое они приобрели до соударения. Почему металлический проводник, по которому идет ток, не испытывает никаких механических воздействий в направлении движения электронов?

**Решение.**

Средняя сила, с которой электроны действуют на ионы кристаллической решетки, равна силе с которой действует на ионы электрическое поле. Эти силы действуют в противоположном направлении, поэтому проводник не испытывает никаких механических воздействий в направлении движения электронов.

**Задача 2 (20 баллов)**

Найти сопротивление данной схемы, если все сопротивления одинаковы и равны  $R$ .



**Решение.**

$$R_{\text{схемы}} = R/2 + R/2 = R$$

**Задача 3 (20 баллов)**

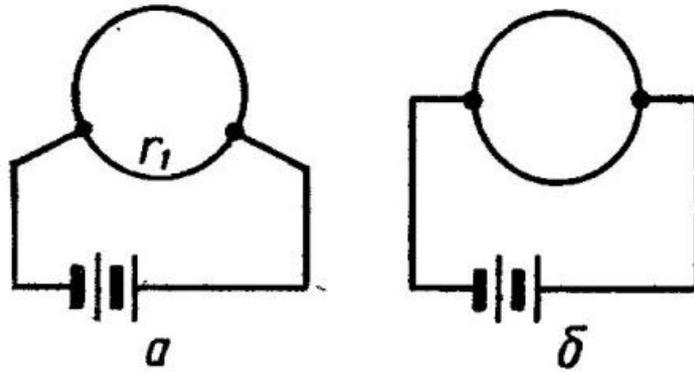
Проволочное кольцо включено в цепь так, что контакты делят длину кольца в отношении 1:2, выделяемая мощность 108 Вт. Какая мощность выделится в кольце, если контакты расположить по диаметру кольца. Сила тока и приложенное напряжение в кольце одинакова.

### Решение.

Проволочное кольцо включено в цепь так, что контакты делят длину кольца в отношении 1:2, следовательно сопротивление  $1/3$  кольца можно обозначить через  $r_1$ . Сопротивление всего кольца  $r = 3 r_1$ . При включении в цепь как показано на рис а, общее сопротивление цепи  $R_1 = 2 r_1/3$ . Мощность выделяемая в кольце  $P_1 = I^2 R_1 = \frac{2}{3} I^2 r_1$ , следовательно  $r_1 = \frac{3 P_1}{2 I^2}$ .

Когда контакты кольца расположены по диаметру рис б, общее сопротивление кольца  $R_2 = r/4 = 3 r_1/4$ .

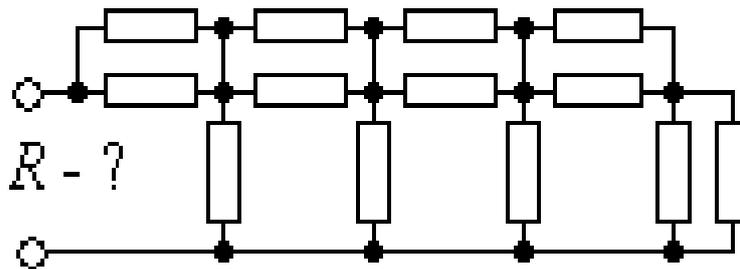
Мощность выделяемая в кольце  $P_2 = I^2 R_2$ , подставим  $r_1$   $P_2 = \frac{I^2 \cdot 9 P_1}{8 I^2} = \frac{9}{8} P_1 = 121.5 \text{ Вт}$



Выделившаяся мощность 121.5 Вт

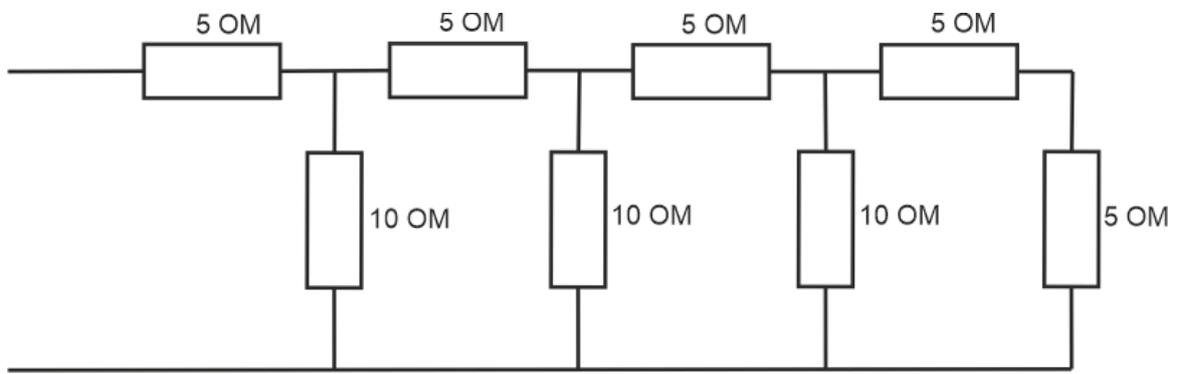
### Задача 4 (20 баллов)

Найдите сопротивление цепи которая показана на рисунке. Все резисторы одинаковые номинальным сопротивлением 10 Ом.



### Решение.

Во-первых, параллельно соединенные пары резисторов можно заменить одним резистором сопротивлением 5 Ом. Тогда два правых сопротивления по 5 Ом соединены последовательно и вместе дают 10 Ом. Это сопротивление подсоединено параллельно самому правому сопротивлению величиной тоже 10 Ом. Вместе они дают сопротивление величиной 5 Ом. Далее схема с меньшим количеством звеньев преобразуется аналогично. Таким образом, двигаясь от правого конца цепи к левому, получим, что общее сопротивление между входными клеммами цепи равно 10 Ом.



### Задача 5 (30 баллов)

К генератору с напряжением 130 В с внутренним сопротивлением 0,2 Ом, для освещения туристической базы, подключены параллельно 50 одинаковых ламп накаливания. Характеристики лампы накаливания  $W = 60$  Вт,  $U = 120$  В. Расстояние от генератора до освещаемого места 200 м. Каким должно быть сечение медного провода, чтобы напряжение на лампах было равно номинальному.

#### Решение.

В проводах и на внутренней обмотке генератора допустимо падение напряжения

$$E - U = 130 - 120 = 10 \text{ В}$$

Ток проходящий через 1 лампу  $W = UI$ ,  $I_{\text{л}} = W/U = 0,5$  А.

Общий ток цепи  $I = 50 I_{\text{л}} = 25$  А.

Падение напряжения на внутренней обмотке генератора  $U_{\text{вн}} = IR_{\text{вн}} = 5$  В, значит падение напряжения в проводах не должно превышать 5 В.

Сопротивление проводов  $R_{\text{пр}} = U_{\text{пр}}/I = 0,2$  Ом.

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ отсюда } S = \rho \frac{l}{R} = 35,6 \text{ мм}^2$$

Сечение медного провода  $17 \text{ мм}^2$



Задания, ответы и критерии оценивания

**Задача 1 (10 баллов)**

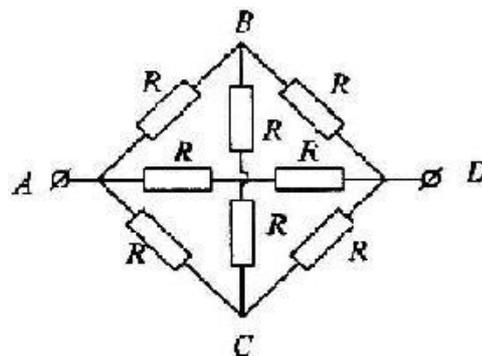
Почему при вспышке молнии могут перегореть предохранители во внутренней проводке здания, хотя непосредственного удара молнии в проводку не было.

**Решение.**

При вспышке молнии возникает переменное электромагнитное поле, которое возбуждает в электросети индукционный ток. Величина индукционного тока может быть много больше той величины тока, на которую рассчитаны предохранители. Поэтому они и перегорают.

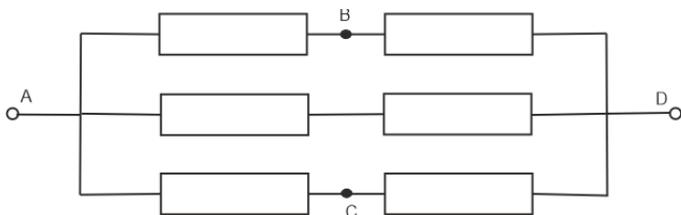
**Задача 2 (20 баллов)**

На рисунке сопротивление каждого резистора равно  $R$ . Определите общее сопротивление электрической цепи относительно зажимов  $AD$ . Для пояснения решения нарисовать схему замещения цепи.



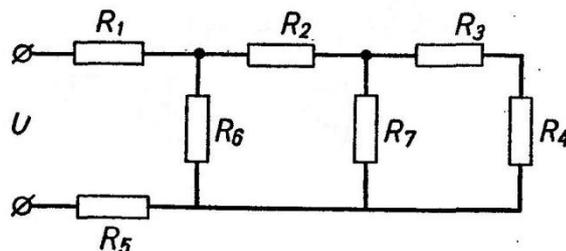
**Решение.**

Потенциалы точек  $B$  и  $C$  равны, поэтому по элементу цепи  $BC$  ток не идет. Ток течет по трем параллельным ветвям цепи  $ABD$ ,  $AD$  и  $ACD$ , каждая из которых имеет сопротивление  $2R$ , тогда общее сопротивление цепи  $R_{\text{общ}}=2R/3$



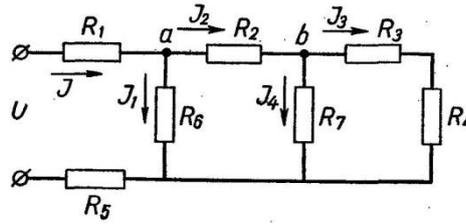
**Задача 3 (20 баллов)**

Сопротивления цепи показанной на рисунке  $R_1=R_5=10$  Ом,  $R_2=R_4=20$  Ом,  $R_3=R_6=50$  Ом,  $R_7=70$  Ом. Напряжение питания  $U=46$  В. Определить ток, проходящий по сопротивлению  $R_7$ .



## Решение.

Начертим эквивалентную схему, на которой обозначим узлы и токи



$R_3, R_4$  соединены последовательно  $r_1 = R_3 + R_4 = 70$  Ом и параллельно с  $R_7$ , их общее сопротивление  $r_2 = \frac{R_7 \cdot r_1}{R_7 + r_1} = 35$  Ом соединено последовательно с  $R_2$ ,

общее сопротивление  $r_3 = r_2 + R_2 = 55$  Ом соединено параллельно с  $R_6$   $r_4 = \frac{R_6 \cdot r_3}{R_6 + r_3} = 26$  Ом.

Общее сопротивление цепи  $r = R_1 + R_5 + r_4 = 46$  Ом.

Ток в цепи  $I = \frac{U}{r} = 1$  А разветвляется в узле а на токи  $I_1$  и  $I_2$ ,

причем  $\frac{I}{I_2} = \frac{r_3}{r_4}$ ;  $I_2 = I \frac{R_6}{R_6 + r_3} = 0,47$ .

Ток  $I_2$  разветвляется в узле б на токи  $I_3$  и  $I_4$ ; причем  $\frac{I_2}{I_4} = \frac{R_7}{r_2}$ ,

следовательно  $I_4 = I_2 \frac{r_2}{R_7} = 0,24$  А или  $I_4 = I_2 \frac{r_1}{R_7 + r_1} = 0,24$  А

Общее сопротивление цепи – 46 Ом,

Ток, проходящий по сопротивлению  $R_7$  – 0,24 А

## Задача 4 (20 баллов)

В распоряжении Николая имеется фарфоровый цилиндр диаметром  $D = 15$  мм, моток никелиновой проволоки диаметром  $d = 0,2$  мм и источник питания напряжением 100 В. Сколько витков никелиновой проволоки необходимо намотать на фарфоровый цилиндр, чтобы сделать кипятильник, в котором за 10 мин. закипает 1,3 л воды, взятой при начальной температуре  $10^\circ\text{C}$ ? Принять КПД установки  $\eta = 63\%$ , удельное сопротивление никелина  $\rho = 0,42$  мкОм·м, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·град), плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

## Решение.

Число витков проволоки равно отношению длины провода на длину одного витка

$N = \frac{l}{\pi D}$ . Рассмотрим закон сохранения энергии для данной системы  $\frac{\eta U^2 T}{R} = c \rho_v V \Delta t$ ,

выразим отсюда  $R = \frac{\eta U^2 T}{c \rho_v V \Delta t}$ , и также  $R = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho 4l}{\pi d^2}$

$\frac{\eta U^2 T}{c \rho_v V \Delta t} = \frac{\rho 4l}{\pi d^2}$ , отсюда  $l = \frac{\eta U^2 T \pi d^2}{4 \rho c \rho_v V \Delta t}$ , тогда  $N = \frac{\eta U^2 T d^2}{4 \rho c \rho_v V \Delta t D} \approx 12$

Необходимо 12 витков.

### Задача 5 (30 баллов)

В цилиндре с диаметром 48 см содержится воздух объёмом  $0,35 \text{ м}^3$  при давлении 1,9 бар и температуре  $29^\circ\text{C}$ . До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на 40 см.

#### Решение

Объём цилиндра  $V = \frac{\pi d^2 h}{4}$ , отсюда  $h_1 = \frac{4V}{\pi d^2} = 1,9 \text{ м}$

Объём цилиндра с поднятым поршнем  $V_1 = \frac{\pi d^2 h}{4} = 0,42$

Используя уравнение Менделеева-Клайперона  $PV = MRT$ , зная что масса воздуха осталась неизменной, запишем для изобарного процесса  $\frac{PV_1}{T_1} = \frac{PV_2}{T_2}$ , следовательно

$$T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1} = 362,4 \text{ K}, \text{ или } 89,4^\circ\text{C}$$

Воздух должен нагреться до  $89,4^\circ\text{C}$ .