



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

Почему птицы слетают с высоковольтных проводов при включении напряжения?

Решение.

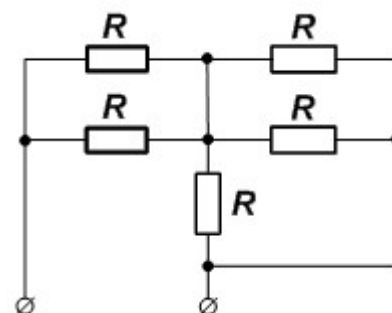
При включении высокого напряжения на перьях птицы возникает статический электрический заряд, в результате чего перья птицы расходятся, это и заставляет птицу улететь.

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

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

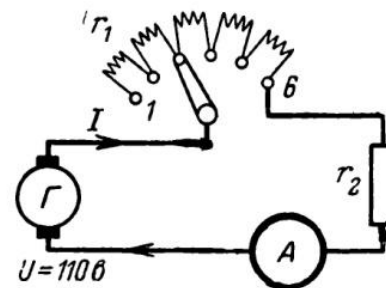
Если реостат включен в цепь в положении 6, то реостат исключен из цепи и ток проходит только через полезную нагрузку.

$$R_n = U/I = 26,2 \text{ Ом.}$$

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)

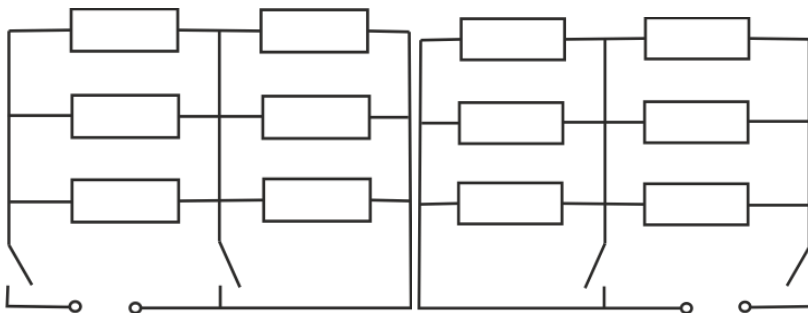
В люстре 6 одинаковых лампочек. Она управляется двумя выключателями, имеющими два положения – «включено» и «выключено». От коробки с выключателями к люстре идут три провода. Лампочки в люстре либо:

- 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.

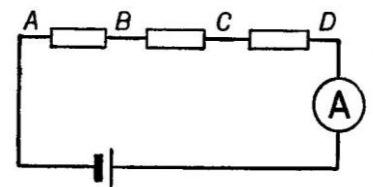
Решение.

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)

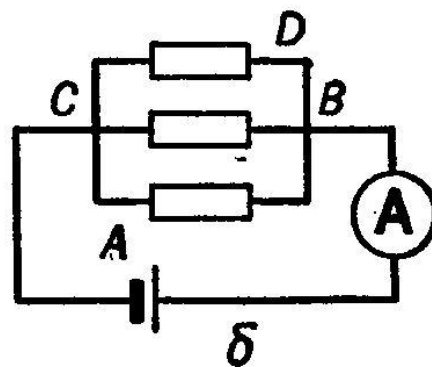
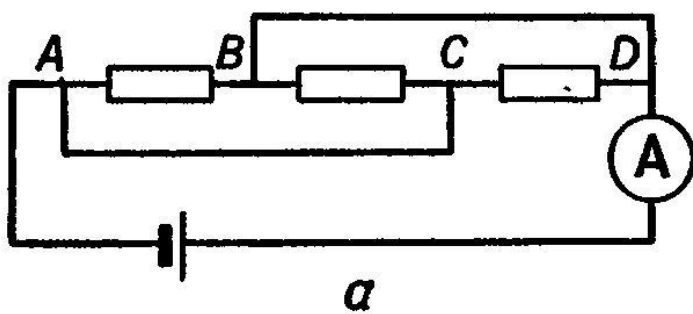
Три одинаковых сопротивления присоединены к источнику питания постоянного тока. Как изменится показание амперметра если точку А соединить проводником с точкой С, а точку В соединить проводником с точкой D. Напряжение источника питания не изменяется.



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)

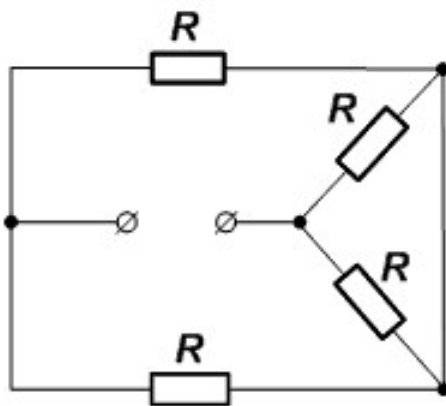
Электрический ток в металлических проводниках представляет собой движение свободных электронов, сталкивающихся с ионами из которых построена кристаллическая решетка металла, и отдающих при этом ионам количество движения, которое они приобрели до соударения. Почему металлический проводник, по которому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

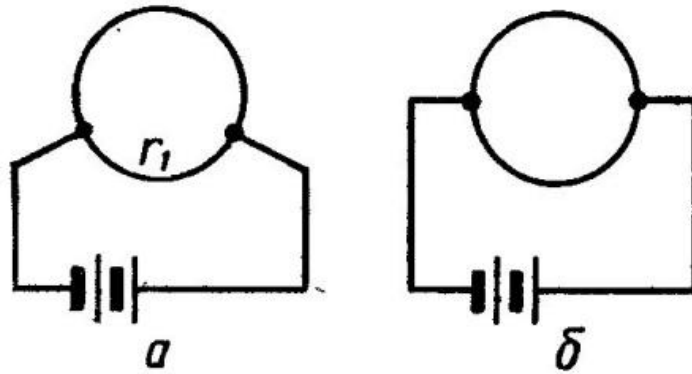
Проволочное кольцо включено в цепь так, что контакты делят длину кольца в отношении 1:2, выделяемая мощность 108 Вт. Какая мощность выделится в кольце, если контакты расположить по диаметру кольца. Сила тока и приложенное напряжение в кольце одинакова.

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 $R_2 = r/4 = 3 r_1/4$.

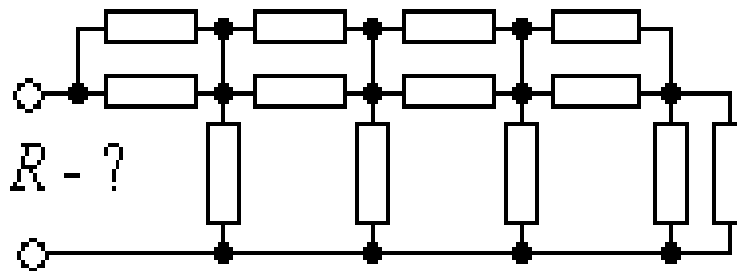
Мощность выделяемая в кольце $P_2 = I^2 R_2$, подставим r_1 $P_2 = \frac{I^2 \cdot 9 P_1}{8 I^2} = \frac{9}{8} P_1 = 121.5 \text{ Вт}$



Выделившаяся мощность 121.5 Вт

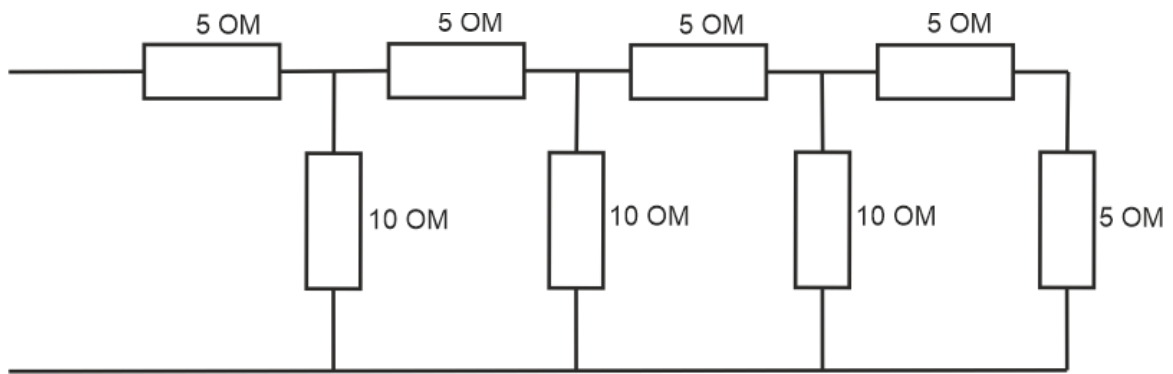
Задача 4 (20 баллов)

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 $I = 50I_{\text{л}} = 25$ 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 $35,6 \text{ мм}^2$



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

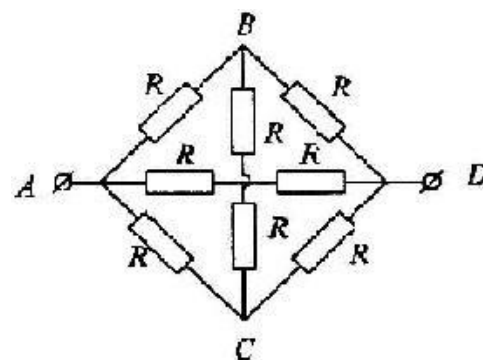
Почему при вспышке молнии могут перегореть предохранители во внутренней проводке здания, хотя непосредственного удара молнии в проводку не было.

Решение.

При вспышки 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.

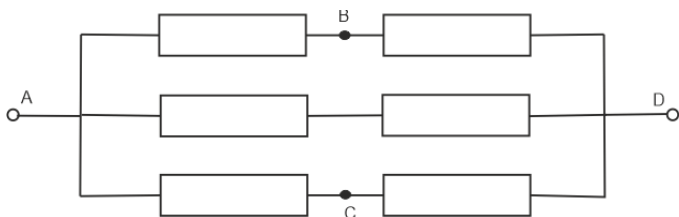
Задача 2 (20 баллов)

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



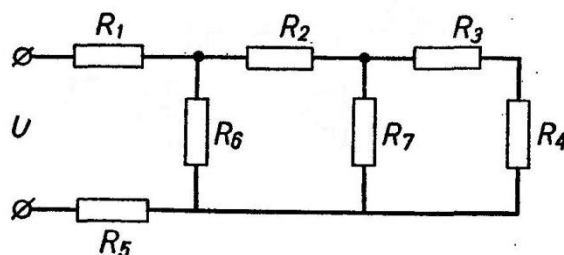
Решение.

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 $R_{\text{общ}}=2R/3$



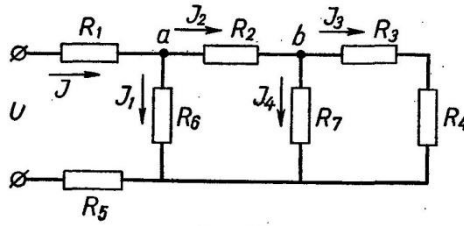
Задача 3 (20 баллов)

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°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/м³.

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 $N = \frac{\eta U^2 T d^2}{4 \rho c \rho_v V \Delta t D} \approx 11,7$

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°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

$$T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1} = 337\text{K}, \text{ или } 64^\circ\text{C}$$

Воздух должен нагреться до 64°C .