



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

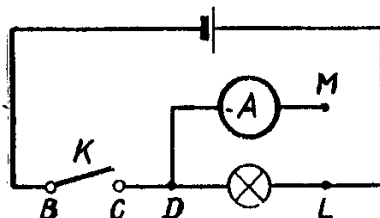
В коробке перемешаны медные винты и железные шурупы. Каким образом можно быстро рассортировать их, имея аккумулятор, достаточно длинный медный изолированный провод и железный стержень?

Решение

Медный провод наматывают на железный стержень, а концы провода присоединяют к аккумулятору. Стержень намагничивается и притягивает к себе шурупы из коробки. Т.е. сделали электромагнит.

Задача 2 (20 баллов)

Амперметр присоединен к цепи в точке D. Куда надо присоединить клемму M амперметра, чтобы он не был испорчен и показывал ток в цепи. Если амперметр заменить вольтметром, то куда надо присоединить клемму M, чтобы измерить падение напряжения на лампе.

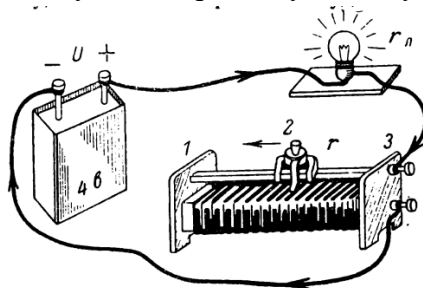


Решение

клемму M амперметра необходимо подключить к точке B при разомкнутом ключе K. (амперметр включается в цепь последовательно для измерения силы тока). Вольтметр присоединяется параллельно лампе, то есть к точке L.

Задача 3 (20 баллов)

Лампочка, рассчитанная на напряжение 4,5 В и силу тока 0,3 А, включена последовательно с реостатом сопротивлением 10 Ом и аккумулятором напряжением 4 В. В каком из положений движка реостата 1, 2, или 3, через лампочку будет проходить, максимальный ток. Ответ поясните решением. Для пояснения решения задачи составить принципиальную электрическую схему.



Решение

Сопротивление лампочки $R_L = U_L / I_L = 15 \text{ Ом}$

В положении 1 включен весь реостат, $R_p = 10 \text{ Ом}$

Сопротивление цепи $r = R_L + R_p = 25 \text{ Ом}$

Ток $I = U / r = 0,16 \text{ А}$.

В положении 2 включена половина реостата, $R_p = 5 \text{ Ом}$

Сопротивление цепи $r=R_{л}+R_{p}=20$ Ом

Ток $I=U/r=0,2$ А.

В положении 3 включена реостат выведен из цепи, $R_{p}=0$ Ом

Сопротивление цепи $r=R_{л}+R_{p}=15$ Ом

Ток $I=U/r=0,266$ А.

Максимальный ток проходит, когда реостат выведен из цепи.

Правильный ответ без решения 5 баллов.

Задача 4 (20 баллов)

Имеются 2 фонарика. 1 фонарик питается от батарейки напряжением 2,5 В, сопротивление лампочки фонарика 8,3 Ом. 2 фонарик питается от батарейки напряжением 4,5 В, сопротивление лампочки фонарика 15 Ом. Лампочка какого фонарика светит ярче. Ответ поясните решением

Решение

$I_1=U_1/r_1=2,5/8,3=0,3$ А сила тока в первом фонарике.

$I_2=U_2/r_2=4,5/15=0,3$ А сила тока во втором фонарике

Мощность выделяемая на первом фонарике. $P=UI=0,75$ Вт

Мощность выделяемая на втором фонарике. $P=UI=1,35$ Вт.

Второй фонарик светит ярче, т.к. выделяемая мощность больше.

Правильный ответ без решения 5 баллов.

Задача 5 (30 баллов)

Для того, чтобы измерить сопротивление резистора R, собрали электрическую цепь (рис. а). Показания вольтметра и амперметра были соответственно равны U_1 и I_1 . Затем для повторения эксперимента, используя то же оборудование, была собрана электрическая цепь (рис. б). На этот раз показания приборов были U_2 и I_2 . Чему равно значение сопротивления R? Напряжение аккумулятора одинаковое.

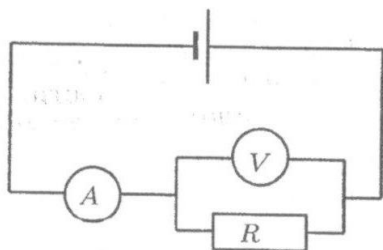


Рис А

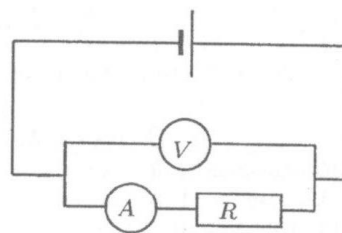


Рис. Б

Решение

Показания приборов в схемах А) и Б) разные, потому что амперметр и вольтметр не идеальные (5 баллов).

Пусть R_A - сопротивление амперметра, а E - напряжение аккумулятора,

Закон Ома для схемы а) $U_1+I_1R_A=E$

для схемы б) $I_2R + I_2R_A = U_2 = E$. (10 баллов)

Из совместного решения этих уравнений получим (15 баллов)

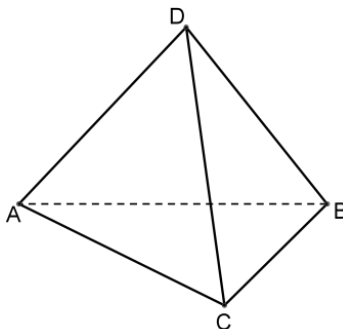
$$R= U_2/I_2-((U_2-U_1)/I_1)$$



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

Из проволоки постоянного сечения спаян правильный тетраэдр. К двум его вершинам приложено напряжение 220 вольт, а к двум другим подключен идеальный вольтметр. Найти показания вольтметра.



Решение

Если к двум вершинам такого тетраэдра подключить напряжение, то две другие совершенно эквивалентны, а значит и потенциалы их одинаковы. Учитывая, что идеальный вольтметр не вносит изменений и показывает разность потенциалов, то ответ – ноль.

Задача 2 (20 баллов)

В ходе цикла Карно рабочее вещество получает от нагревателя количество теплоты $Q = 300$ кДж. Температуры нагревателя и холодильника равны соответственно $T_1 = 450$ К и $T_2 = 280$ К. Определить работу A , совершаемую рабочим веществом за цикл.

Решение

$$\text{КПД цикла Карно } \eta = (T_1 - T_2) / T_1$$

$$\eta = A / Q$$

$$A = Q \cdot ((T_1 - T_2) / T_1)$$

$$A = 113 \text{ кДж.}$$

Задача 3 (20 баллов)

В елочной гирлянде было 30 лампочек четырех цветов, соединенных последовательно: синий, красный, желтый, зеленый, синий и так далее. В гирлянде перегорели две лампочки одного цвета. Для того чтобы починить гирлянду ее разрезали на три части. При починке гирлянды, полученные отрезки соединили параллельно. Оказалось, что сопротивление всей гирлянды уменьшилось ровно в 15 раз. Найти сколько лампочек может быть в каждом из отрезков, на которые разделили гирлянду и во сколько раз увеличилась сила тока в

цепи. Сопротивление всех лампочек одинаково равно r . (Изобразить схему соединения исходной гирлянды и гирлянды после восстановления)

Решение

Сопротивление всей исходной гирлянды $30r$. Пусть после того как гирлянду разрезали в ней осталось всего 28 лампочек в отрезках из x , y и $28-x-y$ лампочек в каждом. Тогда сопротивление всей получившейся при параллельном соединении цепи можно найти из уравнения:

$$1/xr + 1/yr + 1/(28-x-y)r = 1/2r$$

Решая данное уравнение получаем, что отрезки гирлянды будут иметь длины 3, 10, 15 лампочек соответственно.

Закон Ома для исходной гирлянды $U = 30rI_0$

Для куска из 3 лампочек $U = 3rI_1$

Для куска из 10 лампочек $U = 10rI_2$

Для куска из 15 лампочек $U = 15rI_3$

Отсюда находятся соотношения для токов в исходной гирлянде и в отрезках: $I_1 = 10I_0$, $I_2 = 3I_0$, $I_3 = 2I_0$.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Сила тока в цепи увеличилась в 15 раз.

Нарисована электрическая схема - 2 балла

Записано выражение для полного сопротивления - 4 балла

Найдены количества лампочек в отрезках - 10 баллов

Во сколько раз увеличилась сила тока в цепи - 4 балла

Задача 4 (20 баллов)

Электрическая цепь состоит из двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 40$ Ом и $R_2 = 60$ Ом, соединенных параллельно. Сила тока через первый резистор $I_1 = 0,60$ А. Определить мощность тепловых потерь в цепи. (Изобразить схему соединения резисторов)

Решение.

Мощность, выделяемая в цепи $P = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$,

где I_1 - ток, текущий через резистор R_1 , I_2 - ток, текущий через резистор R_2 .

При параллельном соединении напряжения на всех ветвях одинаковы $U_1 = U_2$.

Согласно закону Ома для однородного участка цепи $I_1 R_1 = I_2 R_2$.

Ток $I_2 = I_1 R_1 / R_2 = 0,4$ А. $P_1 = 14,4$ Вт, $P_2 = 9,6$ Вт

мощность тепловых потерь в цепи $P = 24$ Вт.

Задача 5 (30 баллов)

От генератора с э.д.с. $E = 110$ В требуется передать энергию на расстояние $l = 250$ м. Потребляемая мощность $P = 1$ кВт. Найти минимальное сечение S медных подводных проводов, если потери мощности в сети не должны превышать 1%.

Решение

По условию задачи потери мощности в сети должны превышать 1%, следовательно КПД $\eta = 99\%$.

Сопротивление проводов $R = \rho 2l/S$, $R = U/I$;

$P = EI$, отсюда $I = P/E$

КПД $\eta = U/E$, откуда $U = \eta E$.

$R = \eta E^2/P$;

$\eta E^2/P = \rho 2l/S$, откуда $S = \rho 2lP / \eta E^2 = 78 \text{ мм}^2$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Электроэнергетика»

10-11 классы

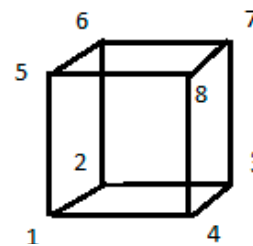
Заключительный этап

2020-2021

Задания, ответы и критерии оценивания

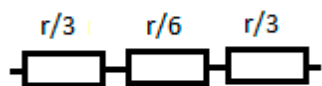
Задача 1 (10 баллов)

Из одинаковых проволочек спаяли куб. Определите, в каком случае сопротивление цепи больше, если источник напряжения подключить к крайним точками диагонали грани куба или к крайним точками диагонали куба.



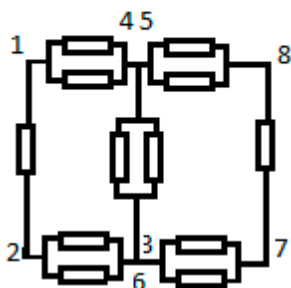
Решение

Куб спаян из одинаковых проволочек, значит сопротивление каждой такой проволочки r . Сопротивление эквивалентной схемы при подключении напряжения к крайними точками диагонали куба, т.е. между точками 1 и 7.



Полное сопротивление $R_1 = 5r/6$. (10 баллов)

Сопротивление эквивалентной схемы при подключении напряжения к крайним точками диагонали грани куба, т.е. между точками 1 и 8.

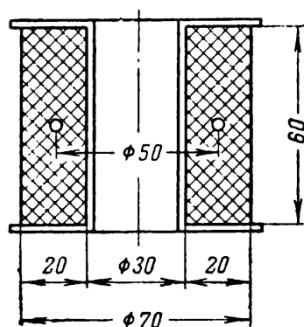


Полное сопротивление $R_2 = 3r/4$. (10 баллов)

Сопротивление больше если напряжение подключить к крайним точками диагонали грани куба.

Задача 2 (20 баллов)

Индуктивная катушка намотана из медной эмалированной проволоки диаметром 0,8 мм. Диаметр проволоки с изоляцией составляет 0,87 мм. Определить сопротивление индуктивной катушки. Удельное сопротивление меди принять равным $0,0178 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Размеры катушки индуктивности показаны на рисунке.



Решение.

Один слой обмотки состоит из $n=60/0,87=69$ витков

Число слоев обмотки $x=20/0,87=23$

Число витков катушки $N=69 \times 23=1587$

Средняя длина витка $\pi d=157 \text{ мм} = 0,157 \text{ м}$; $d=70-20=50 \text{ мм}$

Длина всей обмотки $l=0,157 \times 1587=249,2 \text{ м}$.

Сечение провода $S=\pi d^2/4=0,5 \text{ мм}^2$

Сопротивление катушки индуктивности $r=\rho l/S=8,87 \text{ Ом}$.

Задача 3 (20 баллов)

Найдите мощность, выделяемую во внешней цепи, состоящей из двух одинаковых сопротивлений, если известно, что на сопротивлениях выделяется одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Источником служит элемент с ЭДС $E = 9,0 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1,0 \text{ Ом}$. Как и почему выгоднее соединять эти сопротивления?

Решение

Мощность тока, выделяемая на внешнем участке цепи $P = I^2 R_{\text{вн}}$, где I – сила тока в цепи, $R_{\text{вн}}$ – сопротивление внешнего участка цепи.

При последовательном соединении двух одинаковых сопротивлений

$$R_{\text{вн}} = 2R,$$

При параллельном их соединении – $R_{\text{вн}} = R/2$.

Сила тока в цепи

при последовательном соединении сопротивлений $I_{\text{посл}} = E/(2R+r)$

при параллельном соединении $I_{\text{пар}} = 2E/(r+2R)$.

$$P_{\text{посл}} = P_{\text{пар}}$$

$$\frac{E^2 2R}{(2R + r)^2} = \frac{E^2 4R}{2(R + 2r)^2}$$

$$2R + r = R + 2r$$

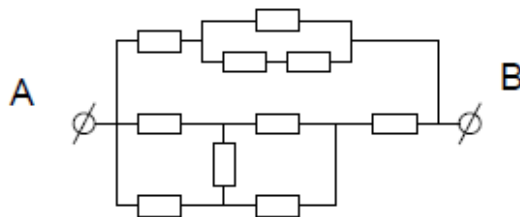
$$R = r$$

$$P = \frac{2E^2}{9r} = 18 \text{ Вт}$$

При этом тепловые потери будут разные. При параллельном соединении сопротивлений ток, текущий через источник ($I=6 \text{ А}$) в два раза больше, чем при последовательном их соединении ($I=3 \text{ А}$). Мощность тепловых потерь будет в четыре раза больше. Поэтому сопротивления выгоднее соединять последовательно.

Задача 4 (20 баллов)

10 сопротивлений соединили между собой так, как показано на рисунке.



Отдельное сопротивление перегорает, если ток через него превышает 12 А. Найти силу тока, при которой точки А и В будут изолированы друг от друга. Значение одного сопротивления принять равным R . (Решение необходимо пояснить эквивалентной схемой соединения резисторов, на которой показать все токи.)

Решение.

В нижней части схемы есть сопротивление, которое включено между точками с одинаковым потенциалом, поэтому ток через это сопротивление всегда равен 0 и его можно не учитывать.

Таким образом, эквивалентная схема содержит две параллельные ветви с сопротивлением

$R + 2/3R = 5/3R$ и $4R/4 + R = 2R$. Ток I_1 – ток протекающий в верхней части цепи. Ток I_2 – ток протекающий в нижней части цепи.

Точки А и В будут изолированы друг от друга при перегорании первого сопротивления в верхней части цепи.

Для этого ток через это сопротивление должен быть равен I_0 , то есть $I_1 = I_0$

Так как верхняя и нижняя часть соединены параллельно напряжение между ними одинаковое, получим:
 $5/3I_1 = 2I_2$

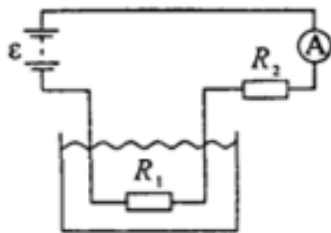
Следовательно $I_2 = 5/6 I_0$

$I = I_1 + I_2 = 11I_0/6$.

$I = 22$ А.

Задача 5 (30 баллов)

Нагреватель электрического чайника сопротивлением R_1 , подключен к источнику питания как показано на рисунке.



Э.д.с. батареи $E = 120$ В, сопротивление $R_2 = 10$ Ом. Амперметр показывает ток $I = 2$ А. Через какое время закипит объем $V = 0,5$ л воды? Начальная температура воды $t_0 = 4^\circ$ С. К.п.д. $\eta = 76\%$ нагревателя. (Удельная плотность воды $1 \cdot 10^3$ кг/м³; удельная теплоемкость воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/К·кг)

Решение

$$\text{Мощность нагревателя } P = UI = \frac{U^2}{R};$$

За время τ количество теплоты $Q = \eta Pt$, которое пойдет на нагревание до температуры кипения T_k .
 $Q = V\rho c(T_k - T_0)$ из этого

$$\tau = \frac{V\rho c(T_k - T_0)R}{\eta U^2};$$

Так как сопротивления включены последовательно, то ток в цепи $I = E/(R_1 + R_2)$, отсюда сопротивление $R_1 = E/I - R_2 = 50 \text{ Ом}$.

Падение напряжения на R_1 , равно $U_1 = IR_1 = 100 \text{ В}$.

$$\tau = 22 \text{ мин}$$