

## Мощность тока

ЗАДАЧА 1. («Курчатов», 2017, 8) С помощью электромотора груз массой 50 кг поднимают вверх. При этом груз движется с постоянной скоростью 3,5 см/с. На мотор подаётся постоянное напряжение 70 В, через мотор течёт ток силой 500 мА. Найдите КПД электромотора. Ускорение свободного падения 10 Н/кг.

50%

ЗАДАЧА 2. Резисторы с сопротивлениями  $2R$  и  $3R$  соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения  $U$ . Найдите мощность, выделяющуюся на резисторе с сопротивлением  $2R$ .

$$\frac{U^2}{2R} = P$$

ЗАДАЧА 3. («Курчатов», 2016, 9) В лаборатории есть два куска медной проволоки одинакового поперечного сечения. Если два этих куска соединить параллельно и подключить к идеальному источнику постоянного напряжения, то выделяющаяся в цепи мощность будет в 4,9 раза больше, чем если те же куски проволоки соединить последовательно и подсоединить к тому же источнику. Найдите отношение длин этих кусков проволоки.

5/2

ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 1995, ОЭ, 9) Для изготовления нагревателя имеется кусок нихромовой проволоки, сопротивление которого 1000 Ом. Нагреватель рассчитан на напряжение 220 В. Какой наибольшей мощности нагреватель можно сделать из этой проволоки, если максимально допустимая сила тока через проволоку равна 1 А?

880 Вт

ЗАДАЧА 5. (МОШ, 2014, 9–10) Школьник Вася проводит опыты с резисторами. Когда Вася подключил цепь из трёх последовательно соединённых резисторов к источнику напряжения, он обнаружил, что на первом резисторе выделяется мощность 2 Вт, на втором — 3 Вт, на третьем — 5 Вт.

А) Укажите номер резистора с наименьшим сопротивлением.

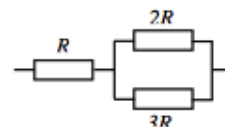
В) Какая мощность будет выделяться на первом резисторе, если к источнику подсоединить только его? Ответ выразите в ваттах и округлите до второй значащей цифры.

С) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из резисторов 1 и 2, соединённых последовательно. Какая мощность будет выделяться в этой цепи на резисторе 2? Ответ выразите в ваттах и округлите до второй значащей цифры.

Д) Школьник Вася разобрал электрическую цепь и подсоединил к батарейке цепь, состоящую из резисторов 1 и 2, соединённых параллельно. Какая мощность будет выделяться в этой цепи на резисторе 2? Ответ выразите в ваттах и округлите до второй значащей цифры.

A) 1; B) 50; C) 12; D) 33

ЗАДАЧА 6. («Росатом», 2012, 8–9) В схеме, представленной на рисунке, найти мощность, выделяемую на сопротивлении  $R$ . К схеме приложено напряжение  $U$ , величины всех сопротивлений даны на рисунке.



$$P = \frac{U^2}{25R}$$

ЗАДАЧА 7. («Физтех», 2017, 9) Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением  $R = 15$  Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно  $R_0 = 5R/3$ ? Ответ подкрепите схемой соединения и расчётом эквивалентного сопротивления.

2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 75$  В. Какая наименьшая мощность  $P$  рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

$$P = \frac{U^2}{25R} = 15 \text{ Вт; их три}$$

ЗАДАЧА 8. («Физтех», 2017, 9) Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением  $R = 30$  Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно  $R_0 = 3R/4$ ? Ответ подкрепите схемой соединения и расчётом эквивалентного сопротивления.

2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 90$  В. Какая наименьшая мощность  $P$  рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

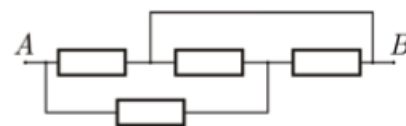
$$P = \frac{U^2}{9R} = 30 \text{ Вт; их три}$$

ЗАДАЧА 9. («Росатом», 2015, 8) Полюса источника тока подключают к противоположным полюсам шара. В каком сечении шара (поперечном току) при прохождении электрического тока будет выделяться наибольшая мощность? Ответ обосновать.



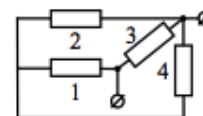
В точках подключения

ЗАДАЧА 10. («Курчатов», 2014, 9) Из четырёх одинаковых резисторов, сопротивление каждого из которых  $R = 100$  Ом, собрана цепь, показанная на рисунке. Найдите мощность, которая будет выделяться в цепи, если на концы  $A$  и  $B$  подать напряжение  $U = 120$  В.



$$240 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 11. («Росатом», 2014, 8–10) Из четырёх одинаковых сопротивлений собрали электрическую цепь, приведённую на рисунке. Найти отношение  $P_2 : P_3$  мощности тока на сопротивлениях 2 и 3.

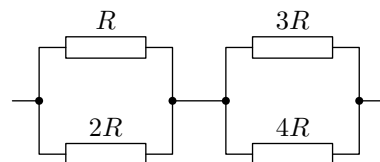


$$6 : 1$$

ЗАДАЧА 12. («Физтех», 2009) Электрическая цепь состоит из параллельно соединённых резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 80$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом и подключённого к ним последовательно резистора с сопротивлением  $R_3 = 20$  Ом. К цепи подведено напряжение. На резисторе  $R_1$  выделяется мощность  $P_1 = 20$  Вт. Найти мощности, выделяющиеся на резисторах  $R_2$  и  $R_3$ .

$$P_2 = 40 \text{ Вт}, P_3 = 45 \text{ Вт}$$

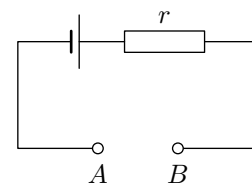
ЗАДАЧА 13. (МФТИ, 2008) Параллельно соединённые резисторы с сопротивлениями  $R = 25$  Ом и  $2R$  соединены последовательно с другими параллельно соединёнными резисторами с сопротивлениями  $3R$  и  $4R$  (см. рисунок). Цепь подключена к сети с постоянным напряжением. На резисторе с сопротивлением  $R$  выделяется мощность  $P = 49$  Вт.



- 1) Найдите ток через резистор с сопротивлением  $2R$ .
- 2) Какая мощность выделяется на резисторе с сопротивлением  $4R$ ?

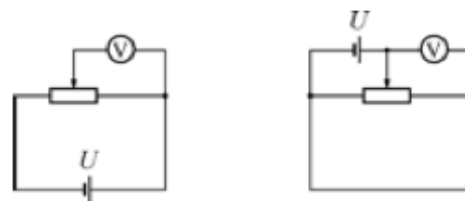
$$I) 0,7 \text{ А}; 2) 81 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 14. («Физтех», 2014, 9–10) К клеммам  $A$  и  $B$  цепи, схема которой показана на рисунке, присоединяют два одинаковых резистора, соединённых один раз последовательно, а другой — параллельно. Оказалось, что тепловая мощность на одном резисторе в обоих опытах одна и та же. Найдите сопротивление одного резистора, если  $r = 39$  Ом, а источник в цепи идеальный.



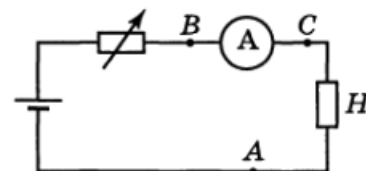
$$\text{НО } 6\text{Э}$$

ЗАДАЧА 15. («Курчатов», 2015, 9) Из источника постоянного напряжения, реостата и вольтметра (все приборы идеальные) собрана цепь, схема которой изображена на рисунке слева. Вольтметр показывает напряжение  $V_1 = 3$  В. Затем, не меняя положения движка реостата, источник подключают по-другому (рисунок справа). При этом вольтметр показывает напряжение  $V_2 = 15$  В, и на реостате выделяется мощность  $P = 5$  Вт. Чему равно полное сопротивление реостата?



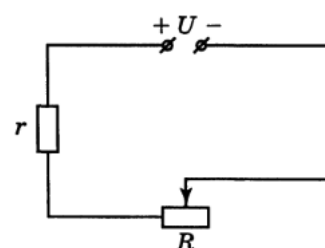
$$\text{НО } 18\text{Э} \approx \frac{(1\text{А} - \frac{2}{3}\text{А})^2 \cdot 1\text{В}}{4} = 5$$

ЗАДАЧА 16. (Межреспублик., 1992, финал, 9) Электронагреватель  $H$  подключают, соединяя его последовательно с амперметром и реостатом, к источнику тока и устанавливают реостатом силу тока  $0,1$  А (рис.). Затем в цепь между точками  $A$  и  $B$  включают резистор, сопротивление которого неизвестно. При этом амперметр стал показывать силу тока  $0,05$  А. Затем этот резистор отключают и включают его в другом участке цепи — между точками  $A$  и  $C$ . При этом амперметр стал показывать силу тока  $0,3$  А. Найдите отношение мощности нагревателя к полной мощности, развиваемой источником, т.е. КПД схемы во всех трёх случаях. Источник тока и амперметр считать идеальными. Сопротивление электронагревателя одно и то же во всех трёх случаях.



$$\eta_1 \approx 0,9 \approx 0,9 \frac{I_1^2 R_H}{I_1^2 (R_H + R_{\text{reostat}})} = \frac{R_H}{R_H + R_{\text{reostat}}} = \frac{1}{1 + \frac{R_{\text{reostat}}}{R_H}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2 R_{\text{reostat}}}{I_1^2 R_H}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2}{I_1^2} \frac{R_{\text{reostat}}}{R_H}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2}{I_1^2} \frac{P_2}{I_1^2 R_H}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2}{I_1^2} \frac{P_2}{I_1^2 \frac{P_1}{I_1^2 R_H}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2}{I_1^2} \frac{P_2}{P_1}} = \frac{1}{1 + \frac{I_2^2}{I_1^2} \frac{30}{48}} = \frac{1}{1 + \frac{25}{12}} = \frac{12}{37} \approx 0,324$$

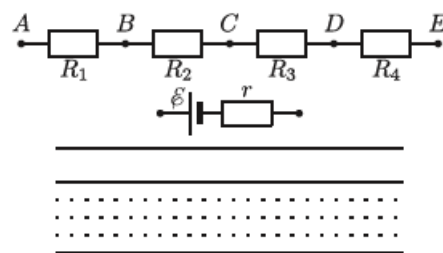
ЗАДАЧА 17. (Всеросс., 1996, финал, 9) Резистор, сопротивление которого постоянно, и реостат подсоединены к источнику постоянного напряжения  $U$  (рис.). При силе тока в цепи  $I_1 = 2$  А на реостате выделяется мощность  $P_1 = 48$  Вт, а при силе тока  $I_2 = 5$  А на нём выделяется мощность  $P_2 = 30$  Вт.



- 1) Определите напряжение источника и сопротивление резистора.
- 2) Найдите силу тока в цепи, когда сопротивление реостата равно нулю.
- 3) Найдите максимальную мощность, которая может выделяться на реостате. Чему равно сопротивление  $R_m$  реостата в этом случае?

$$U = 60 \text{ В}, r = 6 \text{ Ом}; P_{\text{max}} = 54 \text{ Вт при } R_m = \frac{48}{5} = 9,6 \text{ Ом}; I_0 = \frac{U}{r} = 10 \text{ А}; P_1 = 48 \text{ Вт при } I_1 = 2 \text{ А}; P_2 = 30 \text{ Вт при } I_2 = 5 \text{ А}$$

ЗАДАЧА 18. (МОШ, 2009, 9) Резисторы сопротивлениями  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом,  $R_3 = 40$  Ом и  $R_4 = 80$  Ом припаяны к клеммам  $A, B, C, D$  и  $E$  так, как показано на рисунке. Имеется источник тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В и внутренним сопротивлением  $r = 5$  Ом, а также много соединительных проводов малого сопротивления, которые можно подключать к источнику и к любой из клемм. Как нужно соединить источник и резисторы, чтобы общая тепловая мощность, выделяющаяся на резисторах, была максимальной? Чему равна эта мощность?

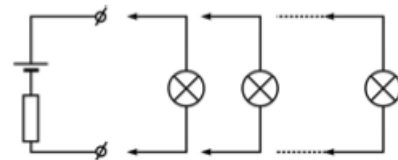


$$P_{\text{max}} \approx 7,19 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 19. (МОШ, 2010, 9) Современный лабораторный блок питания работает так: сначала ему задаются значения тока  $I_0$  и напряжения  $U_0$ . После подключения нагрузки блок сам выбирает один из двух режимов: либо поддерживает напряжение на нагрузке равным  $U_0$ , если при этом ток через нагрузку не больше  $I_0$ ; либо поддерживает ток через нагрузку равным  $I_0$ , если при этом напряжение на нагрузке не больше  $U_0$ . При каком сопротивлении нагрузки  $R$  в ней будет выделяться наибольшая мощность  $W_{\text{max}}$ , и чему она равна?

$$R = \frac{U_0}{I_0}; W_{\text{max}} = U_0 I_0$$

Задача 20. (МОШ, 2010, 10) Школьник Вася присоединяет к источнику питания, схема которого изображена на рисунке, электрические лампочки. Присоединив к источнику одну электрическую лампочку, Вася обнаружил, что на ней выделяется мощность  $P$ . Присоединив к источнику четыре такие же лампочки, соединённые параллельно, Вася обнаружил, что на них вместе также выделяется мощность  $P$ . Какая мощность  $P_n$  будет выделяться на лампочках, когда Вася подсоединит к источнику питания  $n$  параллельно соединённых лампочек? Считайте, что сопротивление лампочки не зависит от силы тока.

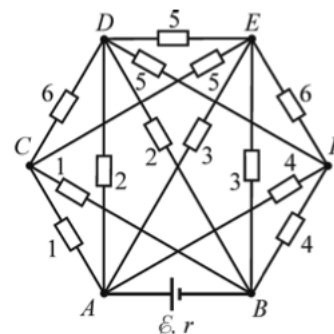


$$d^{\frac{z+u}{u6}} = uI$$

Задача 21. (МОШ, 2012, 10) Ёмкость аккумуляторов мобильных телефонов часто измеряют в миллиампер-часах (мАч). Эта величина показывает, сколько часов может работать аккумулятор, давая ток силой в один миллиампер. Ёмкость некоторого аккумулятора равна  $q = 950$  мАч. Мобильный телефон после зарядки аккумулятора проработал  $t = 80$  ч, а напряжение на аккумуляторе было почти постоянно и равно  $U = 3,6$  В, после чего аккумулятор разрядился. Чему равна средняя мощность, потреблявшаяся телефоном в этот период времени? Аккумулятор считать идеальным источником.

$$P = \frac{q}{t} U \approx 43 \text{ мВт}$$

Задача 22. (МОШ, 2015, 10) Найдите тепловую мощность, выделяющуюся в участке  $ACDEFB$  цепи, подключённом в точках  $A$  и  $B$  к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 5$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1,04$  Ом. Сопротивления резисторов указаны на схеме в Ом, сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь. Провода соединены только в местах, обозначенных точками.



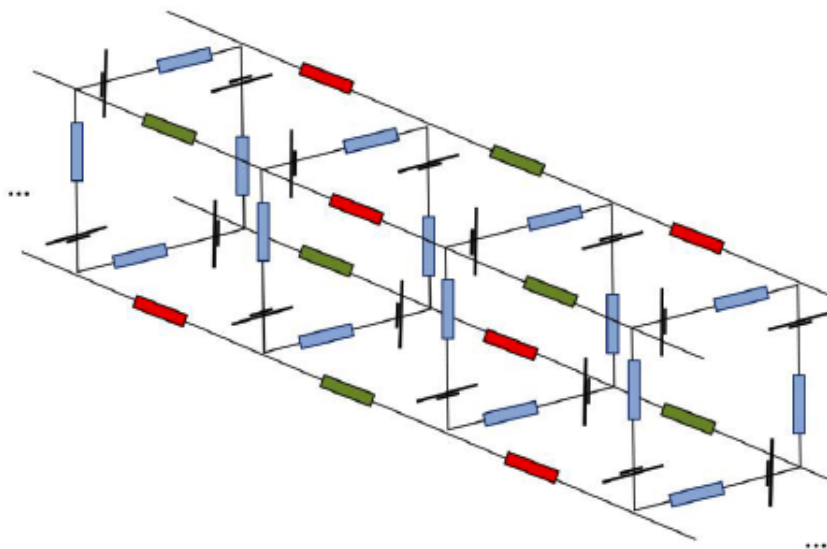
$$P = 6 \text{ Вт}; P_{AC} = P_{CB} = 1,44 \text{ Вт}, P_{AD} = P_{DE} = P_{CE} = P_{EF} = P_{DF} = P_{FE} = P_{EB} = 0,48 \text{ Вт}, P_{CD} = P_{DE} = P_{CE} = P_{DE} = P_{DF} = P_{FE} = 0$$

Задача 23. (МОШ, 2016, 10) На закреплённые неподвижно клеммы  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми равно 40 см, может подаваться постоянное напряжение 0,3 В. К клеммам прикреплены две медные проволоки без изоляции, всюду имеющие круглое поперечное сечение. Одна из проволок натянута и имеет длину 40 см, а другая имеет длину 70 см. Диаметр обеих проволок 0,6 мм. Как сделать так, чтобы тепловая мощность, выделяющаяся в этой системе, была максимальной? Чему равна эта мощность? Проволоки можно приводить в электрический контакт друг с другом всеми возможными способами, но нельзя обрывать их и отсоединять концы проволок от клемм. Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом  $\cdot$  м.



$$P \approx 9 \text{ Вт}$$

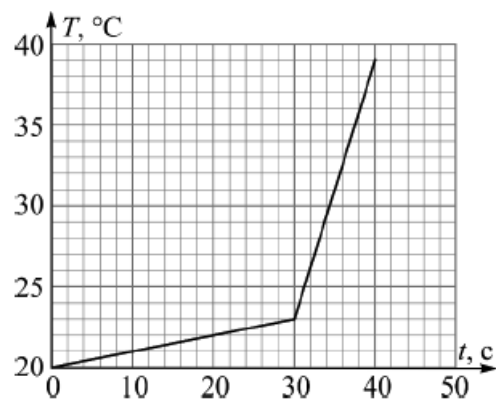
ЗАДАЧА 24. (МОШ, 2016, 11) Имеется цепочка, которая состоит из 2015 проволочных кубов, содержащих одинаковые источники напряжения с внутренними сопротивлениями  $r$  и внешние нагрузки  $R_1$  (синие),  $R_2$  (красные) и  $R_3$  (зелёные), соединённых так, как показано на рисунке.



При каком значении сопротивления  $R_1$  на внешних нагрузках будет выделяться максимальная суммарная мощность (значения  $R_2$  и  $R_3$  красных и зелёных резисторов известны)? Изобразите график зависимости  $P_c(R_1)$  мощности, выделяющейся на синем резисторе, от его сопротивления.

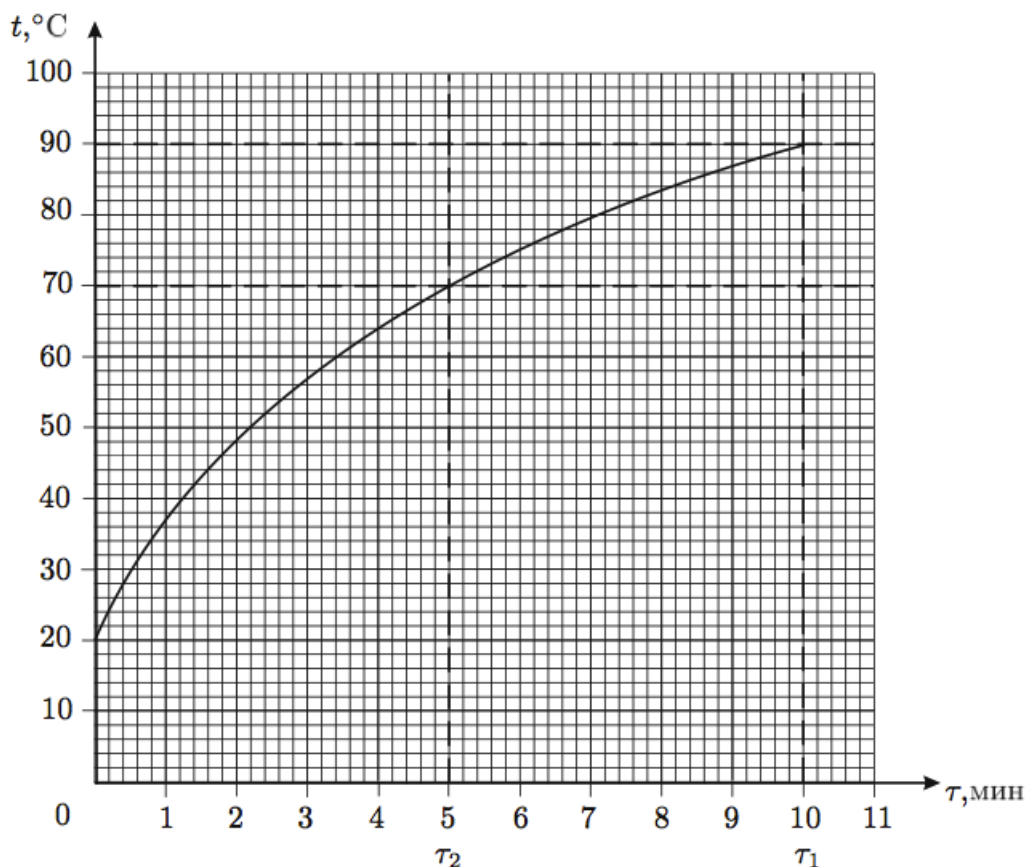
$$P_c = I^2 R_1 \text{ или } P_c = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + r)^2} = \dots$$

ЗАДАЧА 25. (Всеросс., 2017, РЭ, 10) На электродвигатель постоянного тока установили датчик температуры. На верхнем этаже стройки поставили лебёдку, приводимую в движение этим двигателем. В начале рабочего дня лебедка стала поднимать груз массой  $M = 67,5$  кг. Не доехав всего один этаж до лебёдки, груз зацепился. На каком этаже это произошло? Зависимость температуры двигателя от времени  $T(t)$  изображена на рисунке. Известно, что на двигатель всегда подаётся одно и то же напряжение; трением в подшипниках двигателя и лебёдки пренебречь. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, высоту одного этажа 3 м, теплоёмкость электродвигателя  $C = 4,5$  кДж/°С.



На высоте 60 м

ЗАДАЧА 26. (Всеросс., 2003, финал, 9) Цилиндрический проводник площадью поперечного сечения  $S = 0,1 \text{ см}^2$  подключают к источнику постоянного тока. Температура проводника начинает увеличиваться. Как видно из графика зависимости температуры  $t$  от времени  $\tau$  (рис.), через время  $\tau_1 = 10$  мин температура проводника становится равной  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ .



- 1) За какое время  $\tau_0$  температура проводника достигла бы значения  $t_1$ , если бы проводник был окружён теплонепроницаемой оболочкой?
- 2) Найдите силу тока  $I$  в проводнике.
- 3) Предположим, что по истечении времени  $\tau_2 = 5$  мин проводник был отключён от источника тока и начал остывать. Определите, за какое приблизительно время  $\Delta\tau$  температура проводника изменится от  $70^\circ\text{C}$  до  $65^\circ\text{C}$ .

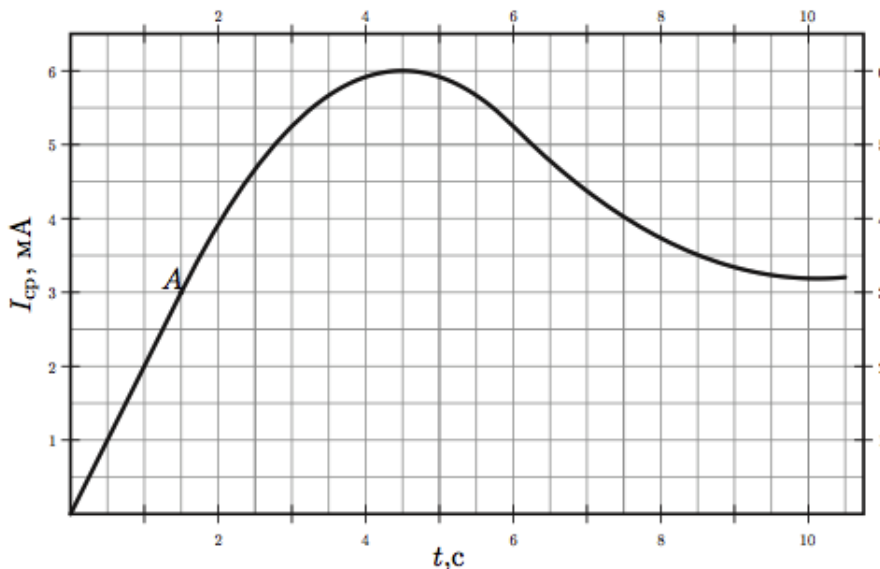
Для материала проводника: удельная теплоёмкость  $c = 390 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , плотность  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельное сопротивление  $\rho_m = 1,75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и практически не зависит от температуры.

$$\boxed{1) \tau_0 \approx 16 \text{ мин}; 2) I \approx 68 \text{ А}; 3) \Delta\tau \approx 3 \text{ мин}}$$

ЗАДАЧА 27. (Всеросс., 2002, финал, 9) Две тонкие медные проволоки одинаковой длины соединили параллельно и подключили последовательно с лампочкой к источнику постоянного напряжения. Первая проволока нагрелась на  $16^\circ\text{C}$  выше комнатной температуры, а вторая — в  $\alpha = 2$  раза меньше. На сколько градусов выше комнатной температуры нагреются проволоки, если их параллельное подключение заменить на последовательное? Сопротивление каждой из проволок много меньше сопротивления лампочки и источника, зависимость сопротивления проволок от температуры не учитывать.

$$\boxed{1) \Delta t \approx 16^\circ\text{C}; 2) \Delta t \approx 8^\circ\text{C}}$$

ЗАДАЧА 28. (Всеросс., 2014, финал, 9) Экспериментатор Глюк сконструировал источник тока с регулируемым на выходе напряжением. В прибор он встроил миникомпьютер, показывающий протекший через источник заряд и среднюю силу тока (отношение всего протекшего заряда ко времени работы источника). Глюк присоединил к источнику резистор и, включив установку, начал регулировать напряжение. В результате ему удалось снять зависимость средней силы тока через резистор от времени (см. рисунок).



В процессе эксперимента компьютер дал сбой, и зависимость протекшего заряда от времени оказалась утерянной.

1) Восстановите зависимость протекшего через источник заряда от времени  $q(t)$  и постройте её график;

2) Определите сопротивление  $R$  резистора, если известно, что в точке  $A$  на нём выделялась мощность  $N_A = 0,16$  Вт;

3) Определите максимальную мощность, выделявшуюся на резисторе во время эксперимента.

(1) См. конец листа; (2)  $R = 4,44$  кОм; (3)  $N_{max} = N_B = I_B^2 R = 0,3025$  Вт

ЗАДАЧА 29. (Всеросс., 2017, РЭ, 11) При включении электродвигателя стеклоподъёмника одной двери автомобиля стекло поднимается из нижнего в верхнее положение за время  $t_1$ . Если включить одновременно два стеклоподъёмника, то стекла поднимутся за время  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ).

1) За какое время  $t_3$  поднимутся три стекла автомобиля при одновременной работе трёх стеклоподъёмников?

2) За какое время  $t_4$  поднимутся все четыре стекла автомобиля при одновременной работе всех четырёх стеклоподъёмников?

*Примечания.* Считайте, что сила, необходимая для подъёма стекла, не зависит от скорости подъёма, а сила тяги  $F$  мотора стеклоподъёмника пропорциональна силе тока, идущего через него.

$t_3 = t_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_2} = t_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_2} = t_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_2}$



Ответ к задаче 28

График зависимости  $q = q(t)$  представлен на рисунке:

