

Электрические цепи

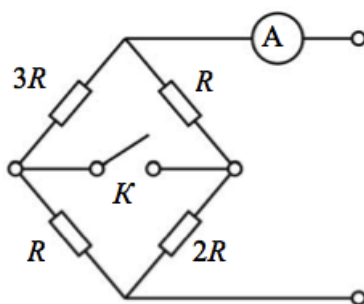
Содержание

| | | |
|---|-------------------|----|
| 1 | Начальный уровень | 1 |
| 2 | Средний уровень | 6 |
| 3 | Высокий уровень | 16 |

1 Начальный уровень

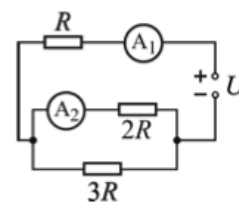
Данный раздел содержит задачи школьных этапов Всеросса, отборочных этапов МОШ и прочие несложные задачи.

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2018, ШЭ, 9) Во сколько раз изменятся показания идеального амперметра при замыкании ключа, если на входные клеммы участка цепи подаётся постоянное напряжение?



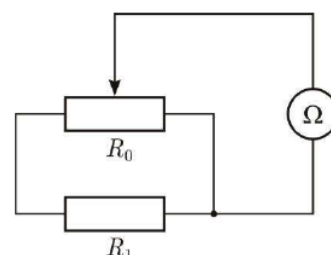
$$R \frac{11}{14} \approx 1,21 \text{ раза}$$

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2015, ШЭ, 9–11) Найдите показания идеальных амперметров A_1 и A_2 в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение идеального источника $U = 11$ В, сопротивление $R = 1$ кОм.



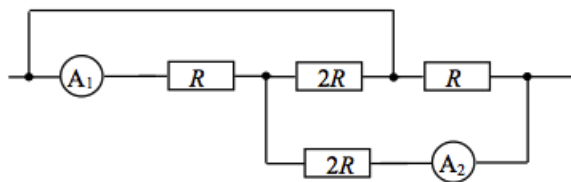
$$\forall \text{M } \xi = \tau_I, \forall \text{M } \xi = I_I$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 2016, ШЭ, 9) На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из омметра, резистора и реостата. Сопротивление резистора $R_1 = 5$ Ом, а полное сопротивление реостата равно $R_0 = 20$ Ом. Движок реостата расположен точно посередине. Найдите, что при этом показывает омметр.



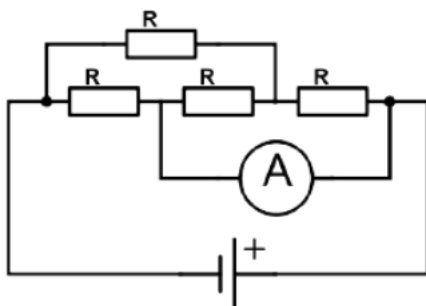
$$R = \frac{R_0(R_0 + 2R_1)}{R_0 + R_1} = 8$$

ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 2017, ШЭ, 9) Участок цепи, схема которого приведена на рисунке, включает в себя резисторы с сопротивлениями R и $2R$. Амперметр A_1 показывает силу тока $I_1 = 0,2$ мА. Найдите показания амперметра A_2 . Сопротивлением амперметров и соединительных проводов можно пренебречь.



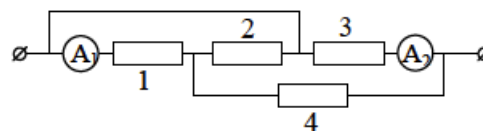
□ V M 8 ' 0

ЗАДАЧА 5. («Курчатов», 2018, 8) На изображённой схеме сопротивления всех резисторов одинаковы и равны по 10 Ом каждый. Определите показания амперметра, считая его идеальным. Напряжение источника 30 В.



□ V 4

ЗАДАЧА 6. («Росатом», 2017, 8) Четыре резистора с сопротивлениями $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 15$ Ом, $R_4 = 8$ Ом соединены в цепь вместе с двумя идеальными амперметрами (с нулевым сопротивлением) так, как показано на рисунке. Показания амперметра A_1 известны — $I_1 = 0,1$ А. Найти показания амперметра A_2 .

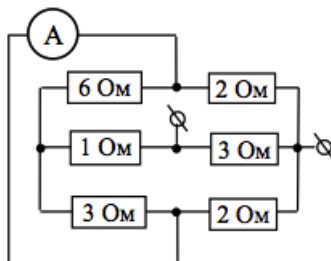


□ V 2 0 = 1 I 2 = 2 I

ЗАДАЧА 7. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 7–9) Напряжение на клеммах аккумулятора при разомкнутой цепи равно 36 В, а если через аккумулятор течет ток 2 А, то оно уменьшается до 32 В. Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?

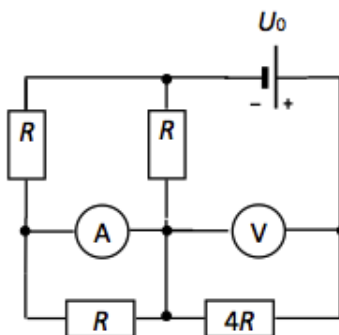
□ M 2

ЗАДАЧА 8. (МОШ, 2018, 9) Что покажет идеальный амперметр, если к выводам схемы, изображённой на рисунке, подсоединить батарейку 12 В?



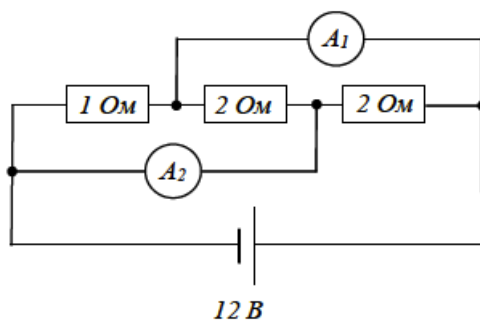
1 A; 8 B

ЗАДАЧА 9. (МОШ, 2019, 9) Четыре резистора, амперметр и вольтметр подключили к идеальной батарейке с $U_0 = 9$ В, как показано на рисунке. Найдите показания идеальных приборов, если $R = 1$ Ом.



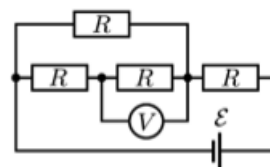
1 A; 8 B

ЗАДАЧА 10. (МОШ, 2017, 9) Найти показания амперметров в цепи, изображённой на рисунке. Сопротивления амперметров считать гораздо меньшими, чем сопротивления резисторов.



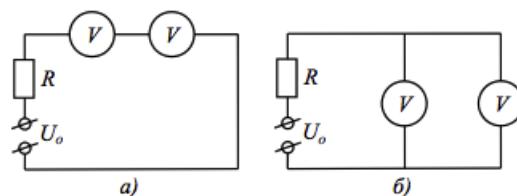
1 A; 8 B; 12 V

ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 2019, ШЭ, 10) Идеальный вольтметр включён в цепь, схема которой изображена на рисунке. Цепь состоит из четырёх одинаковых резисторов сопротивлением R и батареи с напряжением $\mathcal{E} = 9$ В и нулевым внутренним сопротивлением. Найдите показания вольтметра.



$$\boxed{1,8 \text{ В}}$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2018, ШЭ, 10) Два одинаковых вольтметра, включённые в цепи, схемы которых изображены на рисунках а) и б), показывают одинаковое напряжение $U = 10$ В. Определите, что будут показывать три таких же вольтметра, подключённые к этому же источнику напряжения с резистором R :



- 1) последовательно;
- 2) параллельно.

$$\boxed{7,5 \text{ В в обоих случаях}}$$

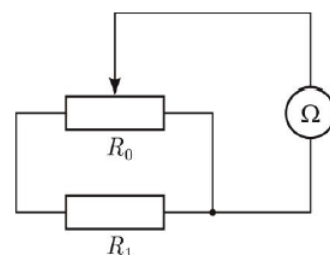
ЗАДАЧА 13. (Всеросс., 2016, ШЭ, 10) Гальванометр имеет предел шкалы 200 мкА и внутреннее сопротивление 80 Ом. С помощью шунта предполагается измерять этим гальванометром токи до 1 мА. Шунт хотят изготовить из нихромовой проволоки диаметром 0,4 мм. Отрезок проволоки какой длины нужно для этого взять? Удельное сопротивление нихрома $\rho = 1,2$ Ом·мм²/м.

$$\boxed{1,2 \text{ м}}$$

ЗАДАЧА 14. («Курчатов», 2014, 10) Школьный амперметр имеет внутреннее сопротивление 10 Ом и может измерять силу тока не больше, чем 20 мА. Резистор с каким сопротивлением и каким образом нужно подключить к амперметру, чтобы предел измерения увеличился в 10 раз? Каково внутреннее сопротивление получившегося прибора?

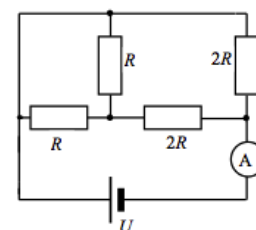
$$\boxed{R \approx 1,1 \text{ Ом, параллельно; } r = 1 \text{ Ом}}$$

ЗАДАЧА 15. (Всеросс., 2016, ШЭ, 10) На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из омметра, резистора и реостата. Сопротивление резистора $R_1 = 5$ Ом, а полное сопротивление реостата равно $R_0 = 20$ Ом. Положение движка реостата подбирают так, чтобы показания омметра были максимальны. Найдите, что при этом показывает омметр.



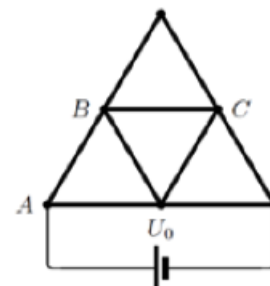
$$\boxed{R = \frac{R_0 + R_1}{4} = 6,25 \text{ Ом}}$$

ЗАДАЧА 16. (Всеросс., 2017, ШЭ, 10) Идеальный амперметр в цепи, схема которой изображена на рисунке, показывает силу тока $I = 9$ мА. Определите сопротивление резистора R , если напряжение идеального источника $U = 6$ В.



$$\boxed{R = \frac{U}{16} = 0,375 \text{ Ом}}$$

ЗАДАЧА 17. (Всеросс., 2020, ШЭ, 11) Из одинаковых металлических стержней спаяна конструкция, показанная на рисунке (места соединения стержней показаны точками). Сопротивление одного стержня равно $r = 90 \text{ Ом}$. Напряжение на выводах идеальной батарейки $U_0 = 5 \text{ В}$.



1. Чему равна сила тока, протекающего через батарейку? Ответ укажите в мА, округлив до целого числа.
2. Определите показание идеального вольтметра, подключённого к точкам B и C . Ответ укажите в вольтах, округлив до целого числа.
3. Определите показание идеального вольтметра, подключённого к точкам A и C . Ответ укажите в вольтах, округлив до целого числа.

1) 50; 2) 1; 3) 3

ЗАДАЧА 18. (МОШ, 2015, 9–11) Школьник Ярослав решил сконструировать такую электрическую цепь из изображённых на рисунке четырёх лампочек, двух ключей и проводов, чтобы выполнялись следующие требования.

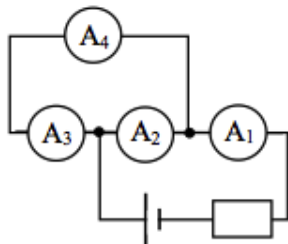


1. При подсоединении цепи к батарейке при любом положении ключей должны гореть все четыре лампочки.
2. При переключении любого из ключей яркость хотя бы одной лампочки должна обязательно измениться.
3. При любом положении ключей одна лампочка должна обязательно гореть в полный накал (напряжение на ней должно быть равно напряжению на батарейке).
4. При любом положении ключей три лампочки должны обязательно гореть в треть накала (напряжение на каждой из лампочек должно быть равно одной трети от напряжения на батарейке).

Помогите Ярославу сконструировать схему электрической цепи, удовлетворяющую как можно большему числу перечисленных требований. Укажите, к каким точкам цепи подсоединяется батарейка.

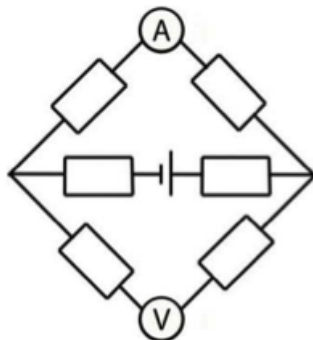
См. конспект

ЗАДАЧА 19. (МОШ, 2019, 10) К батарее с резистором подсоединяют одинаковые амперметры так, как указано на рисунке. Амперметр A_1 показал 3 А. Что показывают остальные амперметры?



$$I_3 = I_4 = I_1 = 3 \text{ A}$$

ЗАДАЧА 20. (МОШ, 2019, 11) Найдите показания идеальных амперметра и вольтметра в схеме, изображённой на рисунке. Напряжение идеальной батарейки U , сопротивление каждого резистора R .

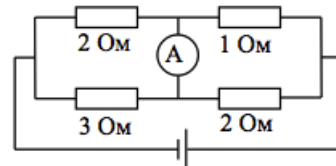


$$I_A = \frac{U}{R}, \quad U_V = \frac{U}{2}$$

2 Средний уровень

Здесь приведены задачи муниципального этапа Всеросса, первого тура МОШ или заключительных этапов некоторых перечневых олимпиад.

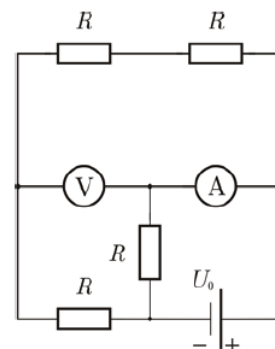
ЗАДАЧА 21. (Всеросс., 2018, МЭ, 9) Найдите показания идеального амперметра в схеме на рисунке, если напряжение на батарейке $U = 4$ В. Значения сопротивлений резисторов указаны на рисунке.



$$I_A \approx 0,143 \text{ A}$$

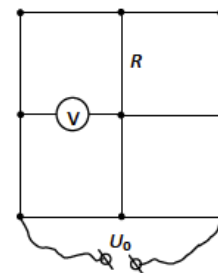
ЗАДАЧА 22. (Всеросс., 2016, МЭ, 9) На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения U_0 , резисторов с одинаковым сопротивлением R , идеального вольтметра и идеального амперметра. Показания вольтметра $U_V = 16$ В, амперметра — $I_A = 24$ мА. Определите напряжение источника U_0 и сопротивление R резисторов. Сопротивление источника считайте равным нулю.

$$U_0 = 24 \text{ В}, R = 1 \text{ кОм}$$



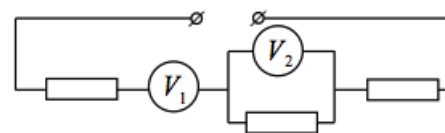
ЗАДАЧА 23. (Всеросс., 2017, МЭ, 9) Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R . Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R . К сетке подключён источник напряжения $U_0 = 10$ В так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра.

$$U = \frac{U_0}{2} = 5 \text{ В}$$



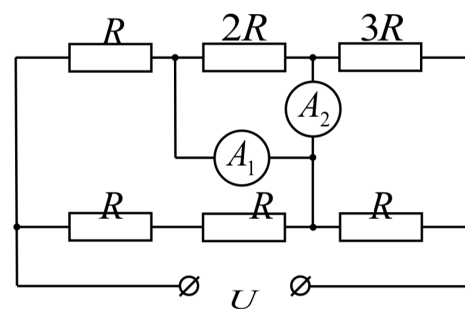
ЗАДАЧА 24. («Росатом», 2019, 9–10) Электрическую цепь собрали из двух одинаковых вольтметров и трех одинаковых резисторов. К цепи подключили источник постоянного напряжения. Известно, что показания вольтметра V_1 отличаются от показания вольтметра V_2 в три раза, при этом вольтметр V_1 показал напряжение $U_1 = 12$ В. Найти напряжение источника.

$$U = 3U_1 = 36 \text{ В}$$

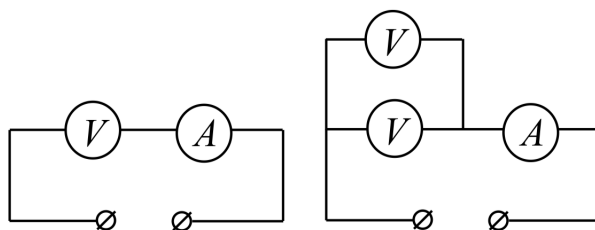


ЗАДАЧА 25. («Росатом», 2020, 9) В цепи, схема которой представлена на рисунке, сопротивление $R = 1$ кОм, амперметры сопротивлений не имеют, напряжение на зажимах источника $U = 220$ В. Значения всех сопротивлений приведены на схеме. Найти показания амперметров. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

$$I_1 = \frac{U}{R} = 220 \text{ А}; I_2 = \frac{U}{3R} = 73.3 \text{ А}$$



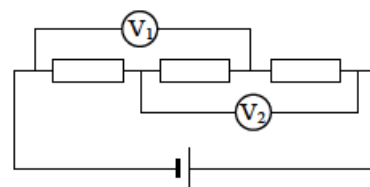
ЗАДАЧА 26. («Росатом», 2020, 9–10) Когда к источнику постоянного напряжения подключили последовательно соединённые амперметр и вольтметр (левый рисунок), вольтметр показал напряжение U . Когда параллельно этому вольтметру подключили ещё один такой же вольтметр (правый рисунок), вольтметры в сумме показали напряжение $\frac{12U}{7}$.



Затем параллельно этим двум вольтметрам подключают ещё очень много точно таких же вольтметров. Какое напряжение они покажут в сумме? Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

$$\Omega = 3\Omega$$

ЗАДАЧА 27. («Росатом», 2017, 9–11) В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, три одинаковых резистора соединены последовательно и подключены к батарейке с ЭДС $\mathcal{E} = 6$ В. Два одинаковых вольтметра, подключённых так, как показано на рисунке, показывают напряжение $U = 3$ В. Что будет показывать один из них, если второй вообще отключить от цепи? Внутреннее сопротивление источника равно нулю.



$$U = \frac{5}{2} \mathcal{E} = 15 \text{ В}$$

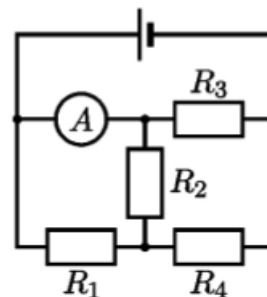
ЗАДАЧА 28. (МОШ, 2014, 9–11) Школьник Вася проводит опыты с амперметром и вольтметром. Собрав электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых идеальной батарейки, резистора и амперметра, Вася обнаружил, что показания амперметра составляют 4 мА. Подсоединив параллельно батарейке вольтметр, Вася записал его показания (4,5 В), заметив, что показания амперметра при этом не изменились. Когда Вася подсоединил вольтметр параллельно резистору, его показания составили 4,4 В, а амперметр стал показывать 5 мА.

- А) Укажите напряжение батарейки. Ответ представьте в вольтах и округлите до десятых.
- В) Чему равно сопротивление амперметра? Ответ представьте в омах и округлите до целых.
- С) Чему равно сопротивление резистора? Ответ представьте в омах и округлите до целых.
- Д) Чему равно сопротивление вольтметра? Ответ представьте в килоомах и округлите до десятых.

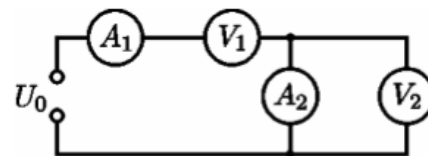
$$\text{A) } 4,5; \text{ B) } 20; \text{ C) } 1105; \text{ D) } 4,3$$

Задача 29. (МОШ, 2007, 9) В электрической цепи, изображённой на рисунке, напряжение источника равно $U = 9$ В, сопротивления резисторов $R_1 = R_3 = 60$ Ом и $R_2 = 100$ Ом. Амперметр, который можно считать идеальным, показывает силу тока $I = 0,185$ А. Найдите силы токов I_2 и I_3 , текущих через резисторы R_2 и R_3 , и сопротивление резистора R_4 .

$$I_3 = I - I_2 = 0,185 - I_2$$

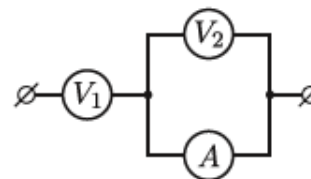


Задача 30. (МОШ, 2007, 9) Электрическая цепь, изображённая на рисунке, состоит из идеальной батарейки, двух одинаковых вольтметров и двух одинаковых миллиамперметров. Показание миллиамперметра A_1 равно $I_1 = 1,6$ мА, показания вольтметров равны $U = 1,2$ В и $U' = 0,3$ В. Какой из вольтметров — V_1 или V_2 — показывает меньшее значение напряжения? Найдите показание I_2 миллиамперметра A_2 и напряжение батарейки U_0 .



$$U_0 = U + I_1 R = 1,2 + 1,6 R$$

Задача 31. (МОШ, 2008, 9) Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к батарейке. Вольтметры V_1 и V_2 показывают напряжения $U_1 = 1$ В и $U_2 = 0,1$ В, а амперметр A показывает силу тока $I = 1$ мА. Найдите сопротивления приборов. Вольтметры считайте одинаковыми.

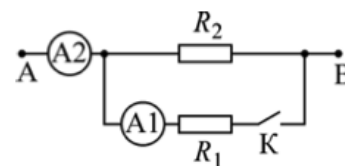


$$U_1 = I R_1 = 1 R_1$$

Задача 32. (МОШ, 2010, 9) Вова и Дима решили изготовить прибор для измерения сопротивления резисторов — «омметр». Для этого они взяли батарейку с известным постоянным напряжением $U = 1,5$ В, резистор с известным сопротивлением $R = 150$ Ом, миллиамперметр с диапазоном от 0 мА до 20 мА, соединительные провода и две клеммы для подсоединения измеряемого сопротивления. Нарисуйте, какие возможные схемы омметра из этих элементов могут собрать Вова и Дима, и объясните, как в этих схемах показания миллиамперметра можно перевести в величину измеряемого сопротивления R_x .

См. конспект

Задача 33. (МОШ, 2013, 9) Школьница Ирина проводила опыты с электрической цепью, схема которой изображена на рисунке. Когда Ирина подключила выводы А и В цепи к батарейке и замкнула ключ К, она заметила, что амперметр A_1 показывает значение силы тока $I_1 = 1$ мА, а амперметр A_2 — значение $I_2 = 3$ мА. Какими будут показания амперметров, когда Ирина разомкнёт ключ? Приборы считайте идеальными.

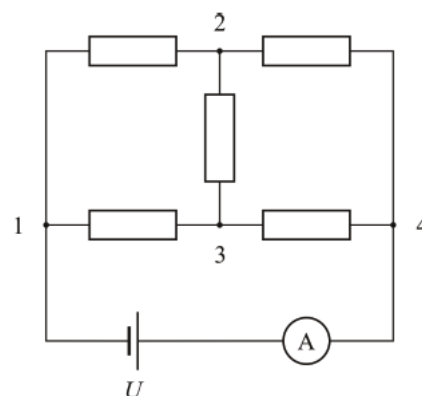


$$I_1 = I_2 - I_1 = 3 - 1 = 2 \text{ мА}$$

ЗАДАЧА 34. (МОШ, 2014, 9) Два одинаковых вольтметра соединили параллельно, третий вольтметр подключили к этой комбинации последовательно, и к концам получившейся цепи присоединили идеальную батарейку. При этом вольтметры показывают 4 В, 4 В и 5 В. Какое напряжение у батарейки? Могут ли быть одинаковыми все три вольтметра? Что покажут эти же приборы, если их все соединить последовательно и подключить к той же батарейке? Показания приборов считайте точными.

$$U = 9 \text{ В}; \text{ не могут; вольтметры покажут } 3,43 \text{ В}, 3,43 \text{ В} \text{ и } 2,14 \text{ В}$$

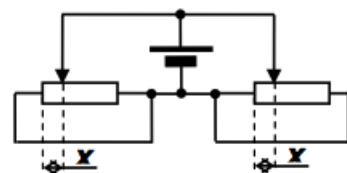
ЗАДАЧА 35. (МОШ, 2016, 9–10) Вася нашел в ящике своего папы-физика четыре резистора сопротивлением 1 Ом каждый, один резистор сопротивлением 4 Ом, амперметр, батарейку с напряжением $U = 4,5 \text{ В}$ и провода. С использованием этих элементов Вася собрал цепь, схема которой изображена на рисунке (такая схема называется мостовой). Какой из резисторов нужно отключить Васе для того, чтобы показания амперметра изменились сильнее всего? Вася знает расположение резистора с сопротивлением 4 Ом, но пока вы не расскажете, что ему надо делать, он Вам не покажет, где располагается этот резистор.



Рассмотрите два случая: А) если резистор сопротивлением 4 Ом включен в диагональ моста (то есть между точками 2 и 3); и Б) если этот резистор включен НЕ в диагональ моста. Для каждого случая дайте ответ на вопрос задачи. Для первого случая дополнительно рассчитайте чему равно изменение показаний амперметра. Батарейку можно считать идеальным источником напряжения, амперметр также считайте идеальным.

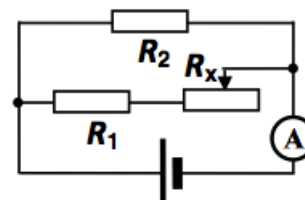
$$\text{А) Любой резистор } 1 \text{ Ом}, \Delta I = 2 \text{ А}; \text{ Б) Резистор } 1 \text{ Ом}, \text{ подключённый к тому же полюсу, что и } 4 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 36. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 7–9) В схеме, показанной на рисунке, оба реостата одинаковы: их максимальное сопротивление $R_m = 36 \text{ Ом}$, длина $L = 24 \text{ см}$. Положение движков тоже одинаково: они поставлены в $x = 8 \text{ см}$ от крайних левых положений. Найти ток в ветви с источником, напряжение на которой $U = 20 \text{ В}$.



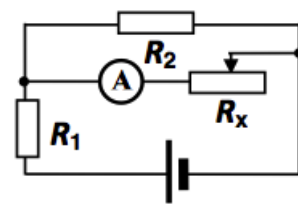
$$I = \frac{U(x-L)x}{L^2} = I$$

ЗАДАЧА 37. («Покори Воробьёвы горы!», 2019, 7–9) В схеме, показанной на рисунке, используются проградуированный реостат, амперметр с очень малым внутренним сопротивлением и практически идеальный источник с ЭДС 24 В. Изменяя сопротивление реостата, фиксируем показания амперметра: при $R_a = 10 \text{ Ом}$ сила тока $I_a = 1,6 \text{ А}$, а при $R_b = 40 \text{ Ом}$ она равна $I_b = 1,2 \text{ А}$. Найдите сопротивления резисторов R_1 и R_2 .



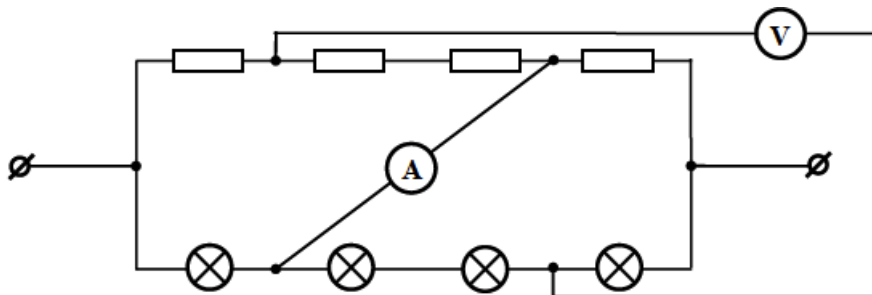
$$R_1 = 30 \text{ Ом}; R_2 = 20 \text{ Ом}; R_x = \sqrt{\frac{4}{(R_b - R_a)^2} + \frac{4}{(R_b - R_a)^2}} + \frac{2}{R_a + R_b}$$

ЗАДАЧА 38. («Покори Воробьёвы горы!», 2019, 7–9) В схеме, показанной на рисунке, используются проградуированный реостат, амперметр с очень малым внутренним сопротивлением и практически идеальный источник с ЭДС 24 В. Изменяя сопротивление реостата, фиксируем показания амперметра: при $R_a = 30$ Ом сила тока $I_a = 0,4$ А, а при $R_b = 60$ Ом она равна $I_b = 0,24$ А. Найдите сопротивления резисторов R_1 и R_2 .



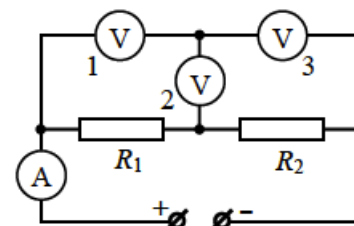
$$R_1 = 20 \text{ Ом}; R_2 = 60 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 39. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 7–9) На внешних клеммах цепи, схема которой показана на рисунке, поддерживается постоянное напряжение $U = 48$ В. Сопротивления всех резисторов в схеме одинаковы и равны $R = 10$ Ом, сопротивления всех ламп в схеме также можно считать одинаковыми и равными $R_l \approx 3R = 30$ Ом. К цепи подключены амперметр и вольтметр, которые можно считать практически идеальными (то есть присутствие амперметра практически не влияет на силу тока в его участке цепи, а присутствие вольтметра практически не влияет на напряжение между точками, к которым он подключен), сопротивления соединительных проводов пренебрежимо малы. Найти показания приборов.



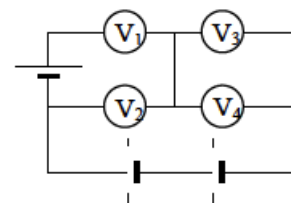
$$I_A = \frac{U}{R} = \frac{48}{10} = 4,8 \text{ А}; U_V = \frac{U}{2} = 24 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 40. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 7–9) Ученик подключил к аккумулятору два резистора с сопротивлениями $R_1 = 40$ Ом и $R_2 = 60$ Ом, амперметр и три одинаковых вольтметра по схеме, показанной на рисунке. Амперметр и вольтметры не идеальны — в частности, внутренние сопротивления вольтметров равны $R_V = 0,5$ МОм. Амперметр показывает ток $I = 0,6$ А. Каковы показания вольтметров? Цена деления шкалы у вольтметров $\Delta V = 0,1$ В.



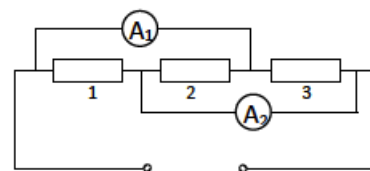
$$V_1 \approx \frac{I}{2} (2R_1 + R_2) = 28 \text{ В}; V_2 \approx \frac{I}{2} (R_2 - R_1) = 4 \text{ В}; V_3 \approx \frac{I}{2} (R_1 + 2R_2) = 32 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 41. («Росатом», 2017, 10) Имеется три одинаковых идеальных (с нулевым внутренним сопротивлением) источника напряжения U и четыре одинаковых вольтметра. Приборы соединили в цепь проводами, сопротивлением которых можно пренебречь, так, как это показано на рисунке. Найти показания всех вольтметров.



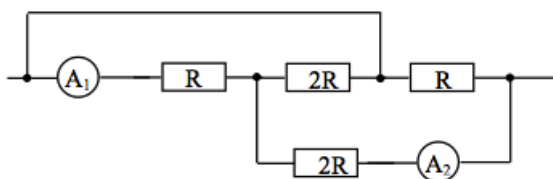
$$V_1 = U; V_2 = \frac{2}{3}U; V_3 = \frac{2}{3}U; V_4 = U$$

ЗАДАЧА 42. («Росатом», 2016, 11) В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, два из трёх резисторов одинаковы, третий отличается от них. Известно, что показания первого амперметра $I_1 = I$, второго — $I_2 = 2I/3$. Известно, что сопротивление первого резистора r . Найти сопротивления второго и третьего резисторов. Считать, что сопротивления амперметров равны нулю.



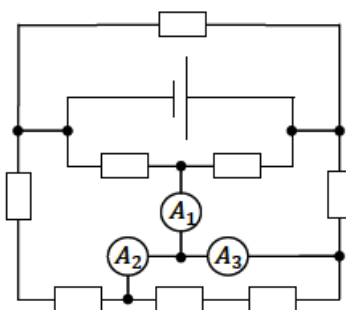
$$R_2 = R_3 = r/3 \text{ или } R_2 = R_3 = r/2$$

ЗАДАЧА 43. (МОШ, 2018, 10) Участок цепи, схема которого приведена на рисунке, включает резисторы с сопротивлениями R и $2R$. Показания первого амперметра $I_1 = 0,1$ А. Найдите показания второго амперметра.



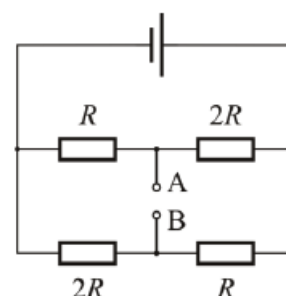
$$I_2 = 0,2 \text{ А}$$

ЗАДАЧА 44. (МОШ, 2017, 10) В цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов одинаковы и равны 1 кОм, сопротивления амперметров пренебрежимо малы. Напряжение идеального источника 70 В. Найдите показания амперметров. Чему равно общее сопротивление цепи?



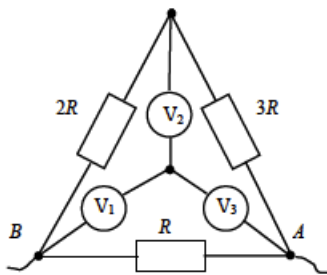
$$I_1 = 10 \text{ мА}; I_2 = 20 \text{ мА}; I_3 = 30 \text{ мА}; R_0 \approx 838 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 45. (МОШ, 2016, 10) Из идеального источника напряжения и четырёх резисторов собрана цепь, схема которой показана на рисунке. Когда между клеммами А и В подключили идеальный вольтметр, он показал напряжение $U = 4$ В. Когда вместо вольтметра подключили идеальный амперметр, его показания составили $I = 30$ мА. Затем вместо амперметра между клеммами А и В подключили ещё один резистор сопротивлением R . Найдите силу тока через этот резистор.



$$I \approx 17 \text{ мА}$$

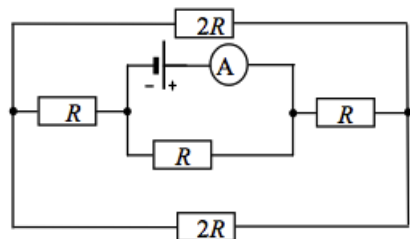
ЗАДАЧА 46. (МОШ, 2017, 11) Определите показания вольтметров V_1 и V_2 , если вольтметр V_3 показывает $U_3 = 16$ В. Все вольтметры одинаковые. Сопротивление вольтметров гораздо больше сопротивления резисторов.



$$U_1 = 14 \text{ В}, U_2 = 2 \text{ В}$$

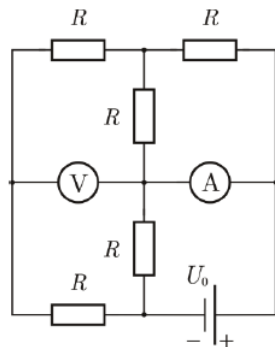
ЗАДАЧА 47. (Всеросс., 2018, МЭ, 10) Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов, имеющих сопротивления $R = 2$ кОм и $2R$, идеального источника с напряжением $U = 3$ В и идеального амперметра. Определите показание амперметра.

$$I = \frac{U}{2R} = 0,75 \text{ А}$$



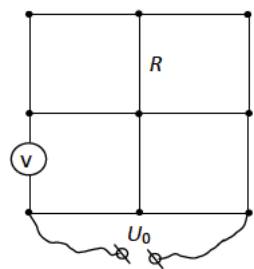
ЗАДАЧА 48. (Всеросс., 2016, МЭ, 10) На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения U_0 , резисторов с одинаковым сопротивлением R , идеального вольтметра и идеального амперметра. Показания вольтметра $U_V = 3$ В, амперметра — $I_A = 24$ мА. Определите напряжение источника U_0 и сопротивление R резисторов. Сопротивление источника считать равным нулю.

$$U_0 = 5 \text{ В}, R = 250 \text{ Ом}$$



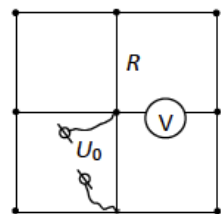
ЗАДАЧА 49. (Всеросс., 2017, МЭ, 10) Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R . Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R . К сетке подключён источник напряжения $U_0 = 20$ В так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра.

$$U = \frac{U_0}{3} = 6,67 \text{ В}$$



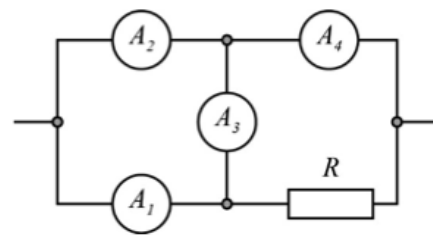
ЗАДАЧА 50. (Всеросс., 2017, МЭ, 11) Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R . Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R . К сетке подключён источник напряжения $U_0 = 14$ В так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра.

$$U = \frac{U_0}{2} = 7 \text{ В}$$

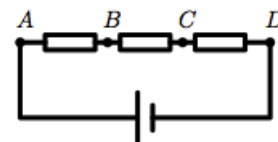


Задача 51. (Всеросс., 2019, МЭ, 11) Электрическая цепь состоит из резистора с сопротивлением R и четырёх одинаковых амперметров с внутренними сопротивлениями r . Показания амперметров A_1 и A_2 равны $I_1 = 3$ А и $I_2 = 5$ А. Найдите отношение сопротивлений R/r .

$$6 = r/R$$



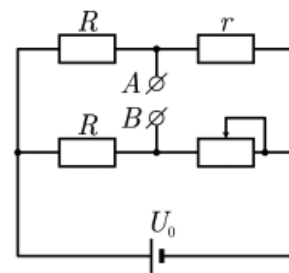
Задача 52. (МОШ, 2015, 11) Школьник Станислав проводит опыты с электрической цепью, состоящей из трёх одинаковых резисторов и батарейки. Подключив вольтметр к клеммам A и B , Станислав записал показания прибора $U_{AB} = 4$ В. Станислав был уверен, что показание вольтметра при подключении к клеммам A и C составит 8 В, а при подключении к клеммам A и D будет равно 12 В.



Действительно, одно из показаний прибора совпало с предсказаниями Станислава: $U_{AD} = 12$ В. Однако второе показание оказалось неожиданным: $U_{AC} = 7$ В. Как мог рассуждать Станислав? Почему одно из показаний прибора было предсказано неправильно? Какую информацию о характеристиках приборов можно получить на основе проведённых измерений? Считайте, что сила тока через вольтметр пропорциональна напряжению на нём.

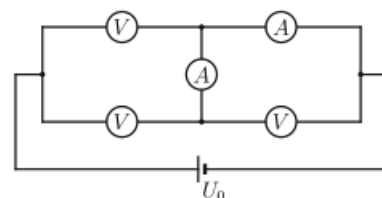
$$U_{AB} = 4 \text{ В}; r = R; U_{AC} = 7 \text{ В}; U_{AD} = 12 \text{ В}; R = r$$

Задача 53. (МОШ, 2018, 10) В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивления постоянных резисторов не известны, а сопротивление переменного резистора может изменяться в широком диапазоне — от нуля до значений, значительно превосходящих сопротивления других резисторов. Батарея идеальная. Между контактами A и B сначала подключают идеальный вольтметр, который не только измеряет напряжение (напряжение холостого хода), но и показывает его полярность. Затем вольтметр отключают и подключают вместо него идеальный амперметр, измеряющий силу тока (ток короткого замыкания) и показывающий его направление. Такие же измерения проводят при разных значениях сопротивления переменного резистора — от очень маленьких до очень больших. В результате измерений обнаружилось, что значения напряжений холостого хода лежат в интервале от -2 В до $+4$ В, а значения тока короткого замыкания от -30 мА до $+15$ мА. При этом отрицательным токам соответствуют отрицательные напряжения, а положительным — положительные. Определите по этим данным сопротивления r и R резисторов и напряжение U_0 батарейки.



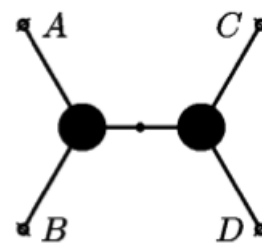
$$R = 200 \text{ Ом}, r = 100 \text{ Ом}, U_0 = 6 \text{ В}$$

Задача 54. (МОШ, 2006, 10) К идеальной батарее с ЭДС $U_0 = 1,3$ В подключена мостовая электрическая цепь, собранная из трёх одинаковых вольтметров и двух одинаковых миллиамперметров, причём один из миллиамперметров включён в диагональ мостика. Известно, что показания миллиамперметров отличаются в 3 раза. Каким может быть отношение сопротивлений вольтметра и миллиамперметра? Считая, что сопротивление вольтметра больше сопротивления миллиамперметра, определите показания каждого из вольтметров.



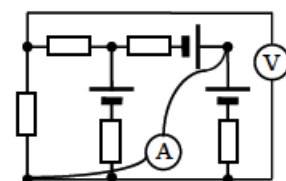
$$\frac{R}{r} = 5; 0,4 \text{ В (правый нижний)}, 1 \text{ В (левый верхний)} \text{ и } 0,9 \text{ В}$$

Задача 55. (МОШ, 2007, 10) Изображённая на рисунке электрическая цепь состоит из двух соединённых друг с другом «чёрных ящиков», каждый из которых имеет три вывода. При подключении к клеммам A и C омметр показывает значение сопротивления R_{AC} , при подключении к клеммам B и D — значение R_{BD} , при подключении к клеммам A и D — значение R_{AD} . Что покажет омметр при подключении к клеммам B и C ? Известно, что в «чёрных ящиках» находятся только различным образом соединённые резисторы.



$$R_{BC} = R_{AC} + R_{BD} \text{ или } R_{AD} \geq R_{AC} + R_{BD}$$

Задача 56. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 10–11) В схеме, изображённой на рисунке, все резисторы одинаковы и их сопротивление $R = 100$ Ом. Все источники тоже одинаковы, их ЭДС $\mathcal{E} = 16$ В, а их внутренние сопротивления пренебрежимо малы. Амперметр и вольтметр для данной схемы являются практически идеальными. Найти их показания.

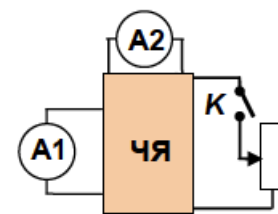


$$I_A = 0,32 \text{ А}; U_V = 0$$

Задача 57. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 10–11) 50 аккумуляторов с одинаковыми ЭДС \mathcal{E} и внутренними сопротивлениями r соединены последовательно в замкнутую цепь. Вольтметр подключён к участку, содержащему 20 аккумуляторов. Каковы его показания? Ответ объяснить.

0

Задача 58. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 10–11) В «Чёрном Ящике» находится схема, составленная из резисторов и источников постоянного тока. У «ЧЯ» есть шесть выводов. К двум парам выводов подключены амперметры, а к двум оставшимся — ветвь, содержащая ключ и реостат. При разомкнутом ключе показания амперметра A_1 равны 1 А, а амперметра A_2 — 5 А. После замыкания ключа A_1 стал показывать силу тока 2 А, а A_2 — силу тока 4 А. Движок реостата передвинули. После этого показания A_2 стали равны 2,4 А. Какой ток при этом течет через A_1 ?



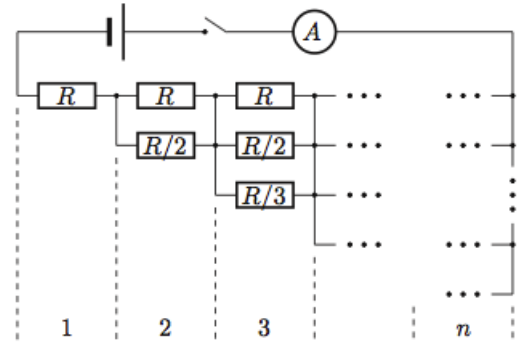
$$3,6 \text{ А}$$

3 Высокий уровень

Здесь собраны задачи регионального (в прошлом — окружного) и заключительного этапов Всеросса, второго тура МОШ и прочие задачи соответствующего уровня сложности.

ЗАДАЧА 59. (Всеросс., 2007, ОЭ, 8) Электрическая цепь состоит из нескольких сборок резисторов, соединённых последовательно по схеме (рис.). Сборка номер n состоит из n соединённых параллельно резисторов, сопротивления которых пробегают ряд значений от R до R/n , где $R = 6$ кОм. Напряжение на батарейке $U = 12$ В. Вычислите силу тока I_n через амперметр для одного или нескольких значений n из диапазона от 1 до 10.

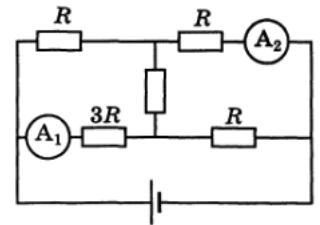
Примечание. Число баллов за задачу равно максимальному n из указанного диапазона, для которого I_n подсчитано верно.



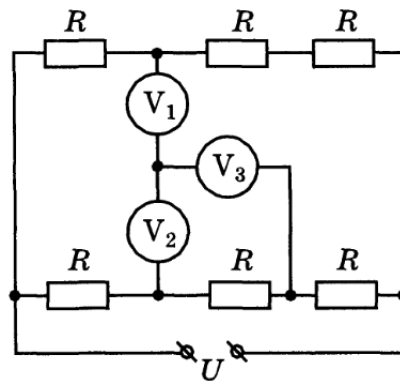
$$\frac{u}{1+u} \frac{R}{n} = uI$$

ЗАДАЧА 60. (Всеросс., 1992, ОЭ, 9) В схеме, изображённой на рисунке, амперметр A_1 показывает силу тока I_1 . Какую силу тока показывает амперметр A_2 ? Оба прибора идеальны. Отмеченные на рисунке параметры цепи считайте известными.

$$I_1 R = I_2 R$$



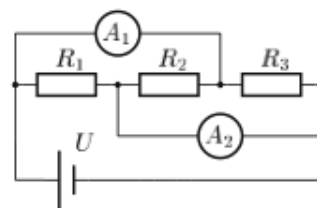
ЗАДАЧА 61. (Всеросс., 2001, ОЭ, 9) В схеме, изображённой на рисунке, все вольтметры одинаковые, а их внутреннее сопротивление много больше всех остальных сопротивлений цепи. Найдите показания вольтметров, если сопротивление каждого из резисторов $R = 10$ Ом, а напряжение на входе цепи $U = 4,5$ В.



$$U_1 = \frac{6}{11} U = 0,5 \text{ В}; U_2 = -0,5 \text{ В}; U_3 = 1 \text{ В (считая сверху вниз)}$$

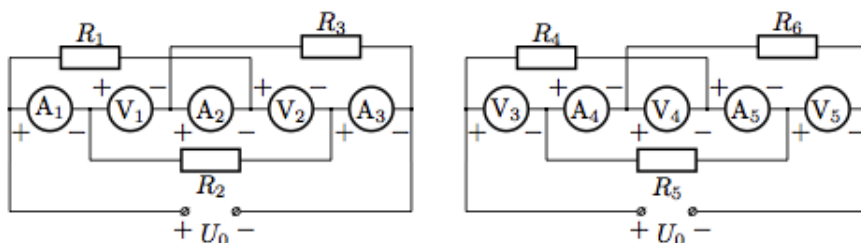
ЗАДАЧА 62. (Всеросс., 2010, РЭ, 9) В электрической цепи (см. рисунок) сила тока, проходящего через резистор R_3 , равна 1 мА. Сопротивления резисторов $R_1 = 1$ кОм, $R_3 = 3$ кОм.

Перерисуйте рисунок в свою тетрадь и укажите на нём направления токов, идущих через резисторы. Чему равно напряжение U батарейки? На сколько миллиампер отличаются показания амперметров A_1 и A_2 ? Амперметры считайте идеальными.

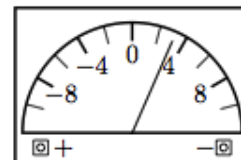


$$U = 3 \text{ В; на } 2 \text{ мА}$$

ЗАДАЧА 63. (Всеросс., 2011, РЭ, 9) У экспериментатора Глюка и теоретика Бага было пять идеальных амперметров и пять идеальных вольтметров. Они соединили последовательно амперметры и вольтметры, а затем подключили к ним резисторы сопротивлениями $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 4$ кОм, $R_5 = 5$ кОм, $R_6 = 6$ кОм. В результате получили электрические цепи, изображённые на рисунках, которые подключили к источнику постоянного напряжения $U_0 = 12$ В.



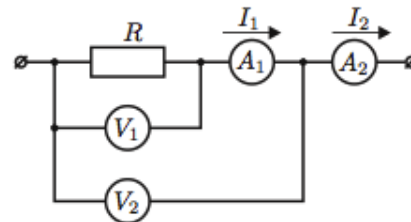
1) Определите показания вольтметров V_1 , V_2 и амперметров A_1 , A_2 , A_3 в схеме Глюка. В какую сторону отклонятся стрелки приборов (рисунок справа), если при подключении их клемм, помеченных символом (+) к положительному выводу батареи, а клемм, помеченных символом (-), — к отрицательному выводу батареи, стрелка отклоняется вправо?



2) Определите показания вольтметров V_3 , V_4 , V_5 и амперметров A_4 и A_5 в схеме Бага. В какую сторону отклонятся стрелки в этом случае?

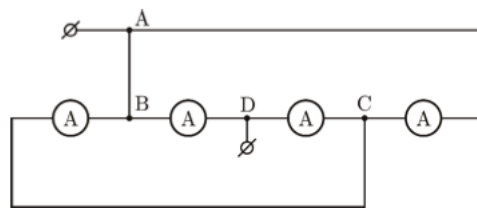
$$U_1 = 10,0 \text{ В; } U_2 = 10,5 \text{ В; } I_1 = 50 \text{ мА; } I_2 = 70 \text{ мА}$$

ЗАДАЧА 64. (Всеросс., 2013, РЭ, 9) Электрическая цепь (см. рисунок) состоит из двух одинаковых вольтметров и двух амперметров. Их показания: $U_1 = 10,0$ В, $U_2 = 10,5$ В, $I_1 = 50$ мА, $I_2 = 70$ мА соответственно. Определите сопротивление резистора R . (Получите для R общую алгебраическую формулу.)



$$R = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} = 323 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 65. (Всеросс., 2015, PЭ, 9) Из четырёх одинаковых амперметров собрали электрическую цепь (см. рисунок), которую подключили к источнику с небольшим напряжением. Определите силу тока, текущего через перемычку АВ (сопротивление перемычки и соединительных проводов много меньше сопротивления амперметра), если сумма показаний всех амперметров $I_0 = 49$ мА.



28 мА

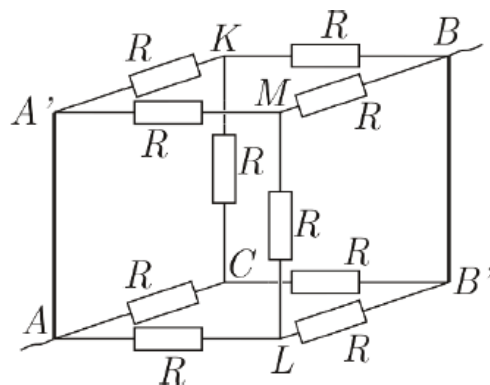
ЗАДАЧА 66. (Всеросс., 2016, PЭ, 9) Куб собран из одинаковых резисторов сопротивлением R . Два резистора заменили на идеальные перемычки, как указано на рисунке.

1) Найдите общее сопротивление получившейся системы между контактами A и B .

2) Какие резисторы из оставшихся можно убрать, чтобы это не изменило общего сопротивления системы?

3) Вычислите силу тока в проводе, подсоединённом к узлу A (или B), если известно, что через большинство резисторов в цепи течет ток $I = 2$ А.

4) Вычислите силу тока, текущего через идеальную перемычку AA' .

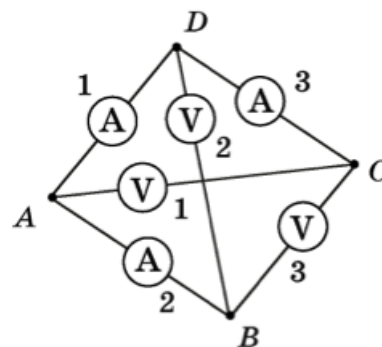


1) $R_0 = R/2$; 2) KC и ML ; 3) $I_A = 4I = 8$ А; 4) $I_{AA'} = 2I = 4$ А

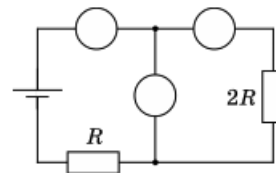
ЗАДАЧА 67. (Всеросс., 2018, PЭ, 9) В рёбра тетраэдра $ABCD$ включены три амперметра с внутренним сопротивлением $R_A = 0,1$ Ом и три вольтметра с внутренним сопротивлением $R_V = 10$ кОм. Определите показания всех приборов при подключении источника с напряжением $U_0 = 1,5$ В:

- к точкам A и D ;
- к точкам B и C .

См. конец листа

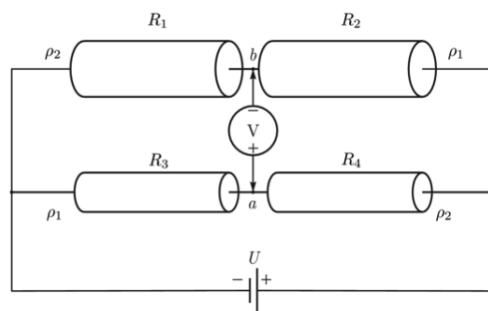


ЗАДАЧА 68. (Всеросс., 2019, PЭ, 9) Миша собрал электрическую цепь, состоящую из идеального источника, двух резисторов, двух амперметров и одного вольтметра. Но второпях он забыл расставить на схеме обозначения приборов, зато точно запомнил, что один из амперметров показывал силу тока $I = 1,0$ мА, а вольтметр — напряжение $U = 1,2$ В. Восстановите обозначения приборов. Дайте обоснование. Определите показания второго амперметра, сопротивления резисторов и напряжения источника U_0 . Все приборы можно считать идеальными.



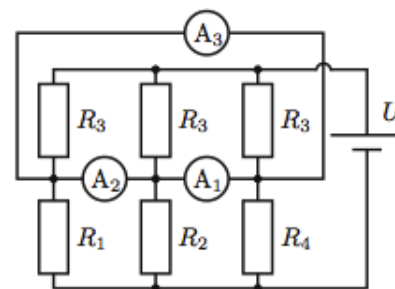
1,0 мА; 600 Ом и 1200 Ом; 1,8 В

ЗАДАЧА 69. (Всеросс., 2015, РЭ, 10) Из сплава с линейно изменяющимся от расстояния удельным сопротивлением изготовлены два проводника с вдвое отличающимся сечением. Удельное сопротивление с одной стороны каждого из проводников равно ρ_1 , а с другой — ρ_2 . Их противоположными сторонами соединили параллельно и подключили к идеальному источнику с напряжением U , а к центрам цилиндров подключили идеальный вольтметр (см. рисунок). Найдите показание V вольтметра.



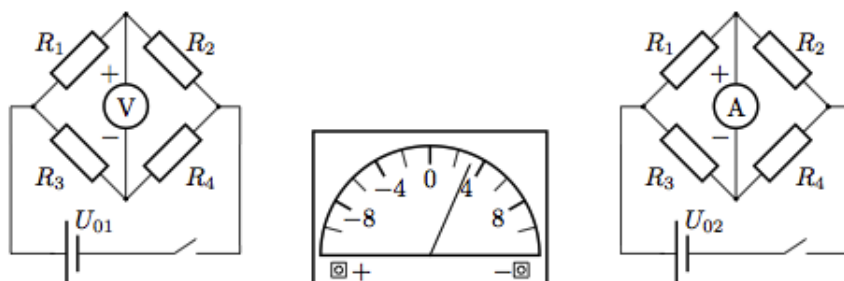
$$\frac{\rho_2 + \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \Omega \frac{\rho_1}{\rho_2} = \Lambda$$

ЗАДАЧА 70. (Всеросс., 2013, РЭ, 10) Электрическая цепь (см. рисунок) состоит из батарейки, шести резисторов, сопротивления которых $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 4$ кОм, и трёх одинаковых амперметров, внутреннее сопротивление r которых мало ($r \ll R_1$). Вычислите показания амперметров, если напряжение батарейки $U = 3,3$ В.



$$\sqrt{r} \varepsilon'0 = \varepsilon_I \sqrt{r} \varepsilon'0 = \varepsilon_I \sqrt{r} \varepsilon'0 = I$$

ЗАДАЧА 71. (Всеросс., 2011, РЭ, 10) Четыре резистора сопротивлениями $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 7$ Ом и $R_4 = 6$ Ом соединены с батареей (рисунок слева), напряжение на которой $U_{01} = 9,1$ В, а её внутренним сопротивлением можно пренебречь.

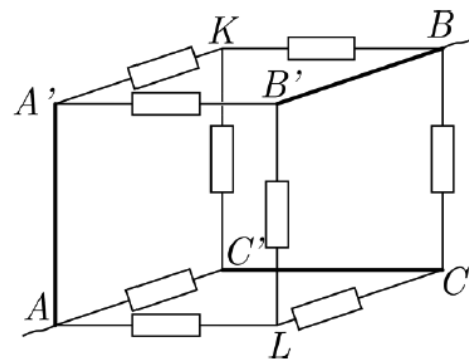


1) Между резисторами подключён идеальный вольтметр. Найдите его показания. В какую сторону отклонится стрелка вольтметра (рисунок в центре)? Известно, что при подключении клеммы вольтметра, помеченной символом (+), к положительному выводу батареи, а клеммы вольтметра, помеченной символом (−), — к отрицательному выводу батареи стрелка отклоняется вправо.

2) Через какое-то время батарея частично разрядилась, и напряжение на её выводах уменьшилось до $U_{02} = 9,0$ В. Вместо вольтметра в цепь включили амперметр (рисунок справа), сопротивление которого пренебрежимо мало. Найдите показания амперметра. В какую сторону отклонится стрелка амперметра, если при протекании через него тока от клеммы, помеченной символом (+) к клемме, помеченной символом (−), стрелка отклоняется вправо?

$$\sqrt{r} \varepsilon'0 + (\varepsilon'0 + I) = 1$$

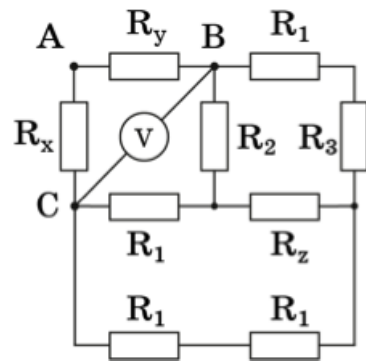
ЗАДАЧА 72. (Всеросс., 2016, РЭ, 10) Куб собран из одинаковых резисторов сопротивлением R . Три резистора заменили на идеальные перемиčky, как указано на рисунке.



- 1) Найдите общее сопротивление получившейся системы между контактами A и B .
- 2) Какие резисторы из оставшихся можно убрать так, что это не изменит общего сопротивления системы?
- 3) Вычислите силу тока в проводе, подсоединённом к узлу A (или B), если известно, что через большинство резисторов в цепи течет ток $I = 2$ А.
- 4) Вычислите силу тока, текущего через идеальную перемиčku AA' .

$$R_0 = 2R/5; (2) KCL и COK; (3) I_A = I_B = I_C = I_D = I_E = I_F = I_G = I_H = I_I = I_J = I_K = I_L = I_M = I_N = I_O = I_P = I_Q = I_R = I_S = I_T = I_U = I_V = I_W = I_X = I_Y = I_Z = I_{AA'} = I_{BB'} = I_{LL'} = 2 \text{ A}$$

ЗАДАЧА 73. (Всеросс., 2019, РЭ, 10) Электрическая цепь состоит из 9 резисторов и идеального вольтметра (см. рисунок). Сопротивление трех резисторов R_x , R_y и R_z неизвестны, сопротивления остальных: $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм. При подключении источника с постоянным напряжением $U_0 = 10$ В к точкам A и B вольтметр показывает $U_1 = 4$ В, при подключении того же источника к точкам A и C показания вольтметра $U_2 = 5$ В.

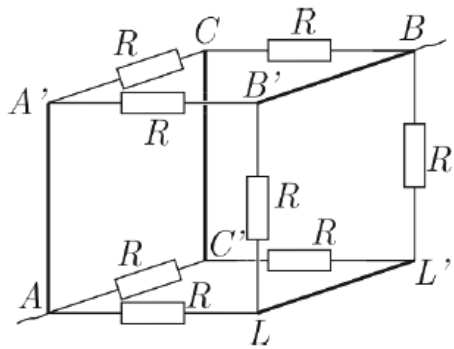


Определите:

1. значения сопротивлений R_x , R_y и R_z ;
2. значения силы тока через источник при подключении его к точкам A и B (I_{AB}) и к точкам A и C (I_{AC}).

$$R_x = 3 \text{ k}\Omega, R_y = 2 \text{ k}\Omega, R_z = 3 \text{ k}\Omega; I_{AB} = 7 \text{ mA}, I_{AC} = \frac{9}{38} \text{ mA}$$

ЗАДАЧА 74. (Всеросс., 2016, РЭ, 11) Куб собран из одинаковых резисторов, имеющих сопротивления R . Четыре резистора заменены на идеальные перемиčky, как указано на рисунке.

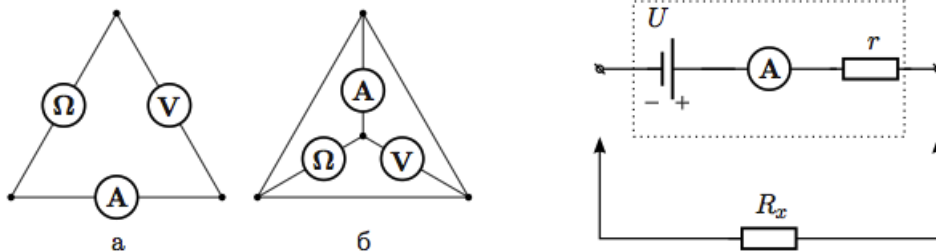


- 1) Найдите общее сопротивление получившейся системы между контактами A и B .
- 2) Через какие резисторы сила текущего тока максимальна, а через какие — минимальна? Найдите эти значения силы тока, если сила тока, входящего в узел A , равна $I_0 = 1,2$ А.
- 3) Какова сила тока, текущего через идеальную перемиčku AA' ?

$$R_0 = 5R/12; (2) I_{AA'} = I_{BB'} = I_{CC'} = I_{LL'} = 0,1 \text{ A}, I_{\max} = I_{A'B'} = 0,5 \text{ A}; (3) I_{AA'} = 0,7 \text{ A}$$

ЗАДАЧА 75. («Максвелл», 2017, финал, 8) Соединённые треугольником приборы (рис. а) показывают значения: $R_1 = 1100 \text{ Ом}$, $U_1 = 1,0 \text{ В}$, $I_1 = 1,0 \text{ мА}$. Если их соединить звездой (рис. б), то амперметр покажет $I_2 = 2,0 \text{ мА}$. Что покажут вольтметр и омметр?

Определите внутреннее сопротивление r и напряжение U источника омметра.



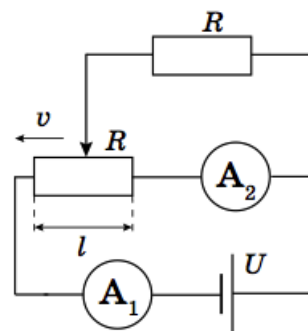
Примечание. По упрощённой модели омметр состоит из соединённых последовательно идеального источника с напряжением U , резистора с сопротивлением r и идеального амперметра (рис. справа). Показания амперметра автоматически пересчитываются в сопротивление подключённого резистора R_x , которое отображается на цифровом табло прибора.

$$0,2 \text{ В и } 91 \text{ Ом}; r = 750 \text{ Ом}, U = 1,85 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 76. («Максвелл», 2018, финал, 8) В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, ползунок потенциометра перемещают из крайнего правого положения влево с постоянной скоростью $v = 12 \text{ мм/с}$. Напряжение идеального источника $U = 12 \text{ В}$, сопротивление $R = 1,0 \text{ кОм}$.

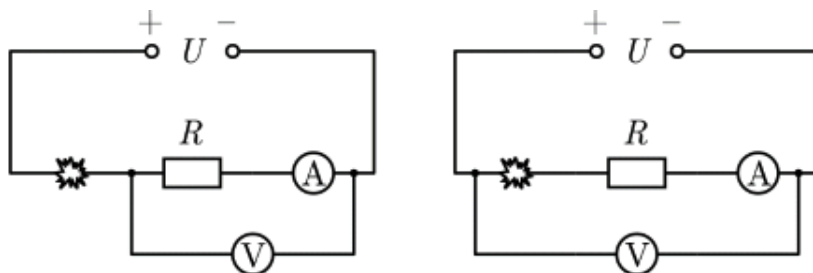
1) Получите зависимости показаний I_1 и I_2 идеальных амперметров от времени и найдите их минимальные значения.

2) Определите длину l потенциометра, если известно, что скорость изменения величины отношения сил тока I_1 и I_2 равна $\xi = 0,10 \text{ с}^{-1}$.



$$1) I_1 = \frac{U(R+r)}{R^2+Rr+r^2}, I_2 = \frac{r}{R} I_1 \Rightarrow \frac{dI_2}{dt} = \frac{r}{R} \frac{dI_1}{dt} = \xi \Rightarrow \frac{dI_1}{dt} = \frac{\xi R}{r} = 12 \text{ мА/с}$$

Задача 77. (МОШ, 2018, 9) Опытный участник экспериментального тура олимпиады собирал электрическую цепь, состоящую из резистора, идеальных вольтметра и амперметра, а также источника напряжения $U = 9$ В с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением. В одном месте контакт между проводами «барахлил», в результате чего показания приборов были нестабильными. Школьник решил исследовать этот вопрос. При подключении вольтметра так, как показано на рисунке слева, его показания в течение достаточно долгого времени наблюдения изменялись в пределах от $U_1 = 6,78$ В до $U_2 = 8,82$ В. При другом подключении вольтметра (рисунок справа) показания амперметра в течение достаточно долгого времени наблюдения изменялись в пределах от $I_1 = 113$ мА до $I_2 = 147$ мА.

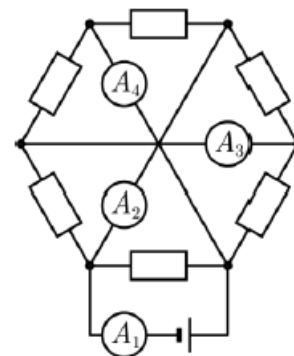


Определите:

- 1) сопротивление резистора R ;
 - 2) диапазон значений сопротивления «барахлящего» контакта;
 - 3) диапазоны показаний приборов, если в цепи, схема которой изображена на левом рисунке, параллельно «барахлящему» контакту присоединить резистор сопротивлением $r = 30$ Ом.
- Сопротивлением проводов можно пренебречь.

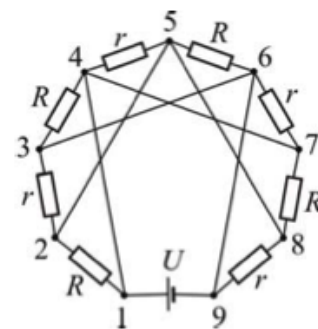
(1) 60 Ом; (2) от 1,22 Ом до 19,65 Ом; (3) вольтметр: от 7,51 В до 8,83 В; амперметр: от 0,125 А до 0,147 А

Задача 78. (МОШ, 2018, 9) Сопротивление каждого из резисторов в цепи, схема которой изображена на рисунке, одинаково и равно 3 Ом. Напряжение между полюсами идеального источника равно 6 В. Все амперметры идеальные, в центре шестиугольника контакта между проводами нет. Найдите показания всех амперметров.



$I_1 = 6$ А, $I_2 = 3$ А, $I_3 = 0$

Задача 79. (МОШ, 2013, 9) Система, изображённая на рисунке, состоит из резисторов двух типов, с сопротивлениями $R = 2r = 200$ Ом и $r = 100$ Ом, источника постоянного напряжения $U = 9$ В и шести перемычек (проводов, сопротивлением которых можно пренебречь). Найдите силы токов через все резисторы, перемычки и источник напряжения.

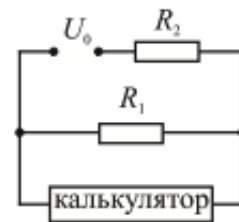


$I_{17} = 115$ мА; $I_{14} = 210$ мА; $I_{91} = 235$ мА

$I_{78} = 25$ мА; $I_{89} = 40$ мА; $I_{52} = 25$ мА; $I_{58} = 15$ мА; $I_{36} = 15$ мА; $I_{36} = 85$ мА; $I_{69} = 195$ мА;

$I_{12} = 25$ мА; $I_{23} = 40$ мА; $I_{34} = -45$ мА; $I_{45} = 50$ мА; $I_{56} = 20$ мА; $I_{67} = -90$ мА;

Задача 80. (МОШ, 2006, 9) В технической документации на калькулятор школьник прочитал: «Для нормальной работы калькулятора подаваемое на него напряжение должно быть в пределах от $U_{\min} = 4,5$ В до $U_{\max} = 5,5$ В; в зависимости от режима работы калькулятор потребляет ток от $I_{\min} = 20$ мА до $I_{\max} = 50$ мА». Не найдя батарейку с нужным напряжением, школьник решил включить данный калькулятор, используя имеющийся в школьной лаборатории аккумулятор с напряжением $U_0 = 12$ В и малым внутренним сопротивлением и резисторы, включённые в электрическую цепь, схема которой изображена на рисунке. Сопротивление резистора $R_2 = 40$ Ом. В каком интервале должно лежать сопротивление резистора R_1 , чтобы включённый таким образом калькулятор нормально функционировал?



$$\frac{U_0 - U_{\min}}{I_{\max} R_2} \leq R_1 \leq \frac{U_0 - U_{\max}}{I_{\min} R_2}; \text{ т. е. от } 32,7 \text{ Ом до } 38,6 \text{ Ом}$$

Задача 81. (МОШ, 2016, 9) Алиса и Василиса играют в игру «Постоянный ток». Они соединили последовательно два реостата и идеальный амперметр и подключили полученную цепь к источнику напряжения. Амперметр показал ток $I_0 = 100$ мА. Школьницы «ходят» по очереди. Одна двигает ползунок своего реостата, и показания амперметра меняются. Другая должна тоже подвинуть ползунок своего реостата, как можно быстрее вернув ток к прежнему значению. После этого «ход» переходит к ней. Реостаты у девушек разные, но на каждом из них ползунок перемещается прямолинейно и в начале игры находится в среднем положении. У Алисы расстояние между крайними возможными положениями ползунка равно $L_A = 36$ см, а у Василисы $L_B = 40$ см.

1) Первой «ходит» Алиса. Она сдвинула свой ползунок на 4 см вправо, и амперметр стал показывать ток $I_1 = 90$ мА. Василиса сдвинула свой ползунок на 5 см влево, и ток вернулся к прежнему значению. Теперь «ходит» Василиса. Она двигает ползунок на 6 см влево. На сколько и в каком направлении должна сдвинуть ползунок Алиса, отвечая на «ход» Василисы?

2) Может ли в течение игры возникнуть ситуация, когда Алиса не сможет ответить на «ход» Василисы?

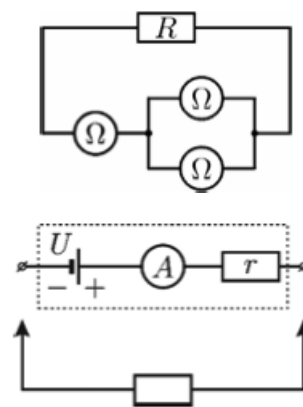
3) Может ли в течение игры возникнуть ситуация, когда Василиса не сможет ответить на «ход» Алисы?

4) Чему равно напряжение источника, если его внутреннее сопротивление $r = 4$ Ом?

$$1) \text{ Вправо на } 4,8 \text{ см; } 2) \text{ нет; } 3) \text{ нет; } 4) 7,2 \text{ В}$$

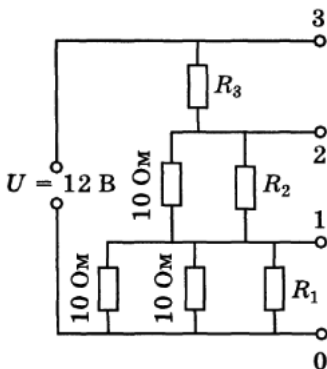
Задача 82. (МОШ, 2017, 9) На рисунке приведена схема цепи, состоящей из трёх одинаковых омметров Ω , с помощью которых измеряется неизвестное сопротивление R резистора. Полярность включения у всех омметров одинаковая. Один из омметров показывает сопротивление $R_1 = 100$ Ом, а другой — $R_2 = 800$ Ом. Каковы показания R_3 третьего омметра? Чему равно сопротивление R резистора?

Указание. Можно считать, что омметр состоит из соединённых последовательно идеального источника с напряжением U , резистора с сопротивлением r и идеального амперметра. Показания амперметра автоматически пересчитываются в сопротивление подключённого к его клеммам резистора, которое отображается на цифровом табло прибора.



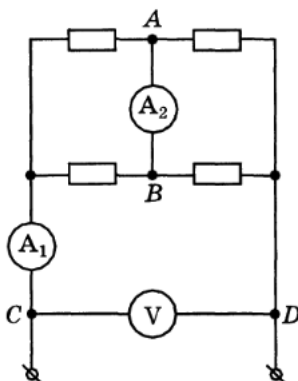
$$R_3 = 800 \text{ Ом; } R = 500 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 83. (Всеросс., 1995, финал, 9) В цепи, изображённой на рисунке, два резистора из трёх с неизвестными сопротивлениями R_1 , R_2 и R_3 имеют одинаковое сопротивление. Напряжение между точками 2 и 0 равно 6 В, а между точками 3 и 1 равно 10 В. Определите неизвестные сопротивления.



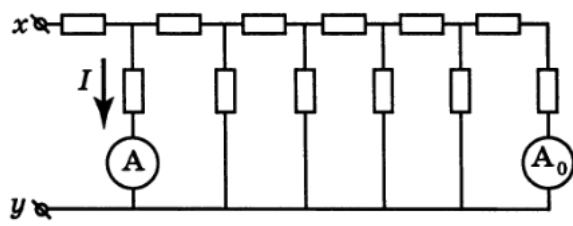
$$R_2 = R_3 = R_1 = 5 \text{ Ом}, R_1 = 5 \text{ Ом}, R_1 = 2,5 \text{ Ом или } R_1 = 10 \text{ Ом}, R_2 = 20 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 84. (Всеросс., 1997, финал, 9) В цепи, которая изображена на рисунке, амперметр A_2 показывает силу тока 2 А. Найдите показание амперметра A_1 , если известно, что резисторы имеют сопротивления 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом и 4 Ом, а вольтметр V показывает напряжение 10 В. Все приборы считать идеальными.



$$5 \text{ A или } 4,8 \text{ A}$$

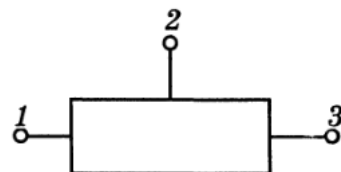
ЗАДАЧА 85. (Всеросс., 1999, финал, 9) На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из шести одинаковых звеньев. Все резисторы в цепи одинаковы и имеют сопротивление r . В первое и последнее звенья цепи включены амперметры A и A_0 . На входные клеммы x и y цепи подано постоянное напряжение U_{xy} , при этом амперметр A показывает ток $I = 8,9$ А.



- 1) Какой ток I_0 показывает амперметр A_0 ?
- 2) Определите напряжение U_{xy} , поданное на входные клеммы цепи при условии $r = 1$ Ом.
- 3) Определите для этого случая электрическое сопротивление R_{xy} между клеммами x и y .

$$I_0 = I \frac{6r}{r+6r} = I \frac{6}{7} = 7,71 \text{ А}; U_{xy} = I R_{xy} = 23,3 \text{ В}; R_{xy} = \frac{U_{xy}}{I} = 2,6 \text{ Ом}$$

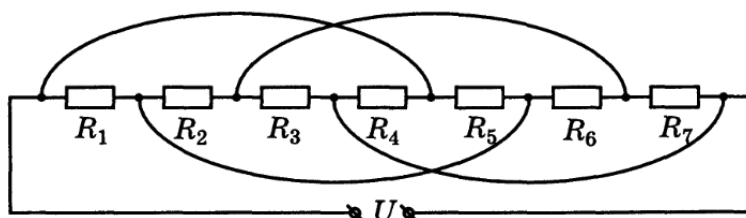
ЗАДАЧА 86. (Всеросс., 2000, финал, 9) Дан «чёрный ящик» с тремя выводами (рис.). Известно, что внутри ящика находится некоторая схема, составленная из резисторов. Если к выводам $1, 2$ подключить источник напряжения $U = 15$ В и измерить с помощью вольтметра напряжения между выводами $1, 2$ и $2, 3$, то они оказываются равными $U_{12} = 6$ В и $U_{23} = 9$ В. Если источник напряжения подключить к выводам $2, 3$, то $U_{21} = 10$ В, $U_{13} = 5$ В.



Какими будут напряжения U_{13}, U_{32} , если источник подключить к выводам $1, 2$? Нарисуйте возможные схемы «чёрного ящика» с минимальным числом резисторов. Полагая, что наименьшее сопротивление из всех резисторов равно R , найдите сопротивления остальных резисторов.

$$3,75 \text{ В и } 11,25 \text{ В}; 2R, 3R \text{ или } \frac{5}{3}R, 3R$$

ЗАДАЧА 87. (Всеросс., 2001, финал, 9) Электрическая цепь составлена из семи последовательно соединённых резисторов: $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 4$ кОм, $R_5 = 5$ кОм, $R_6 = 6$ кОм, $R_7 = 7$ кОм и четырёх перемычек (см. рис.). Входное напряжение $U = 53,2$ В. Укажите, в каком из резисторов сила тока минимальна. Найдите эту силу тока. В каком из резисторов сила тока максимальна? Найдите её.



$$I_{\text{max}} = I_1 = 13,3 \text{ мА}; I_{\text{min}} = I_7 = 2 \text{ мА}$$

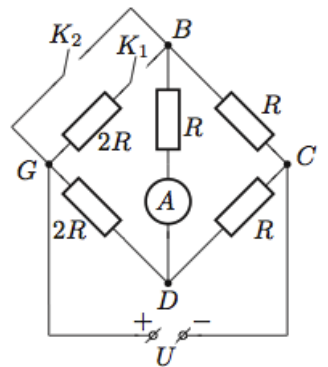
ЗАДАЧА 88. (*Всеросс., 2005, финал, 9*) В коробке («чёрном ящике») с четырьмя выводами находятся четыре одинаковых резистора. С помощью омметра измеряется сопротивление между выводами 1 и 2 (рис.). При этих измерениях поочередно соединялись накоротко выводы 1–3, 2–3 и 2–4. Результаты измерений следующие: $R_{13} = 3 \text{ Ом}$, $R_{23} = 3 \text{ Ом}$, $R_{24} = 4 \text{ Ом}$, $R_{00} = 4 \text{ Ом}$. Индексы указывают, какие выводы «чёрного ящика» были закорочены при данном измерении. Индекс «00» означает, что никакие два вывода не соединялись накоротко.



Расшифруйте по этим данным схему «чёрного ящика» и определите сопротивление R резисторов, а также R_{14} и R_{34} .

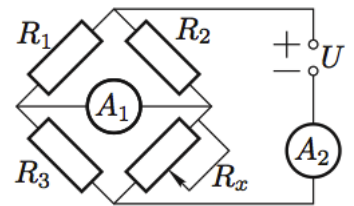
$$R = 2 \text{ Ом}, R_{14} = \frac{3}{4} \text{ Ом}, R_{34} = \frac{3}{10} \text{ Ом} \text{ или } R = 6 \text{ Ом}, R_{14} = 2,4 \text{ Ом}, R_{34} = 3,6 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 89. (*Всеросс., 2006, финал, 9*) На рисунке изображена цепь, содержащая идеальный амперметр A , резисторы сопротивлением R и $2R$, ключи K_1 и K_2 . Цепь подключена к источнику постоянного напряжения U . Какую силу тока будет показывать амперметр при различных комбинациях ключей K_1 и K_2 (замкнуто — разомкнуто)? Какими будут направления тока на участке BD в различных случаях? В каком случае показания амперметра окажутся максимальными?



$$0; \frac{2R}{U}; -\frac{2R}{U}$$

ЗАДАЧА 90. (*Всеросс., 2008, финал, 9*) Два идеальных амперметра (внутреннее сопротивление которых равно нулю) включены в цепь (рис.). Сопротивления резисторов соответственно равны $R_1 = 3 \text{ кОм}$, $R_2 = 3R_1$, $R_3 = 2R_1$. Сопротивление переменного резистора R_x может принимать любые значения от нуля до бесконечности. Напряжение источника постоянного тока $U = 81 \text{ В}$. Вычислите, при каких значениях сопротивления R_x :

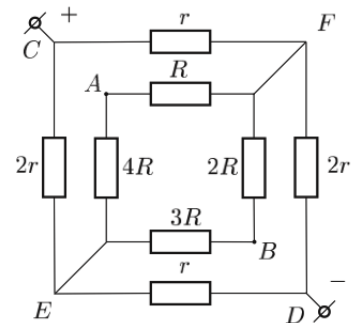


- 1) Сила тока $|I|$, протекающего через амперметр A_1 , минимальна. Чему она равна?
- 2) Сила тока $|I|$, протекающего через амперметр A_1 , максимальна. Чему она равна?
- 3) Сила тока I_0 , протекающего через амперметр A_2 , вдвое меньше $|I|_{\max}$ (смотри пункт 2).

$$1 \text{ мА} \text{ или } 0; \frac{U}{10} = \frac{81}{10} \text{ В} \text{ или } \frac{U}{10} = \frac{81}{10} \text{ В} \text{ или } 0 = \frac{U}{10} \text{ В}$$

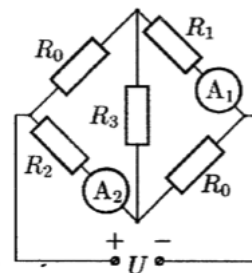
ЗАДАЧА 91. (*Всеросс., 2009, финал, 9*) В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, напряжение между зажимами C и D равно $U_{CD} = 15 \text{ В}$. Известно, что $R \gg r$.

- 1) Определите показания идеального вольтметра, подключённого к клеммам A и B .
- 2) Предположим, что к клеммам A и B подключён идеальный амперметр. Укажите направление тока, идущего через каждый из резисторов и амперметр.



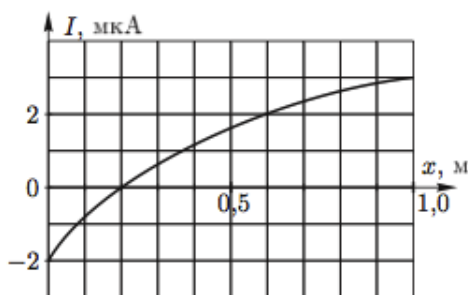
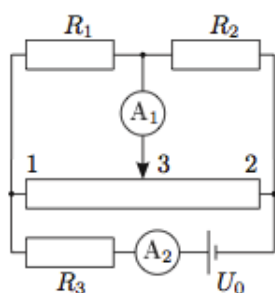
$$1) U_{AB} = \frac{1}{15} U_{CD} = 1 \text{ В}; 2) \text{ через амперметр — от } A \text{ к } B$$

ЗАДАЧА 92. (Всеросс., 2010, финал, 9) Электрическая цепь состоит из пяти резисторов и двух идеальных амперметров (рис.). Сопротивления резисторов R_0 , R_1 и R_2 заданы, а сопротивление R_3 неизвестно. Найдите показание амперметра A_2 , если сила тока I_1 , протекающего через амперметр A_1 , известна.



$$\frac{r_2 U + 0,1 U}{1,1 U + 0,1 U} I_1 = r_2 I$$

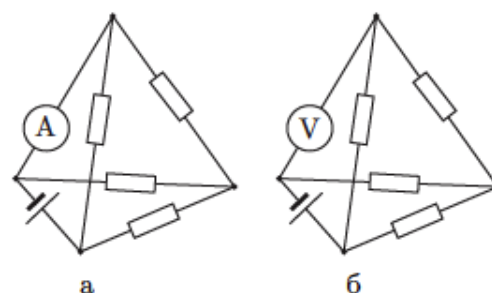
ЗАДАЧА 93. (Всеросс., 2013, финал, 9) Экспериментатор Глюк проводит опыты с электрической цепью, схема которой изображена на рисунке слева. Цепь состоит из источника неизвестного напряжения U_0 , резистора $R_3 = 1$ МОм, резисторов R_1 и R_2 с неизвестными сопротивлениями, двух идеальных амперметров и реостата 1–2 — проводника постоянного сечения, к которому подсоединён ползунок 3. Длина реостата составляет $L = 1$ м, а его сопротивление $r = 1$ кОм. Меняя положение ползунка реостата, Глюк построил график зависимости силы тока I_A через амперметр A_1 от длины x участка 1–3 реостата (рисунок справа).



- 1) Найдите отношение сопротивлений $R_1 : R_2$.
 - 2) Изобразите график приближённой зависимости силы тока I_0 через амперметр A_2 от длины x участка 1–3 реостата.
 - 3) Найдите сопротивления резисторов R_1 , R_2 и напряжение источника U_0 .
- Примечание.* Все значения можно вычислять с погрешностью не более 0,1%.

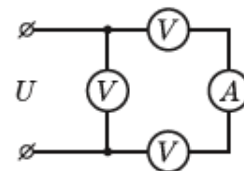
$$1) 1 : 4; 2) \text{горизонтальная прямая}; 3) 200 \text{ Ом}, 800 \text{ Ом}, 3,6 \text{ В}$$

ЗАДАЧА 94. (Всеросс., 2016, финал, 9) Электрическая цепь в форме тетраэдра содержит четыре одинаковых резистора, идеальный источник постоянного напряжения и идеальный амперметр, который показывает силу тока $I = 2$ А (рисунок а). Если заменить амперметр идеальным вольтметром, он покажет напряжение $U = 12$ В (рисунок б). Определите напряжение U_0 источника и сопротивление R одного резистора.



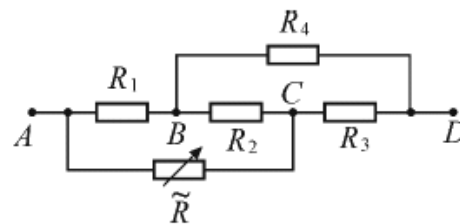
$$U_0 = 15 \text{ В}, R = 10 \text{ Ом}$$

Задача 95. (МОШ, 2009, 10) В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, все вольтметры одинаковы. Вольтметр, подключённый параллельно источнику напряжения, показывает $U_1 = 4,5$ В, два других вольтметра — $U_2 = 2$ В, амперметр — $I = 5$ мА. Во втором опыте такие же вольтметр и амперметр соединили последовательно и подключили к тому же источнику. Что они покажут? Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.



$$U_{V2} = \frac{r_{\text{в}} I}{I} = r_{\text{в}} I; \text{ где } r_{\text{в}} = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{4,5 - 2}{0,005} = 500 \Omega$$

Задача 96. (МОШ, 2016, 10) Участок AD электрической цепи, схема которого показана на рисунке, состоит из четырёх постоянных резисторов с сопротивлениями $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 40$ Ом, $R_3 = 80$ Ом, $R_4 = 25$ Ом и одного переменного резистора \tilde{R} , сопротивление которого может изменяться от нуля до $R_{\text{max}} = 10$ кОм. Сила тока, текущего через участок AD , поддерживается постоянной и равной $I = 1,2$ А.

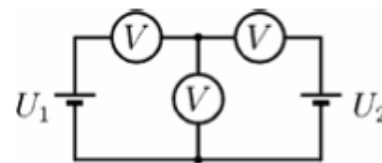


1) При каких значениях сопротивления переменного резистора ток через резистор R_2 будет течь в направлении от точки B к точке C , а при каких — в обратном направлении?

2) При каком значении сопротивления переменного резистора напряжение на резисторе R_2 будет максимальным, и чему равно это напряжение?

$$0 = \tilde{R} \text{ или } \tilde{R} \approx 10,8 \text{ В при } \tilde{R} > R_{\text{max}} > R_2 > R_3 > R_4 > R_1 > 0$$

Задача 97. (МОШ, 2017, 10) Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, собрана из двух батарей с ЭДС $U_1 = 36$ В и $U_2 = 12$ В, а также трёх вольтметров. Сопротивление у одного из этих приборов в два раза меньше, чем у каждого из двух других. При этом сопротивление у каждого из вольтметров всё равно значительно больше внутреннего сопротивления каждой батареи. Известно, что один из вольтметров показывает напряжение 24 В.



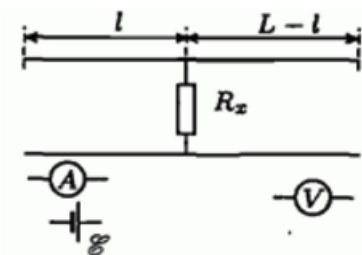
1) Какой именно вольтметр показывает 24 В?

2) Что показывают остальные вольтметры?

3) Определите, где включён вольтметр с малым сопротивлением, а где — вольтметры с большим сопротивлением.

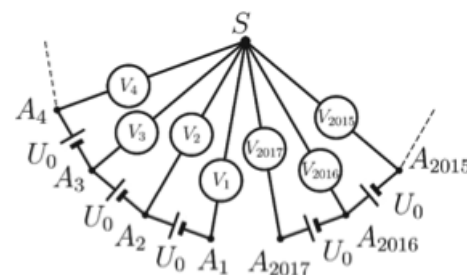
$$(1) \text{ Первый; } (2) 0 \text{ и } 12 \text{ В; } (3) \text{ с малым — третий}$$

ЗАДАЧА 98. (Всеросс., 2004, финал, 10) В некоторой точке двухпроводной телефонной линии неизвестной длины L произошло повреждение, в результате которого между проводниками появилось сопротивление утечки R_x (рис.). К обоим концам линии прибыли операторы, причем оператор на левом конце имел в своем распоряжении только источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и амперметр, а на правом — только вольтметр. Для связи операторы использовали мобильные телефоны. Погонные сопротивления линии, то есть сопротивления единицы длины каждого проводника линии, $\rho = 5,0 \cdot 10^{-4}$ Ом/м. Используя возможные схемы подключений к концам линии, операторы получили два значения тока $I_1 = 6$ А и $I_2 = 9$ А и одно значение напряжения $V = 9$ В. Помогите оператору на левом конце линии по этим данным определить сопротивление утечки R_x , расстояние l до места повреждения и общую длину линии L . Нарисуйте схемы измерений, которые использовали операторы. Измерительные приборы и источники постоянного тока, которые были в распоряжении операторов, можно считать идеальными.



$$R_x = 1,5 \text{ Ом}; l = 0,5 \text{ км}; L = 2,4 \text{ км}$$

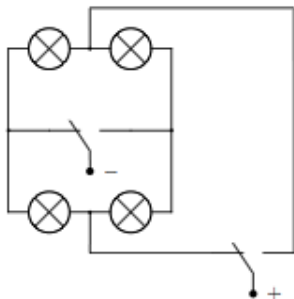
ЗАДАЧА 99. (МОШ, 2017, 11) Точки A_1, \dots, A_{2017} — вершины правильного 2017-угольника, точка S — его центр. Между соседними вершинами многоугольника (за исключением 1-й и 2017-й) включены одинаковые идеальные батарейки с напряжением U_0 так, как показано на рисунке. Также между каждой вершиной и точкой S включён вольтметр с соответствующим номером. Все вольтметры одинаковые, в точке S есть электрический контакт.



- 1) На сколько отличаются показания первого и десятого вольтметров?
- 2) Что показывает вольтметр с номером N ?
- 3) Определите номер вольтметра с нулевыми показаниями.

$$N = 1000$$

Ответ к задаче 18



Ответ к задаче 32

Возможны три принципиально разные схемы омметра:

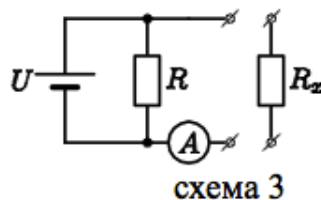
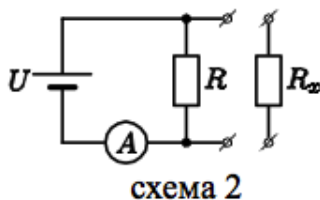
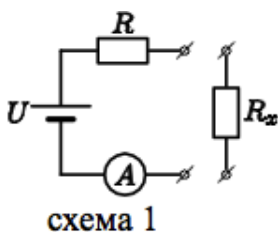


Схема 1. $R_x = \frac{U}{I} - R$; R_x — любое.

Схема 2. $R_x = \frac{UR}{IR - U}$; $R_x \geq 150$ Ом.

Схема 3. $R_x = \frac{U}{I}$; $R_x \geq 75$ Ом.

Ответ к задаче 67

- а) $U_{AC} \approx 1,5$ В, $U_{BC} \approx 1,5$ В, $U_{BD} \approx 1,5$ В, $I_{AD} = 15$ А, $I_{AB} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ А, $I_{CD} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ А.
 б) $U_{AC} = 1$ В, $U_{BC} = 1,5$ В, $U_{BD} = 1$ В, $I_{AD} = 5$ А, $I_{AB} = 5$ А, $I_{CD} = 5$ А.