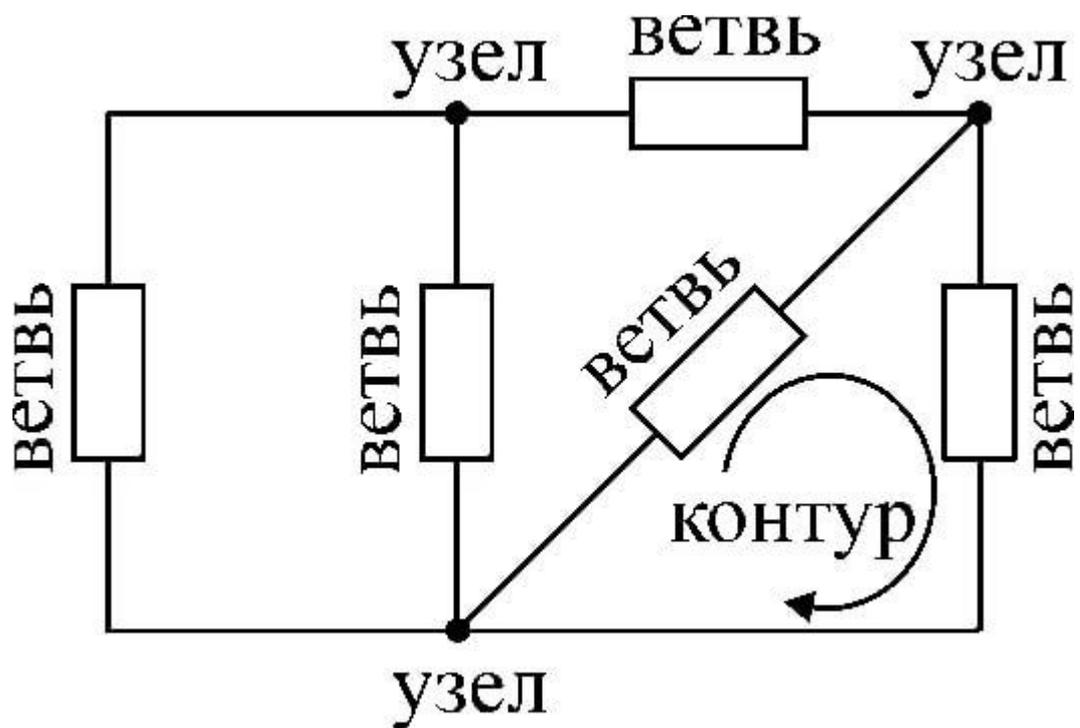
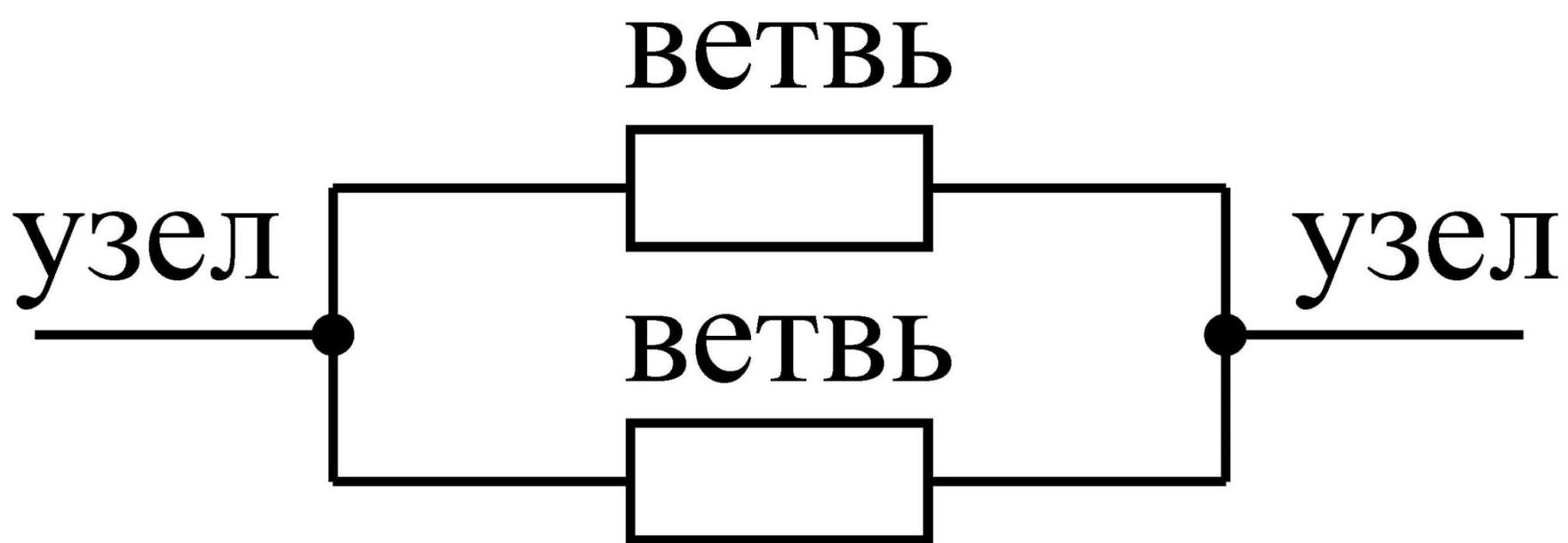
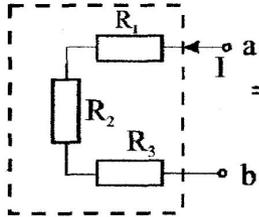
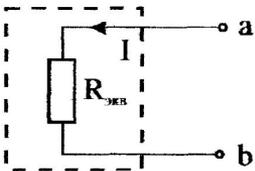
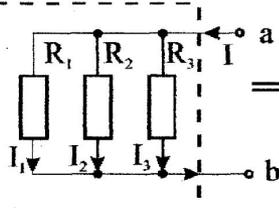
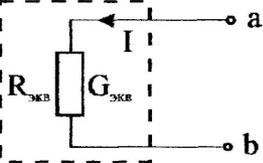
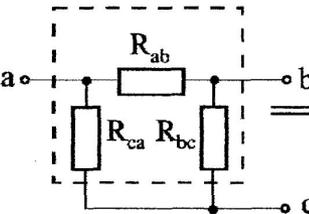
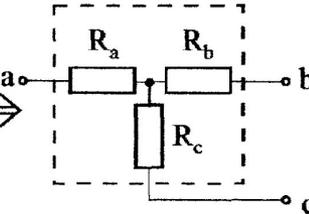
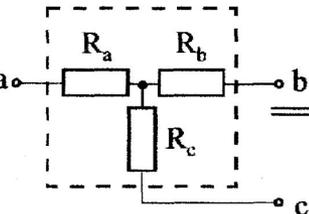
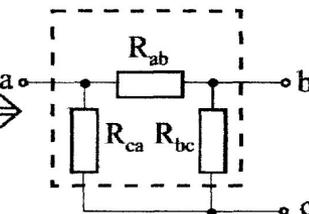


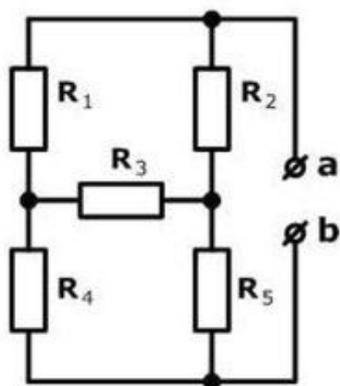
Методы преобразования электрических схем.



Исходная электрическая цепь	Эквивалентная схема преобразования	Формулы эквивалентного преобразования
<p>Последовательное соединение</p> 		$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3$ $I = \text{const}$
<p>Параллельное соединение</p> 		$G_{\text{экв}} = G_1 + G_2 + G_3 =$ $= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3};$ $R_{\text{экв}} = \frac{1}{G_{\text{экв}}};$ $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3};$ $I = I_1 + I_2 + I_3.$
<p>Соединение элементов треугольником</p> 	<p>Эквивалентное соединение звездой</p> 	$R_a = \frac{R_{ab} R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}};$ $R_b = \frac{R_{ab} R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}};$ $R_c = \frac{R_{bc} R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}.$
<p>Соединение элементов звездой</p> 	<p>Эквивалентное соединение треугольником</p> 	$R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c};$ $R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a};$ $R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b}.$

Пример эквивалентных преобразований

Найти эквивалентное сопротивление для следующей цепи между зажимами **a** и **b**



$$R_1 = 10 \text{ Ом}; \quad R_2 = 30 \text{ Ом};$$

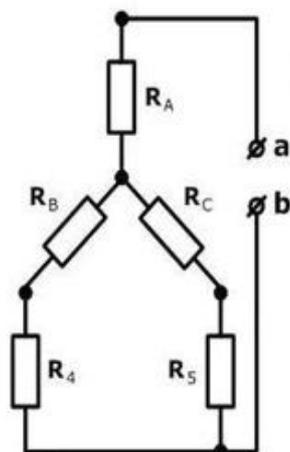
$$R_3 = 60 \text{ Ом}; \quad R_4 = 14 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_{ab} = ?$$

Решение

Преобразуем треугольник из сопротивлений R_1, R_2, R_3 в звезду



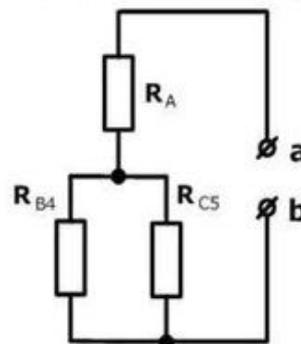
$$R_A = R_1 R_2 / (R_1 + R_2 + R_3) = 10 \times 30 / (10 + 30 + 60) = 3 \text{ Ом}$$

$$R_B = R_1 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 10 \times 60 / (10 + 30 + 60) = 6 \text{ Ом}$$

$$R_C = R_2 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 30 \times 60 / (10 + 30 + 60) = 18 \text{ Ом}$$

Далее выделяем на схеме два участка с последовательным соединением резисторов: R_B и R_4 (R_C и R_5) и замещаем их эквивалентными сопротивлениями: R_{B4} (R_{C5})

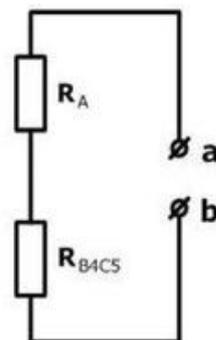
Далее выделяем на схеме два участка с последовательным соединением резисторов: R_B и R_4 (R_C и R_5) и замещаем их эквивалентными сопротивлениями: R_{B4} (R_{C5})



$$R_{B4} = R_B + R_4 = 6 + 14 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_{C5} = R_C + R_5 = 18 + 2 = 20 \text{ Ом}$$

Теперь можно R_{B4} и R_{C5} заменить эквивалентным

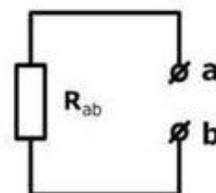


сопротивлением R_{B4C5}

$$R_{B4C5} = R_{B4} R_{C5} / (R_{B4} + R_{C5}) =$$

$$= 20 \times 20 / (20 + 20) = 10 \text{ Ом}$$

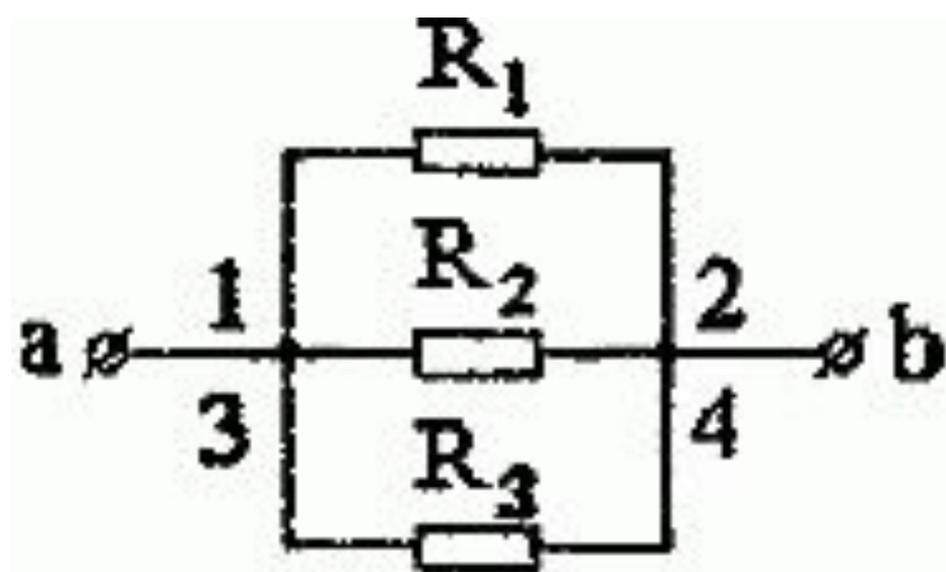
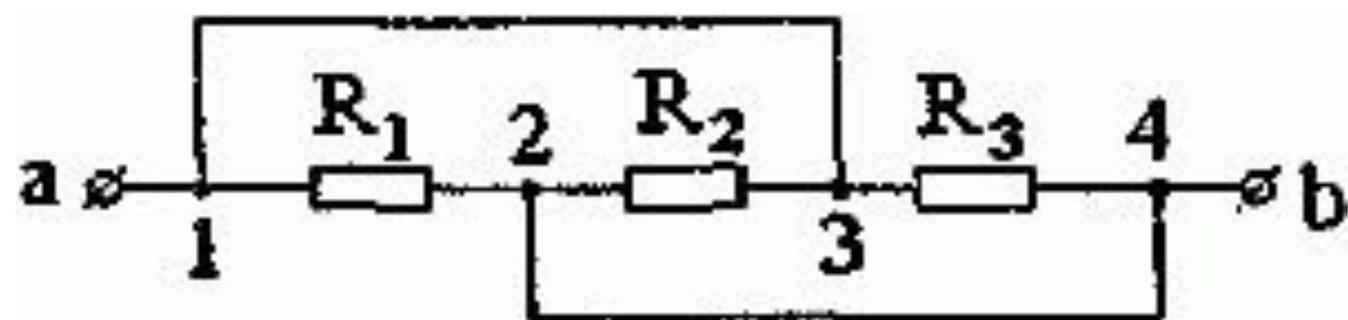
В заключение осталось только рассчитать сопротивление последовательно соединенных резисторов R_A и R_{B4C5}



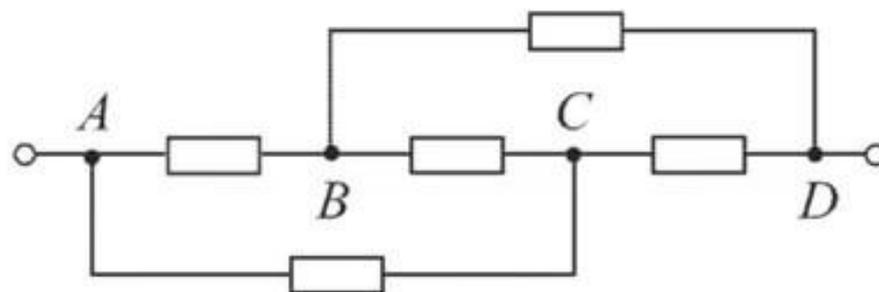
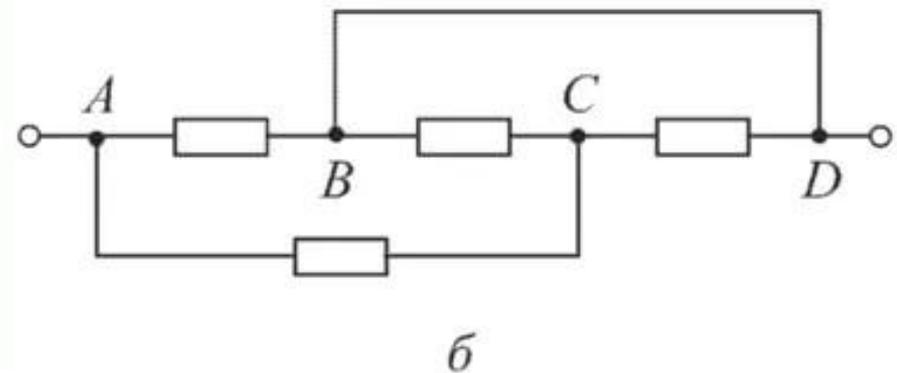
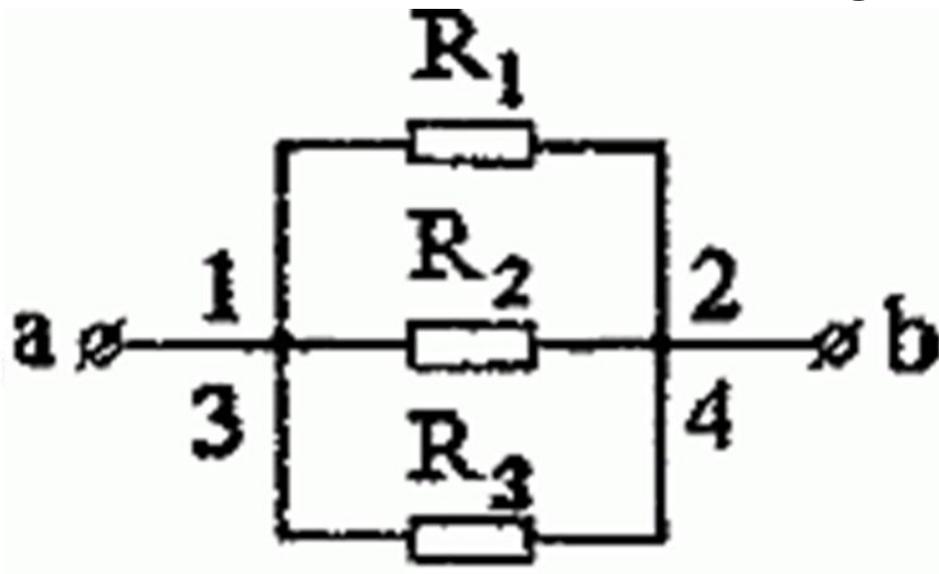
$$R_{ab} = R_A + R_{B4C5} = 3 + 10 = 13 \text{ Ом}$$

ОТВЕТ: $R_{ab} = 13 \text{ Ом}$

- Если в контуре не окажется ни последовательно, ни параллельно соединённых проводников, для вычисления общего сопротивления следует использовать следующие свойства электрической цепи:
- В электрической цепи точки с **одинаковыми потенциалами** можно **соединять** или **разъединять**. Поскольку ток между такими точками не идёт, то **общий режим тока** в цепи при этом **не меняется**.



Основные виды преобразований:
Метод склейки узлов. Если два или более узлов имеют одинаковый потенциал, то их можно соединить в узел.



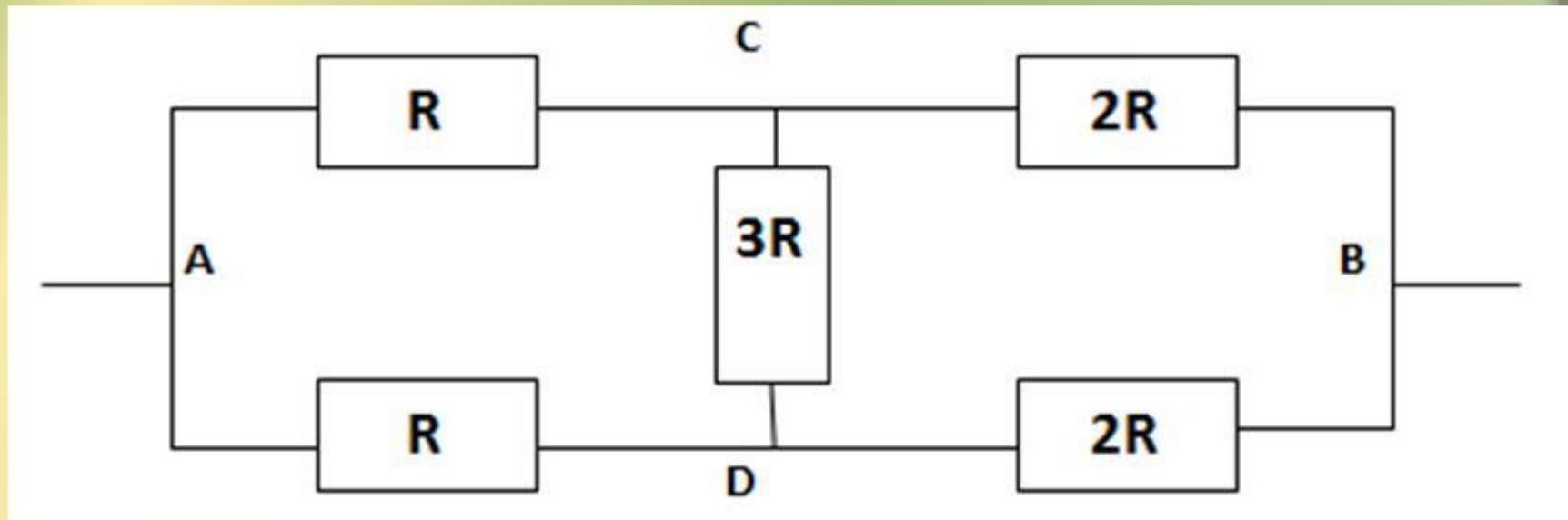
- **Метод равных потенциалов.**

- Точки с одинаковыми потенциалами всегда есть в схемах, обладающих осью или плоскостью симметрии относительно точек подключения. Возможны два случая.
- Если схема симметрична относительно оси (плоскости), проходящей через точки входа и выхода тока (имеется продольная ось симметрии), то точки одного потенциала находятся на концах симметричных резисторов, поскольку по ним идут одинаковые токи.

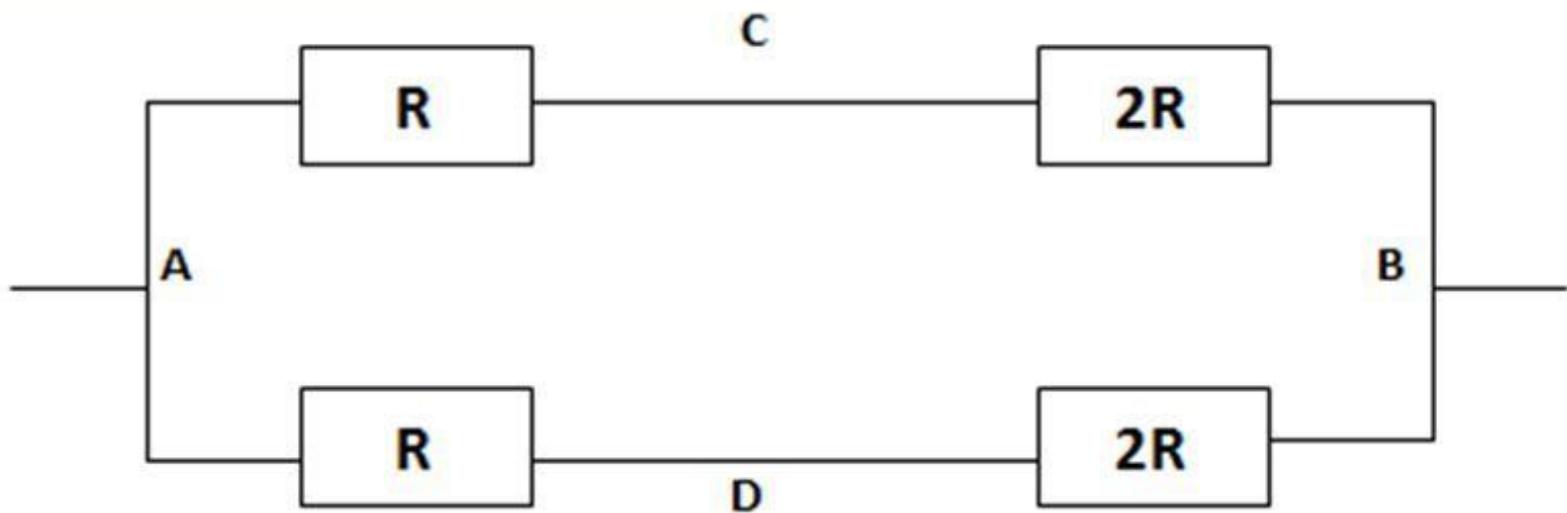
Задача № 2.

- Метод удаления сопротивлений. Сопротивление можно удалить, если через него не течёт ток (узлы, которые оно соединяет, имеют одинаковый потенциал).

- Определите общее сопротивление участка цепи изображенного на рисунке.



- Решение:
- Потенциалы в точках С и D одинаковы,
- т.е. $\varphi_C = \varphi_D$
- Так как ветви электрической цепи симметричны, следовательно между точками С и D нет падения напряжения, а значит ток на участке CD не течет. Тогда схему можно перерисовать так:

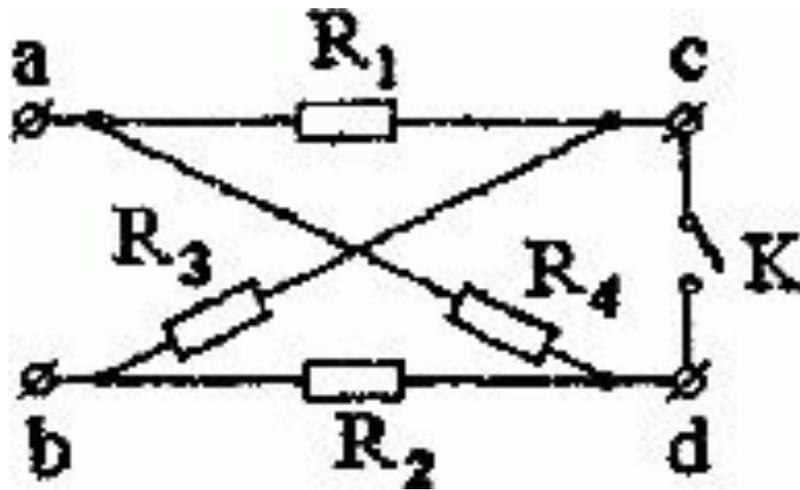


- $R_{ACB} = R + 2R = 3R$
- $R_{ADB} = R + 2R = 3R$
- $R_{AB} = 1,5R$

Ответ: 1,5R

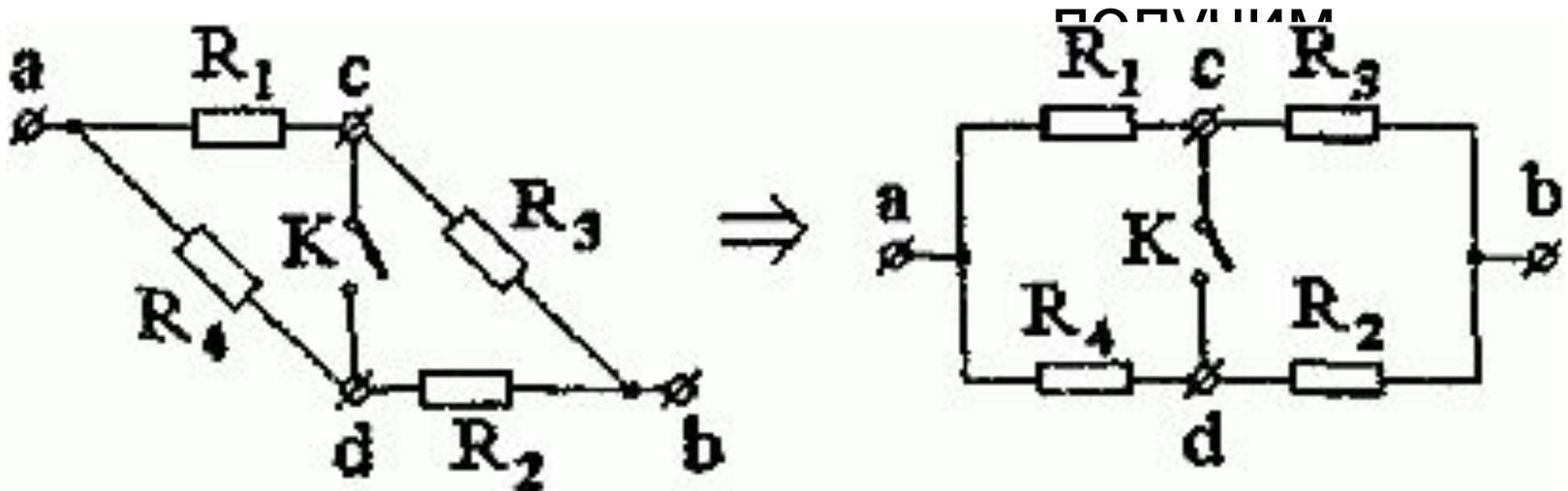
- Если схема симметрична относительно оси (плоскости), перпендикулярной линии, на которой лежат точки входа и выхода тока - в схеме имеется поперечная ось (плоскость) симметрии, то одинаковым потенциалом обладают все точки, лежащие на пересечении этой оси (плоскости) с проводниками. Это утверждение вытекает из того, что работа электрических сил не зависит от формы пути.

- Найдя в схеме точки с одинаковыми потенциалами, можно произвести такие её преобразования, что останутся только параллельные и последовательные соединения. Основные виды преобразований:
- **Метод склейки узлов.** Если два или более узлов имеют одинаковый потенциал, то их можно соединить в узел.
- **Метод удаления сопротивлений.** Сопротивление можно удалить, если через него не течёт ток (узлы, которые оно соединяет, имеют одинаковый потенциал).
- **Метод разрезания узлов.** Действие, противоположное склейке: разъединив центральный узел на несколько, можно получить несколько узлов с равными потенциалами.



Определить методом эквивалентных преобразований сопротивление цепи между зажимами a и b при разомкнутом и замкнутом ключе K для схемы

Совершим поворот части схемы относительно зажимов c и d . В результате



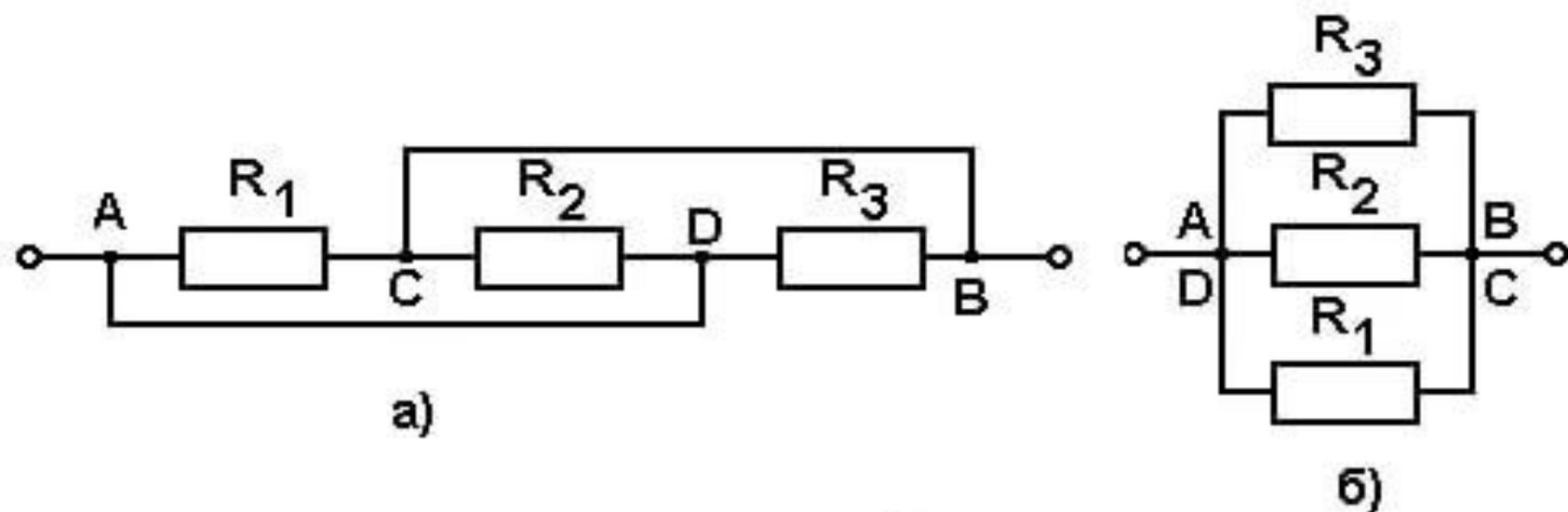
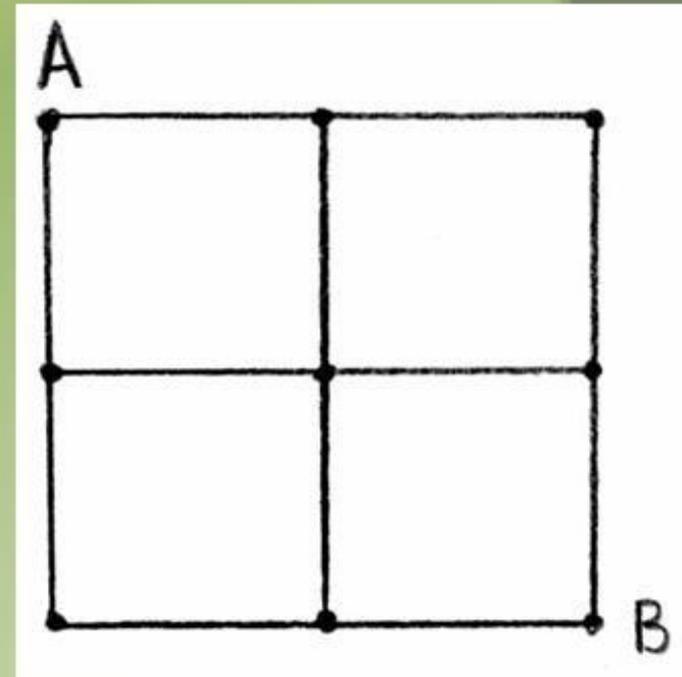


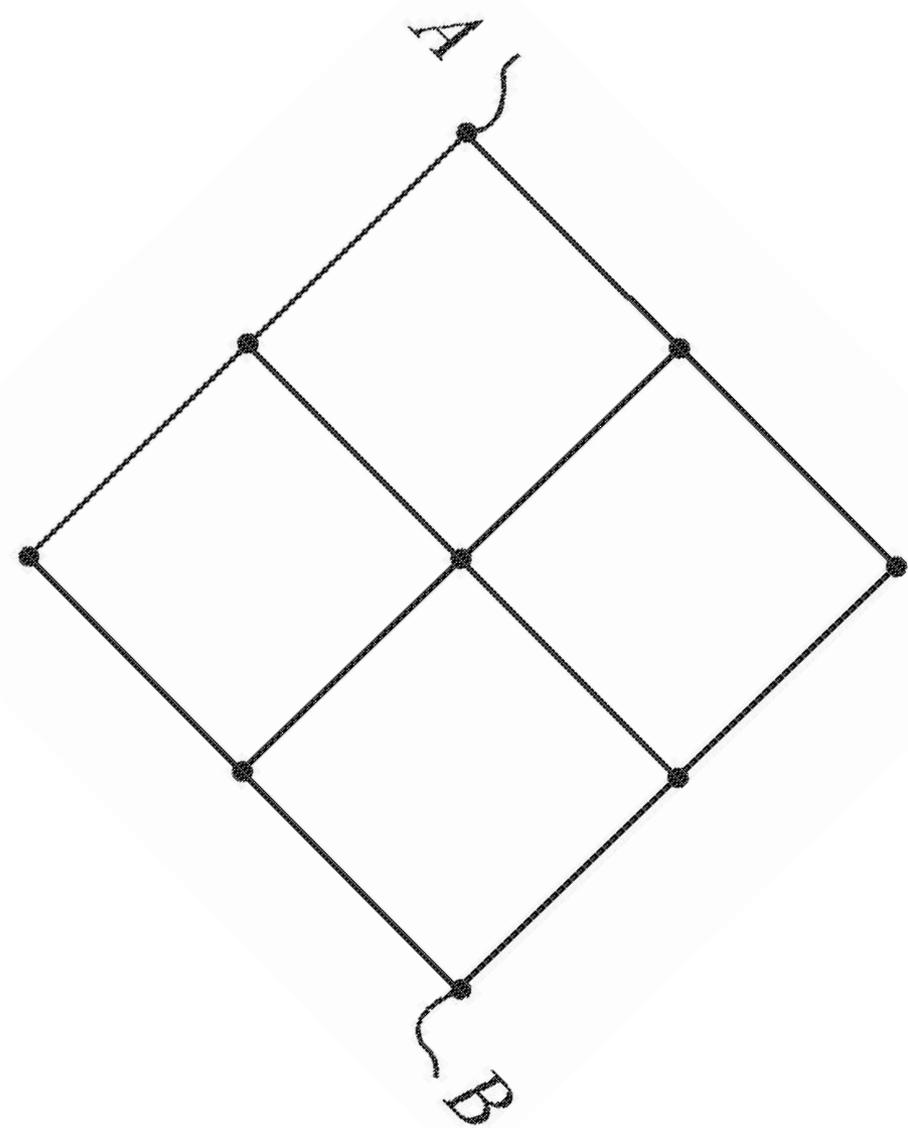
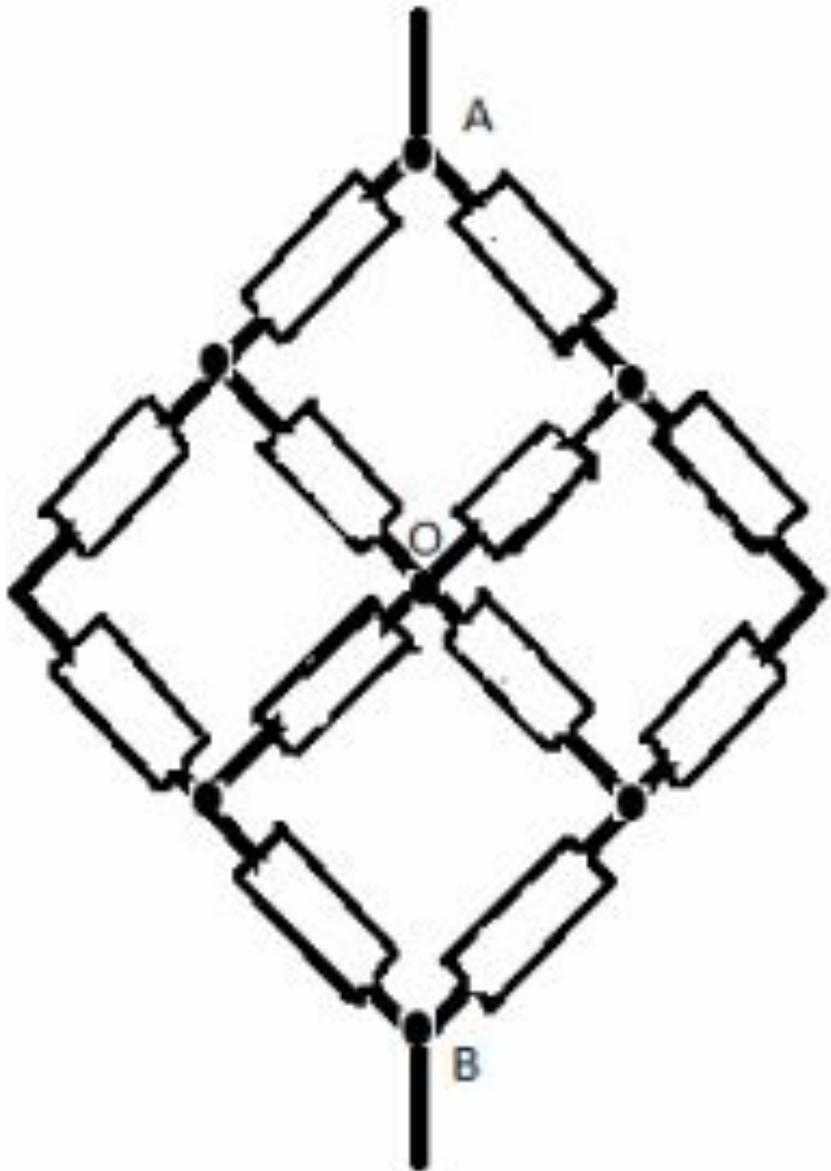
Рис. 42.

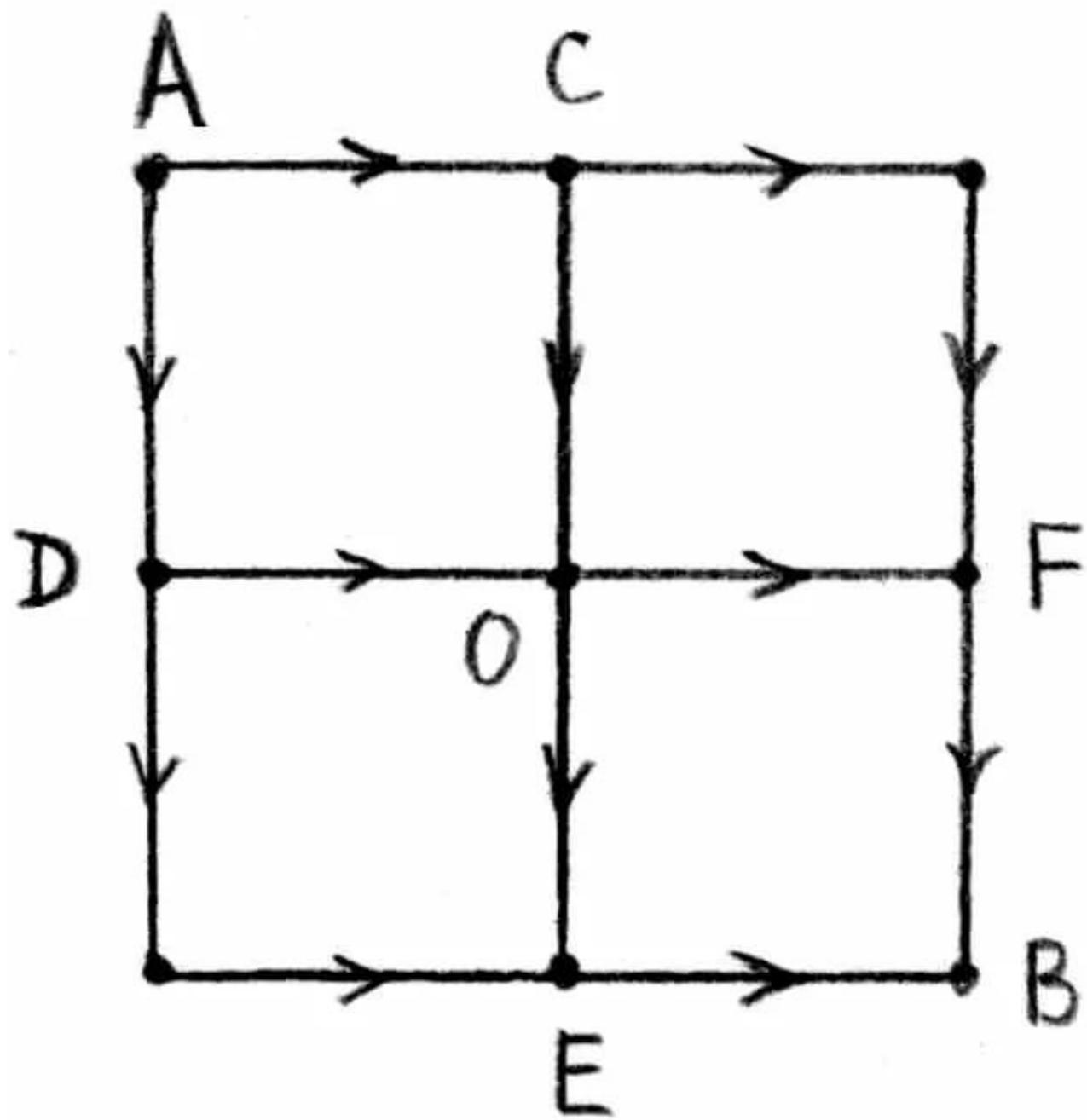
Задача № 1.

- ⦿ **Определить сопротивление между точками А и В контура, составленного из одинаковых сопротивлений R.**

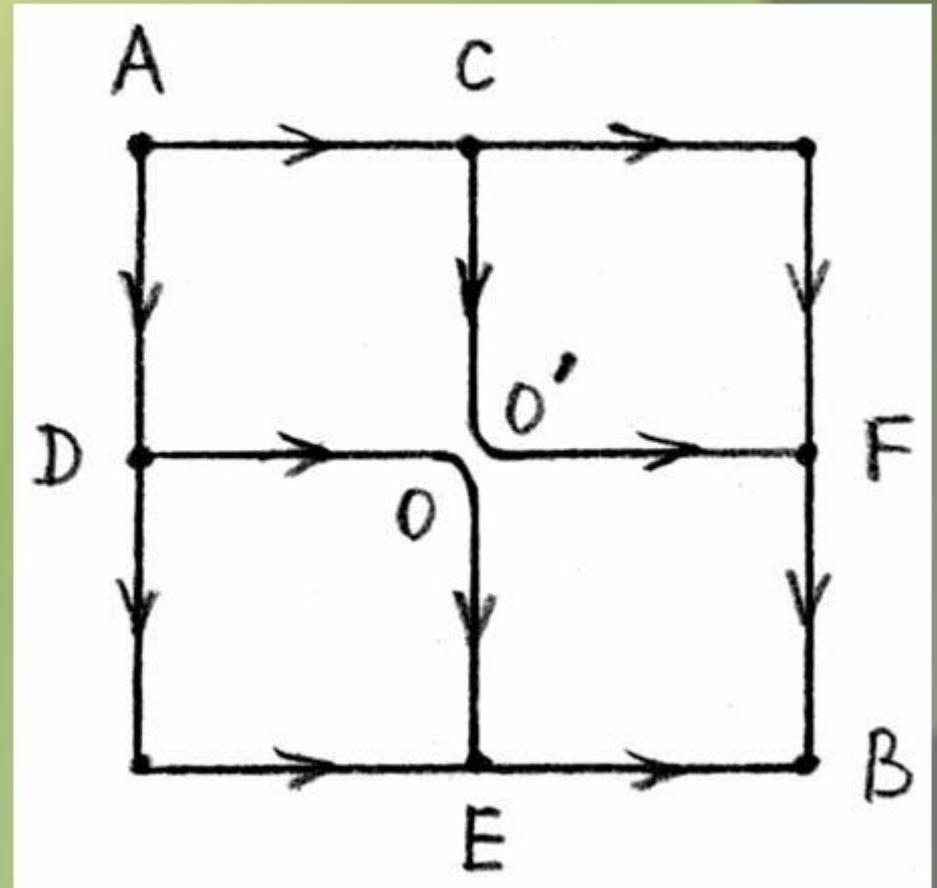
- **Метод разрезания узлов. Действие, противоположное склейке: разъединив центральный узел на несколько, можно получить несколько узлов с равными потенциалами.**

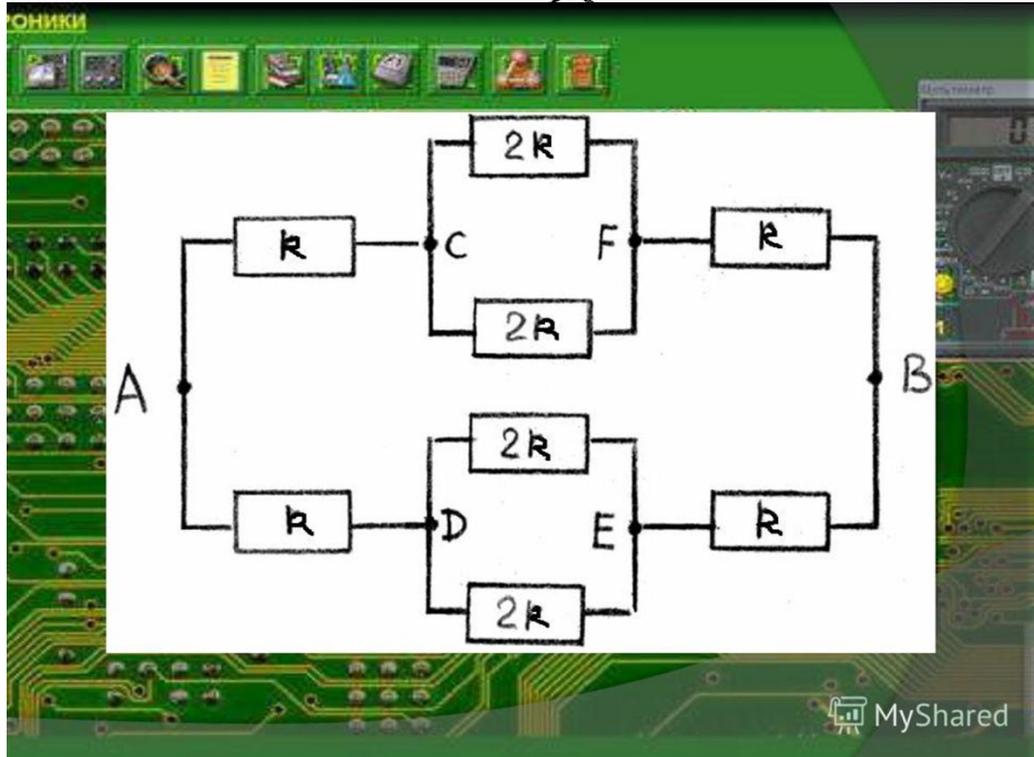
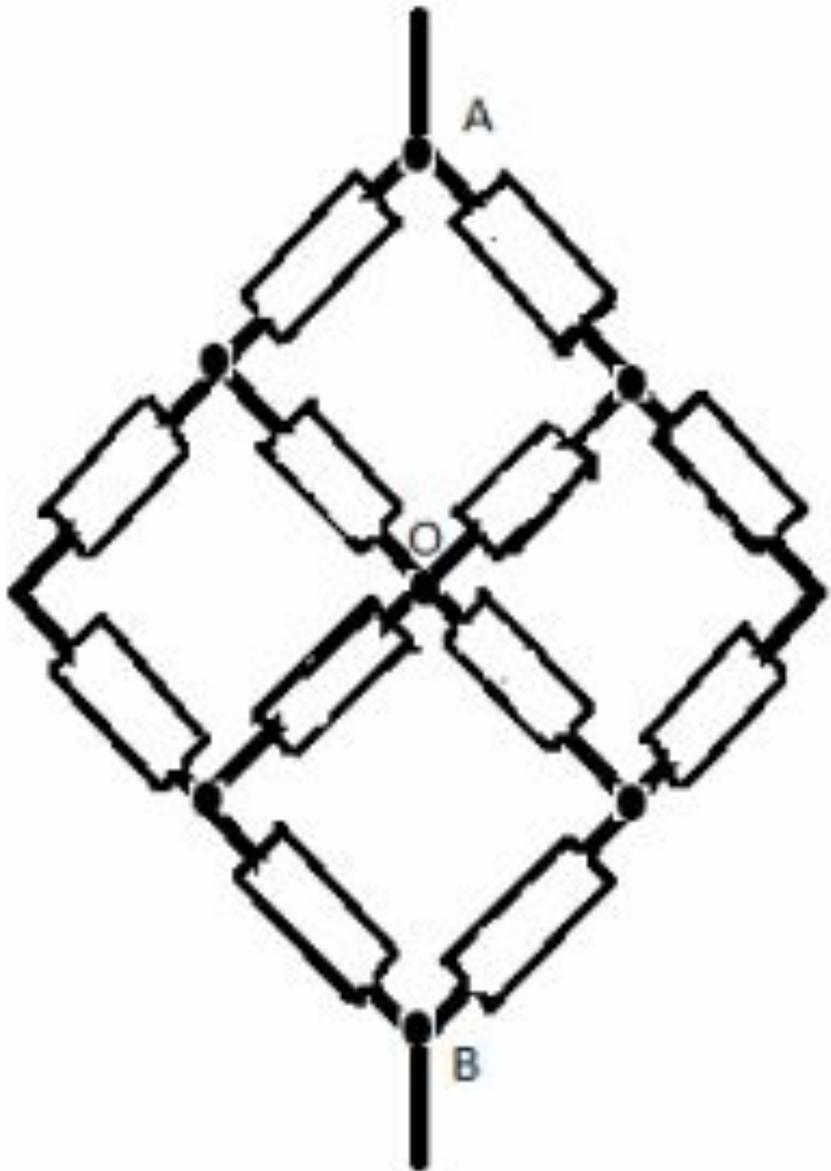


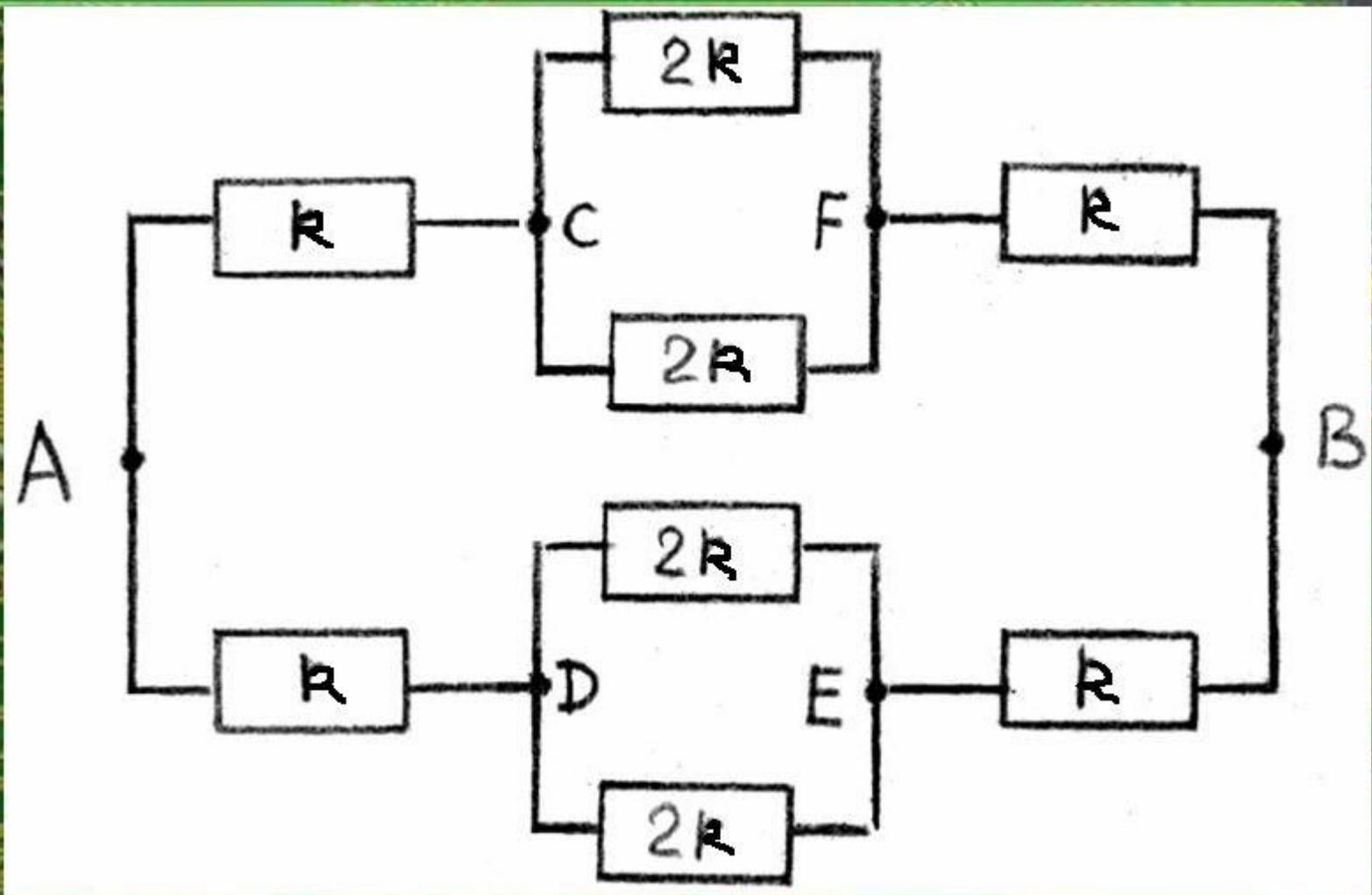


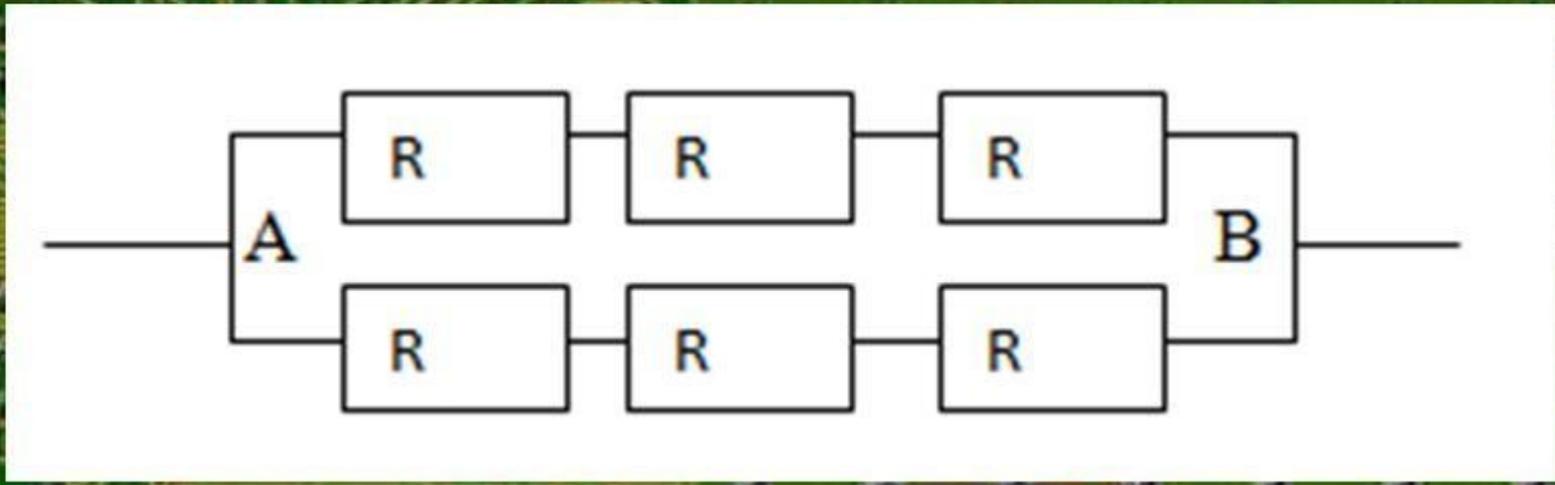


- Решение:
- Из симметрии ясно, что токи через элементы CO и DO должны быть одинаковы и равны токам, текущим через элементы OF и OE . А раз так, то в точке O цепь можно разорвать, при этом токи через элементы сетки не изменятся: Точки O и O' – точки равного потенциала.











Ответ: $1,5 R$

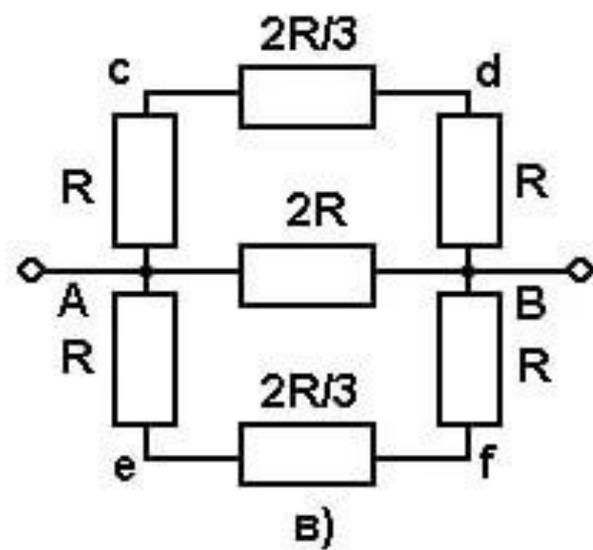
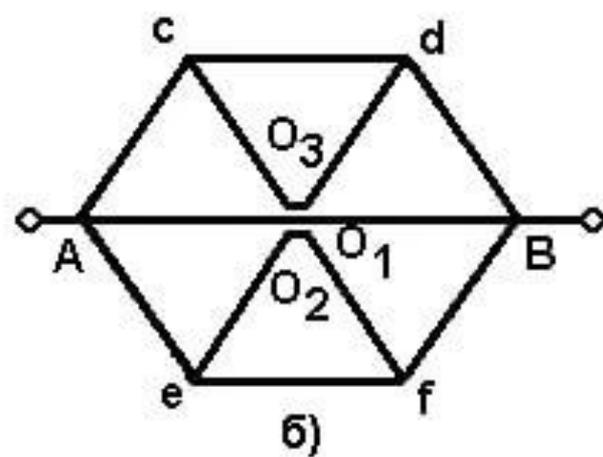
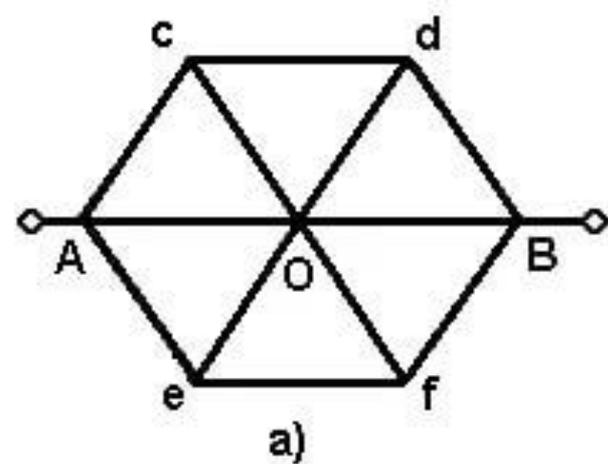
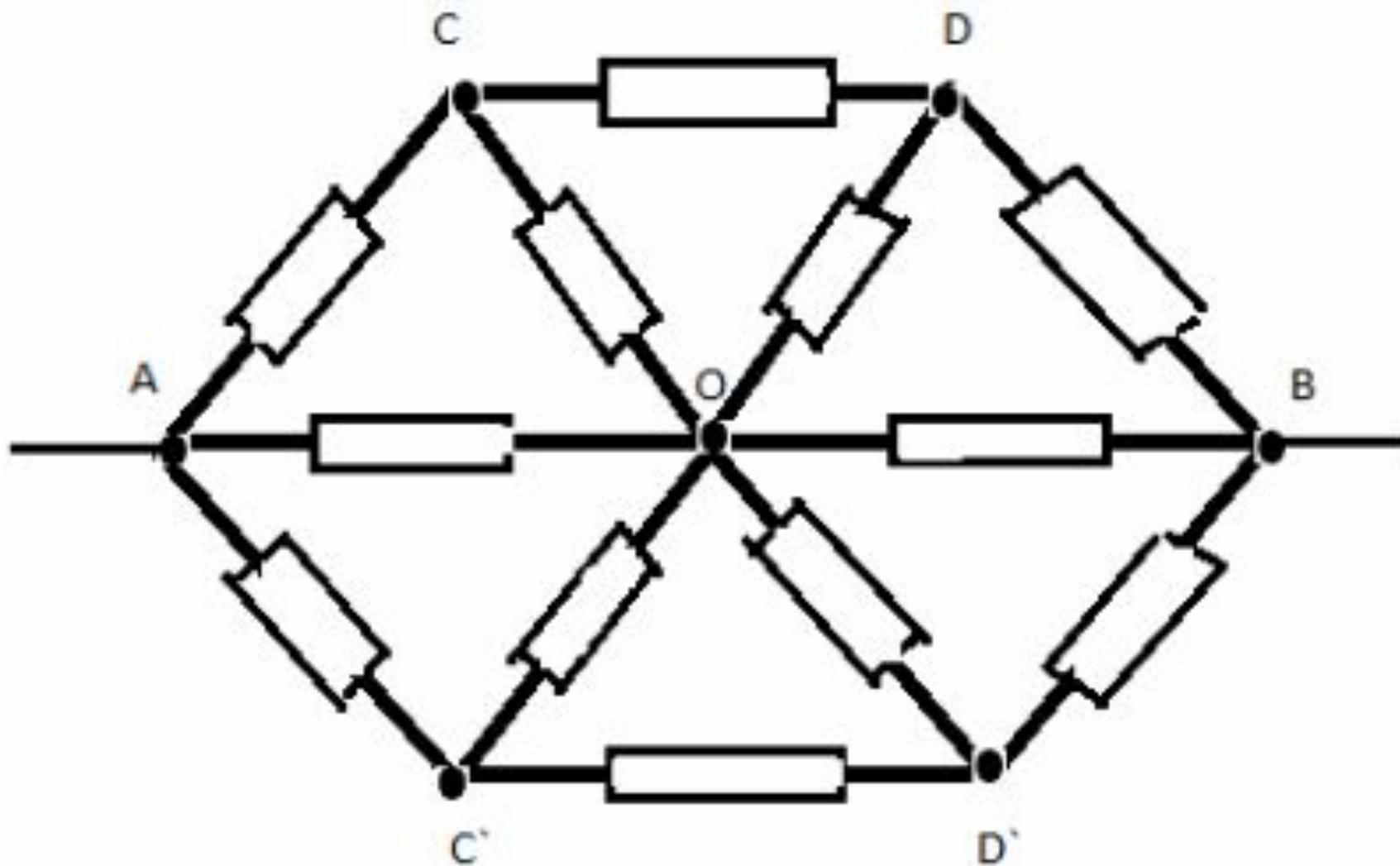
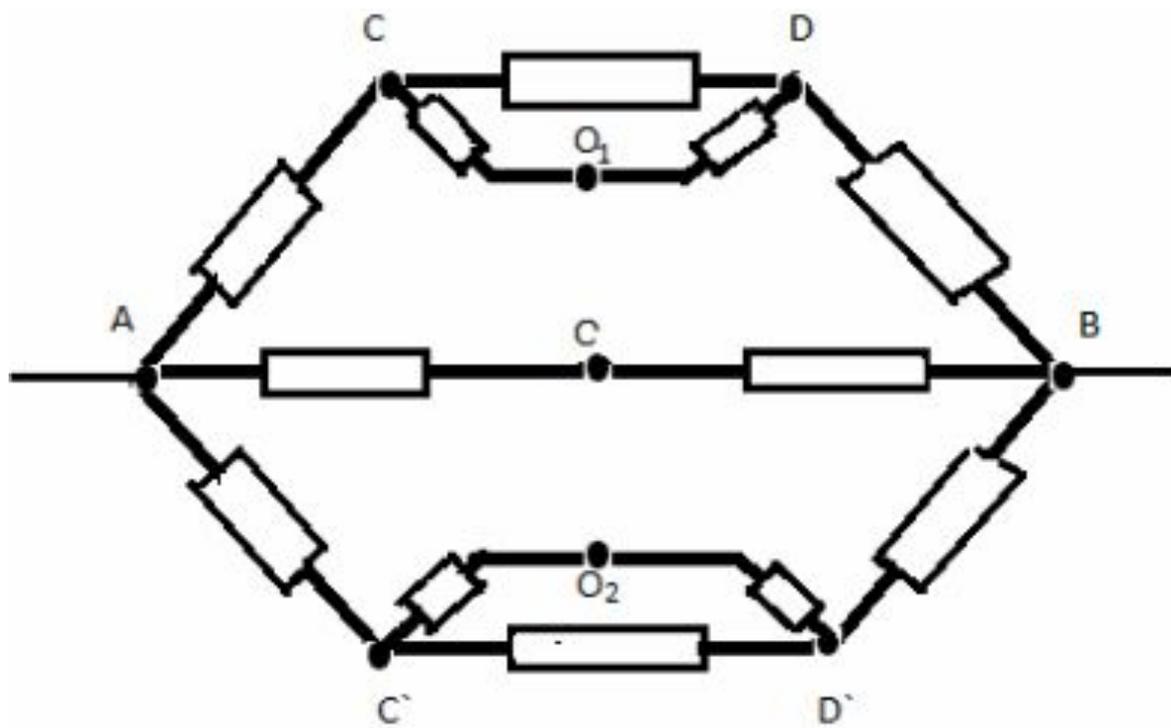


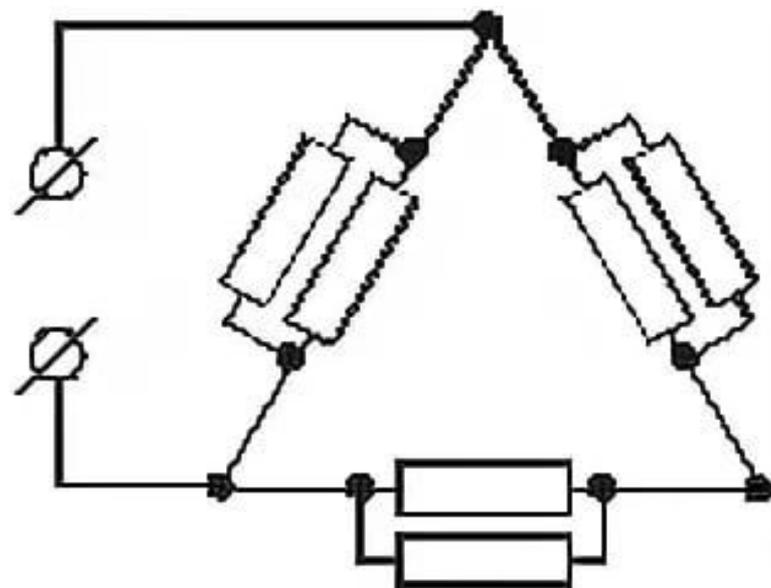
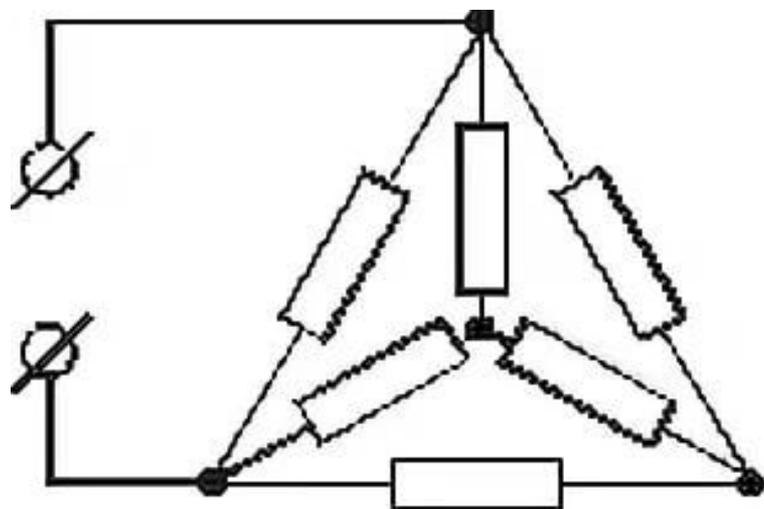
Рис. 46.

Найдите коэф. между точками А и В.

Сопротивление каждого







Цифровой мультиметр.

Положение "ВЫКЛЮЧЕНО"

Пределы измерения постоянного напряжения.

Пределы измерения сопротивления.

Гнездо для измерения параметров транзисторов (в программе не работает)



Цифровое табло

Пределы измерения переменного напряжения.

Пределы измерения силы постоянного тока.

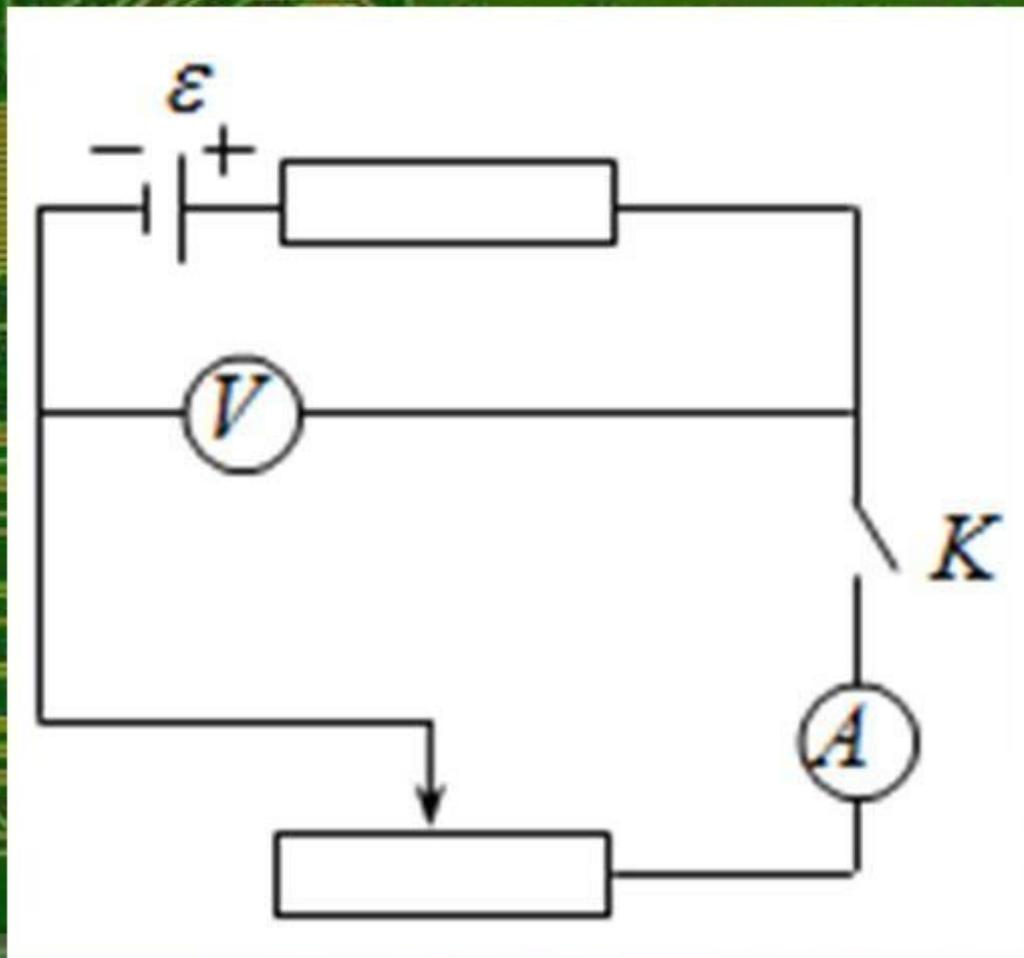
Переключатель режимов работы.

Гнездо для измерения силы тока в пределах от 200 мА до 10 А

Гнездо для подключения измерительного провода (красная клемма)

Гнездо для подключения общего провода (черная клемма)

Рассмотрим электрическую цепь, представленную на рисунке.



Рассмотрим теперь режимы работы источника тока.

- Из закона Ома

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

следует, что:

- ток в замкнутой цепи достигает наибольшего значения, равного $I_{\max} = \varepsilon / r$, при $R = 0$. Этот режим работы источника называется режимом короткого замыкания.
- Если наоборот, сопротивление внешней цепи $R \rightarrow \infty$, то ток асимптотически стремится к нулю. Такой режим называется режимом холостого хода. В этом случае, разность потенциалов между клеммами источника равна ЭДС.
- Отметим также, что разность потенциалов U на клеммах источника одновременно является и падением напряжения на внешнем сопротивлении, поэтому по закону Ома для участка цепи

$$U = R \cdot I$$

- Мощность, выделяемая в виде тепла при прохождении электрического тока через сопротивление, определяется законом Джоуля-Ленца:

$$P_{\text{полезн}} = I^2 \cdot R = U \cdot I$$

- Полная мощность является суммой полезной мощности и мощности, выделяющейся на внутреннее сопротивление:

- $$P_{\text{полн}} = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r = I^2 \cdot (R + r) = \varepsilon \cdot I$$

- коэффициент полезного действия (КПД) источника постоянного тока:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{полн}}} = \frac{U \cdot I}{\varepsilon \cdot I} = \frac{U}{\varepsilon}$$

- Используя данные соотношения можно показать, что:

$$P_{\text{полн}} = \varepsilon^2 \frac{1}{(R+r)}; P_{\text{полезн}} = \varepsilon^2 \frac{R}{(R+r)^2}; \eta = \frac{R}{(R+r)^2}.$$

. Проволочный кубик (рис. 1) включён в цепь между точками A и B .

Найдите его общее сопротивление, если сопротивление каждого ребра равно R .

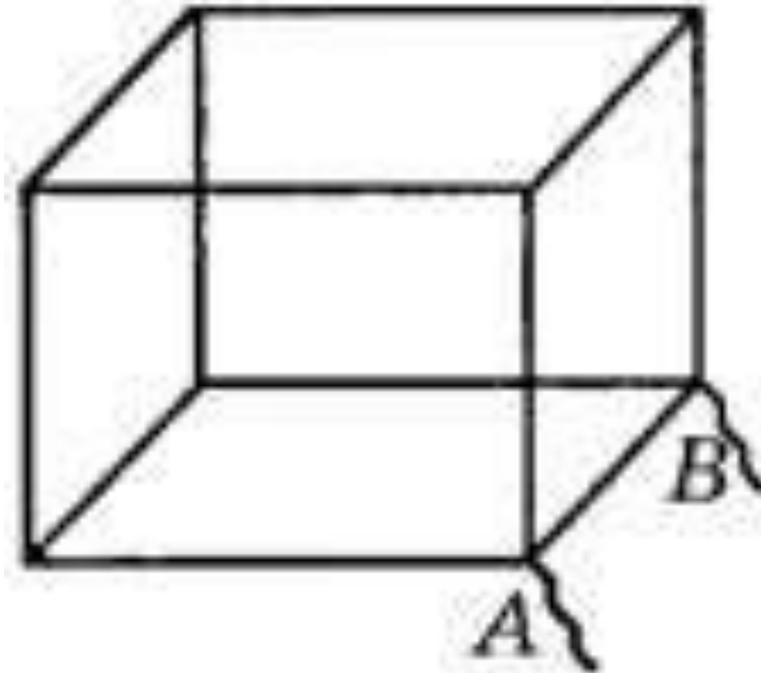


Рис. 1

Поставим кубик на ребро AB (рис. 2) и "распилим" его на две *параллельные половинки* плоскостью AA_1B_1B , проходящей через нижнее и верхнее ребро.

Рассмотрим правую половинку куба. Учтём, что нижнее и верхнее ребро расщепились пополам и стали в 2 раза тоньше, а их сопротивления увеличились в 2 раза и стали по $2R$ (рис. 3).

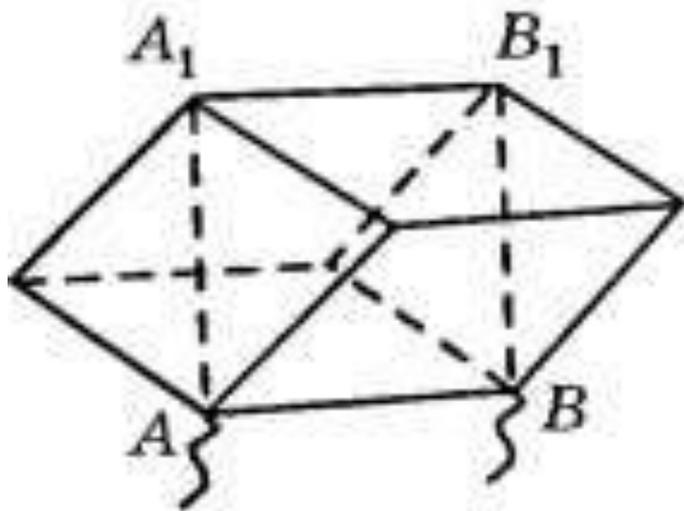


Рис. 2

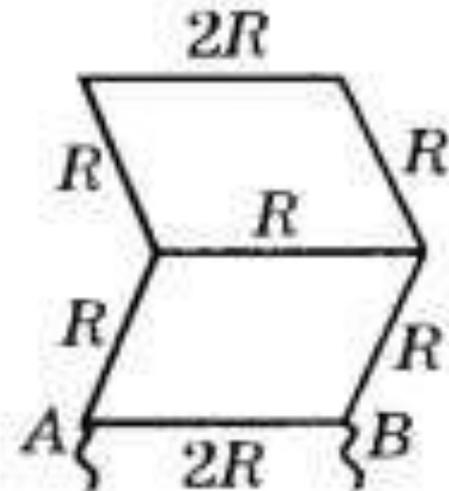


Рис. 3

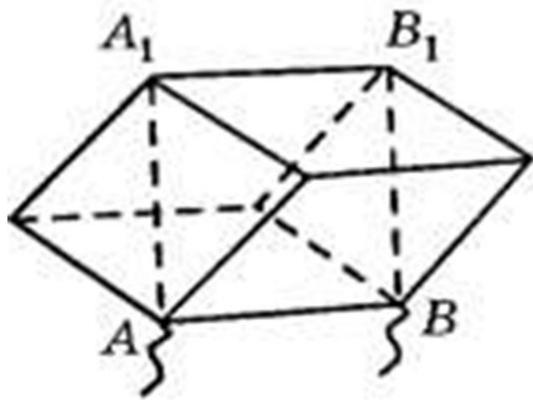


Рис. 2

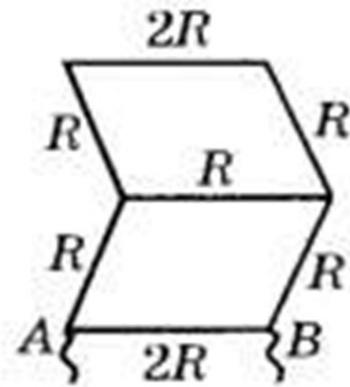


Рис. 3

- 1) Находим сопротивление R_1 трёх верхних проводников, соединённых последовательно:

$$R_1 = R + 2R + R = 4R.$$

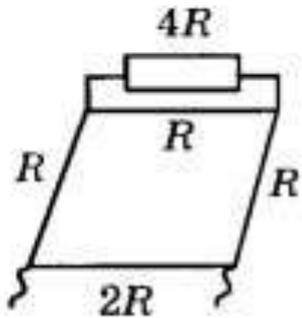


Рис. 4

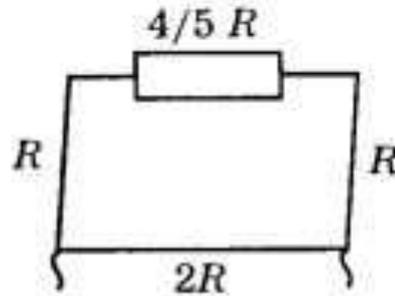


Рис. 5

$$2) R_2 = \frac{4R \cdot R}{4R + R} = \frac{4}{5}R \text{ (рис. 4).}$$

$$3) R_3 = R + \frac{4}{5}R + R = 2\frac{4}{5}R = \frac{14}{5}R \text{ (рис. 5).}$$

4) Находим общее сопротивление этой половинки куба (рис. 6):

$$R_1 = \frac{2R \cdot \frac{14}{5} R}{2R + \frac{14}{5} R} = \frac{7}{6} R.$$

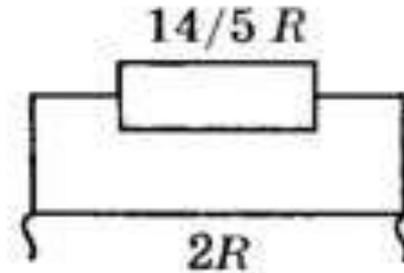


Рис. 6

$$R_{\text{общ}} = R_1 : 2 = \frac{7}{12} R.$$

Проволочный кубик подключён в цепь не ребром, а диагональю AC любой грани. Найдите его общее сопротивление, если сопротивление каждого ребра равно R (рис. 7).

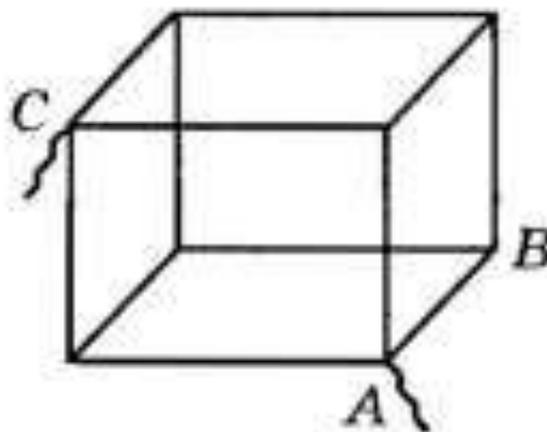


Рис. 7

- Снова ставим кубик на ребро АВ. "Распиливаем" кубик на две *параллельные половинки* той же вертикальной плоскостью (см. рис. 2).
- Опять рассматриваем правую половинку проволочного куба. Учитываем, что верхнее и нижнее ребро расщепились пополам и их сопротивления стали по $2R$.
- С учётом условия задачи имеем следующее соединение (рис. 8).
- Дальше ещё проще. Так как ток по ребру $a-b$ не идёт, то это ребро из цепи можно удалить (рис. 9).

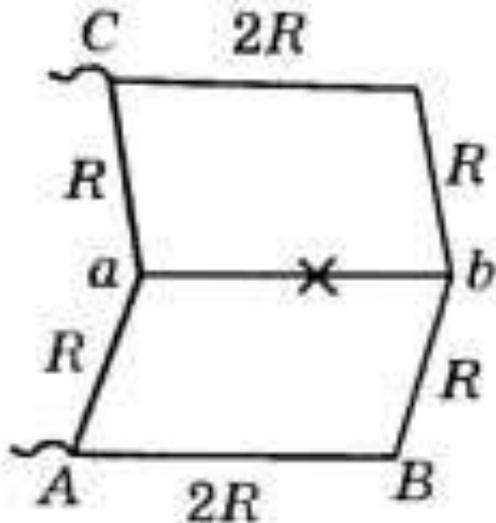


Рис. 8

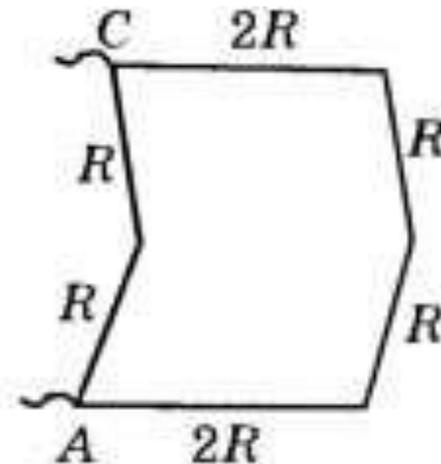


Рис. 9

- 1) Находим $R_1 = 2R + R + R + 2R = 6R$.
- 2) $R_2 = R + R = 2R$.
- 3) Общее сопротивление половинки куба

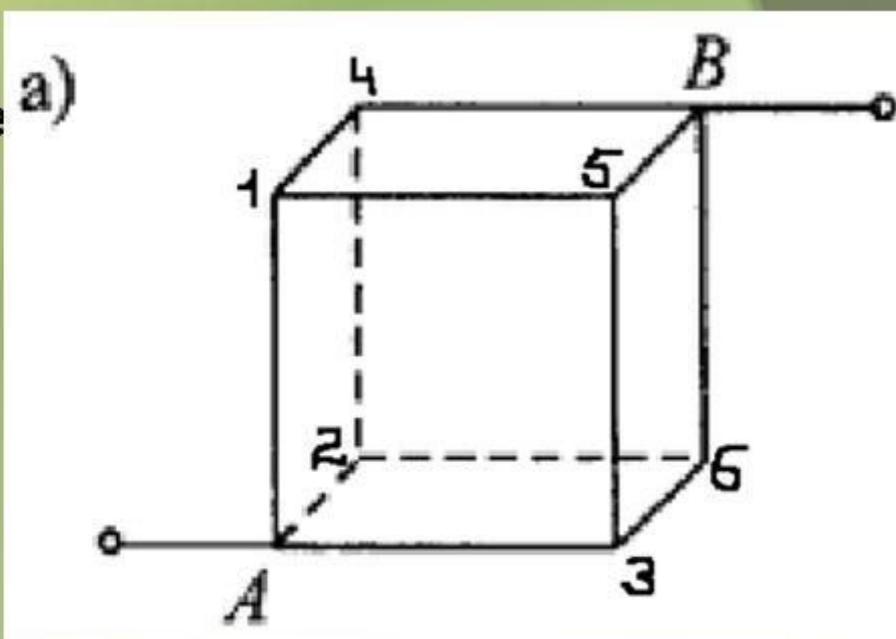
$$R_{\text{общ}} = \frac{3R}{2} : 2 = \frac{3}{4} R.$$

Общее сопротивление обеих параллельно соединённых половинок

$$R_{\text{I}} = \frac{6R \cdot 2R}{6R + 2R} = \frac{3}{2} R.$$

Задача № 3.

- Определите сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба, если он включен в цепь между точками A и B. Сопротивление каждого ребра каркаса 3 Ом.
- Точки, имеющие одинаковые потенциалы, можно соединять или разделять, не изменяя силу тока в участках цепи, т.е. не изменяя сопротивления всей цепи.
- Точки 1,2,3 имеют равные потенциалы, следовательно их можно соединить и точки 4,5,6 также имеют равные потенциалы и их также можно соединить.



Получим эквивалентную схему (б),
которая легко решается.



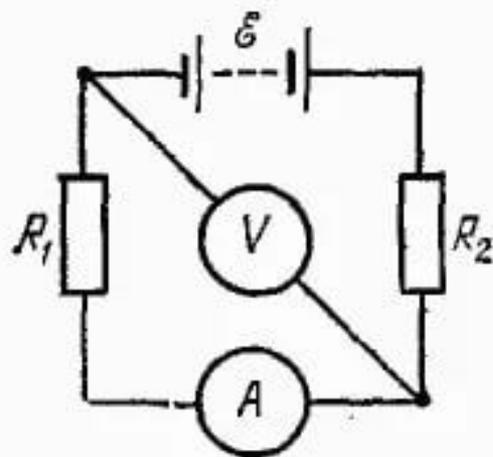
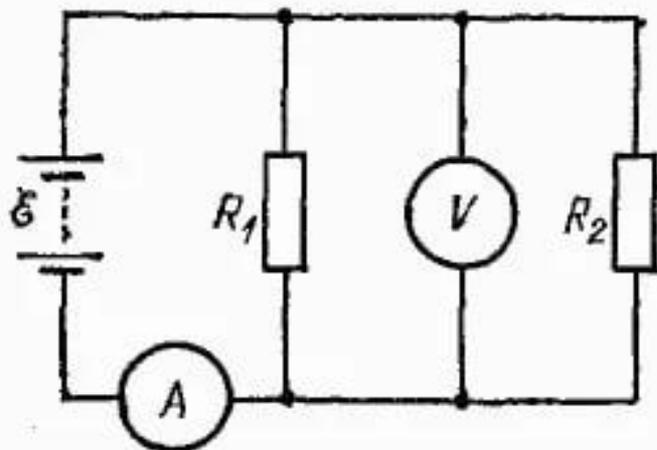
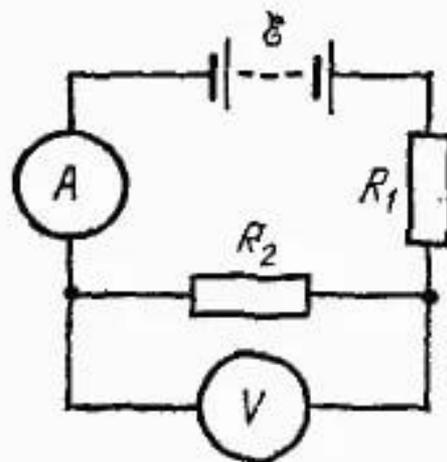
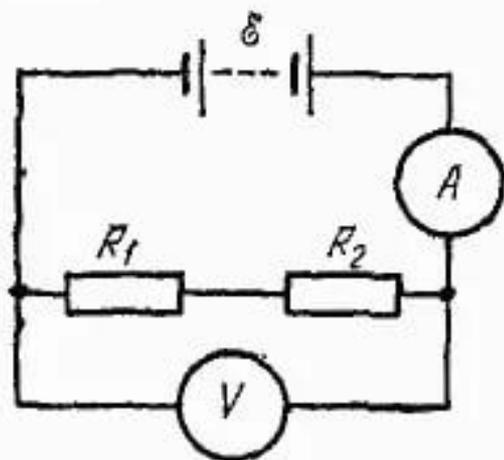
$$R_{AB} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3}$$

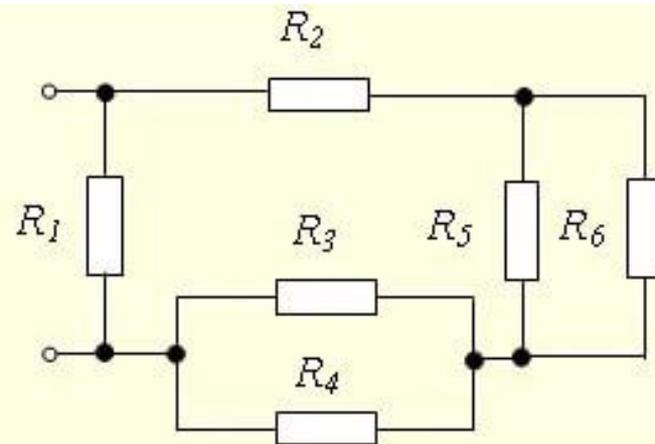
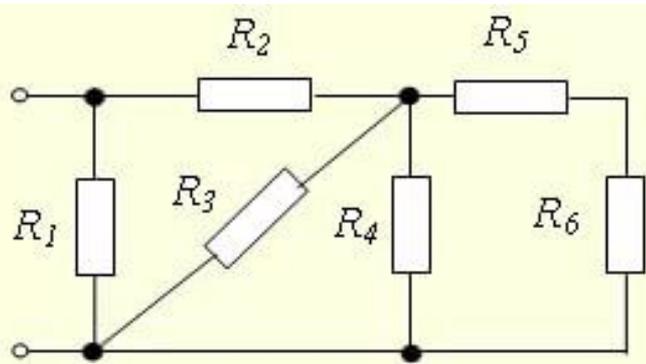
$$R_{AB} = \frac{5R}{6}$$

$$R_{AB} = 2,5 \text{ Ом}$$

Ответ: 2,5 Ом

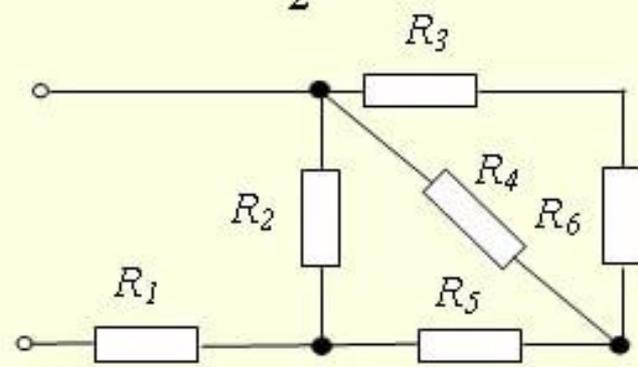
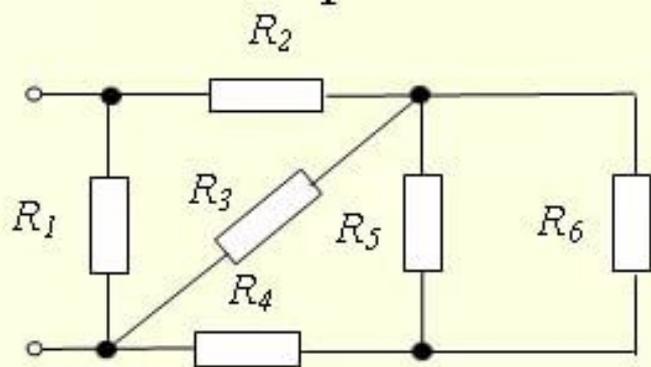
Найти показания амперметра и вольтметра в схемах, изображенных на рисунках. Э.д.с. батареи $\varepsilon = 110\text{ В}$, сопротивления $R_1 = 400\text{ Ом}$ и $R_2 = 600\text{ Ом}$, сопротивление вольтметра $R_V = 1\text{ кОм}$.





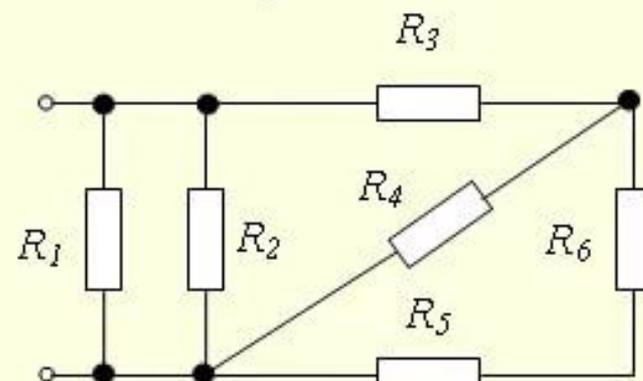
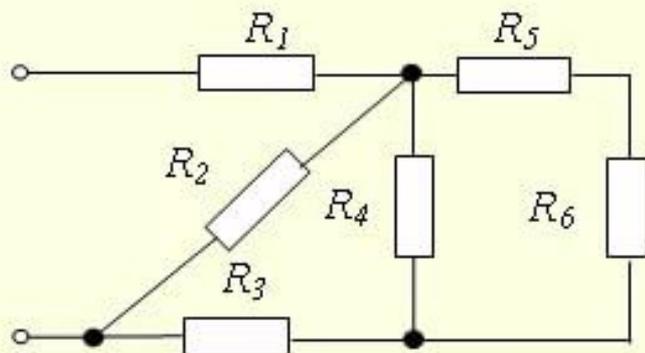
1

2



3

4



5

6