

Решение задач о цепях ПОСТОЯННОГО ТОКА

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Ассистент Шевцов Владислав Сергеевич

июнь 2024 года

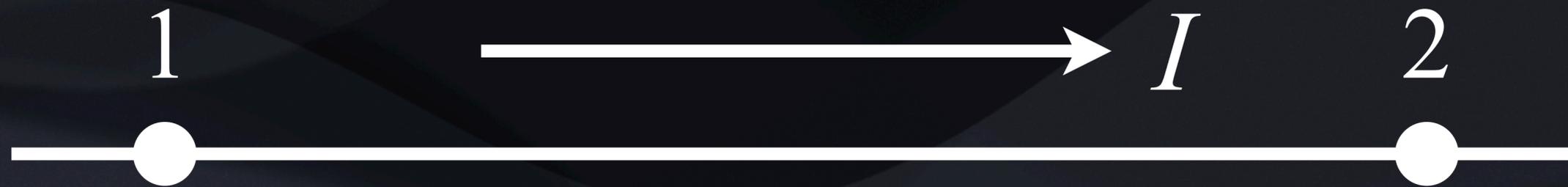
Закон Ома для однородного участка цепи

Резистор



$$\varphi_1 > \varphi_2$$
$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR$$

Идеальный проводник



$$\varphi_1 = \varphi_2$$

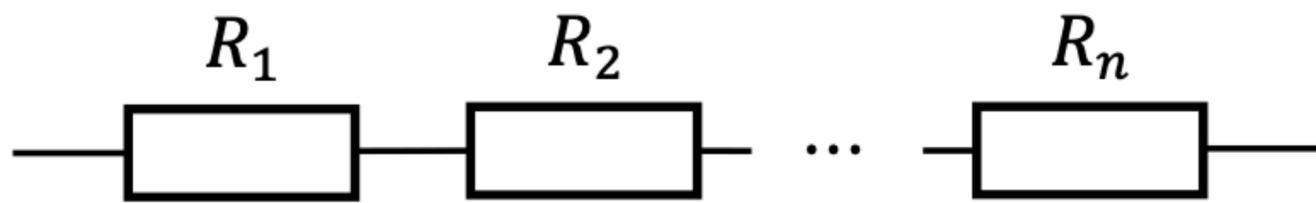
98% задач

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ

Последовательное и параллельное соединения

Критерий последовательного соединения - нет разветвлений

Последовательное соединение резисторов



$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

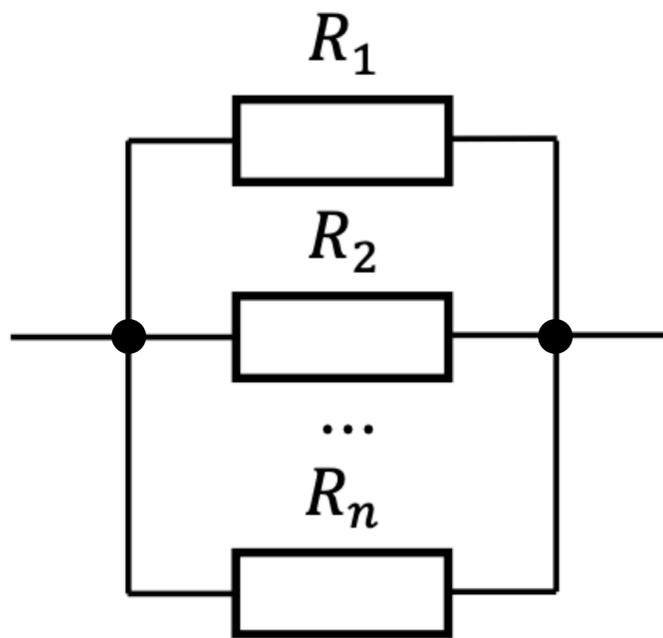
При *последовательном соединении резисторов* общее напряжение $U_{\text{общ}}$ равно сумме напряжений на резисторах U_1 , U_2 и т.д., а силы тока на резисторах I_1 , I_2 и т.д. равны.

Последовательно соединенные резисторы R_1 , R_2 , ... R_n можно заменить одним эквивалентным резистором $R_{\text{общ}}$, сопротивление которого вычисляется по указанной формуле.

Последовательное и параллельное соединения

Критерий параллельного соединения - равный потенциал на концах

Параллельное соединение резисторов



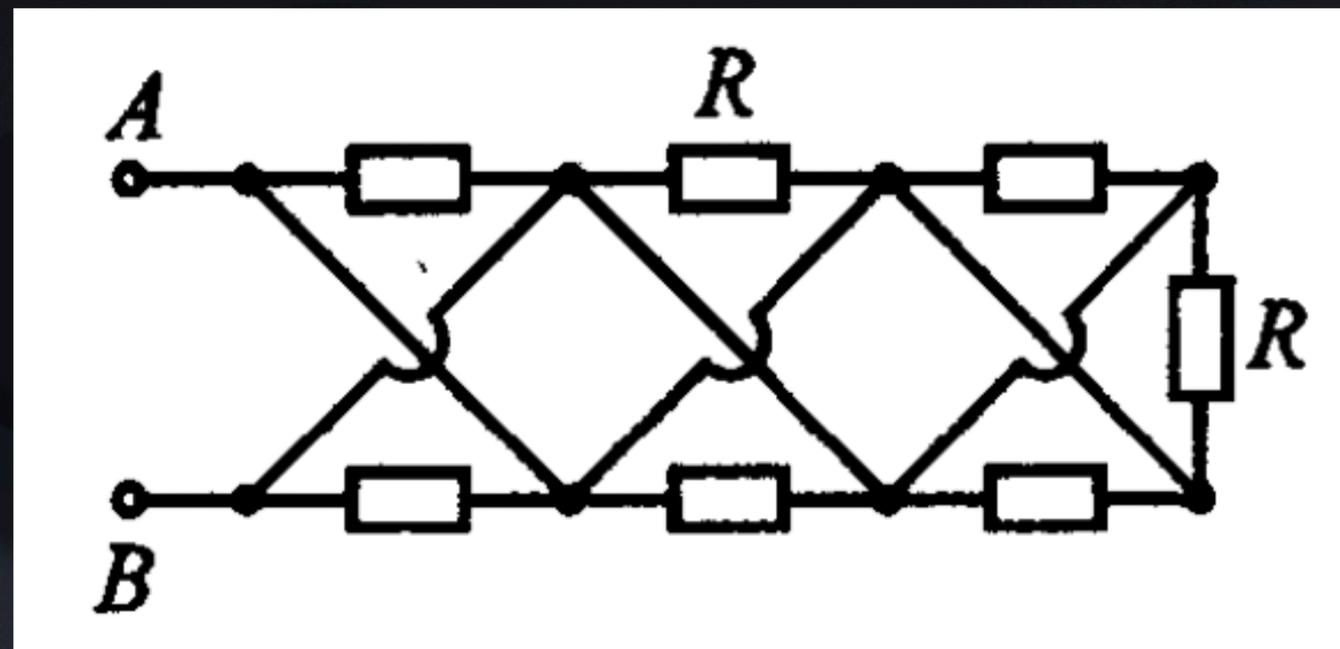
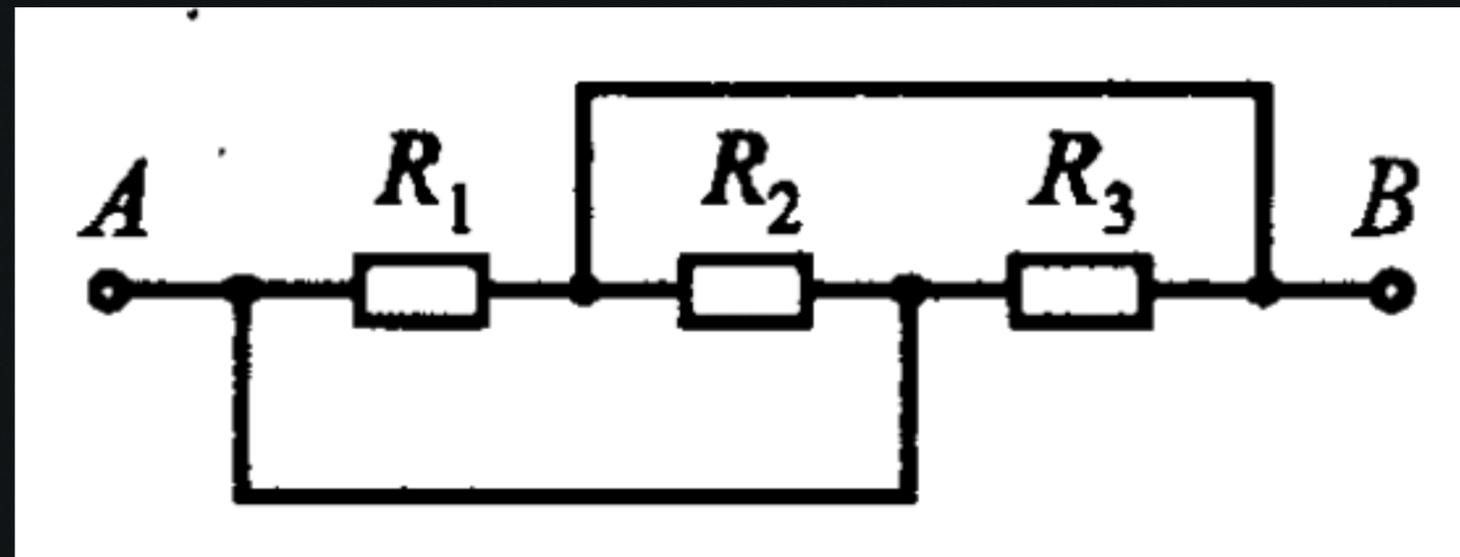
$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$
$$U_1 = U_2 = \dots = U_n$$
$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

При *параллельном соединении резисторов* общая сила тока $I_{\text{общ}}$ равна сумме сил тока на резисторах I_1, I_2 и т.д., а напряжения на резисторах U_1, U_2 и т.д. равны.

Параллельно соединенные резисторы R_1, R_2, \dots, R_n можно заменить одним эквивалентным резистором $R_{\text{общ}}$, сопротивление которого вычисляется по указанной формуле.

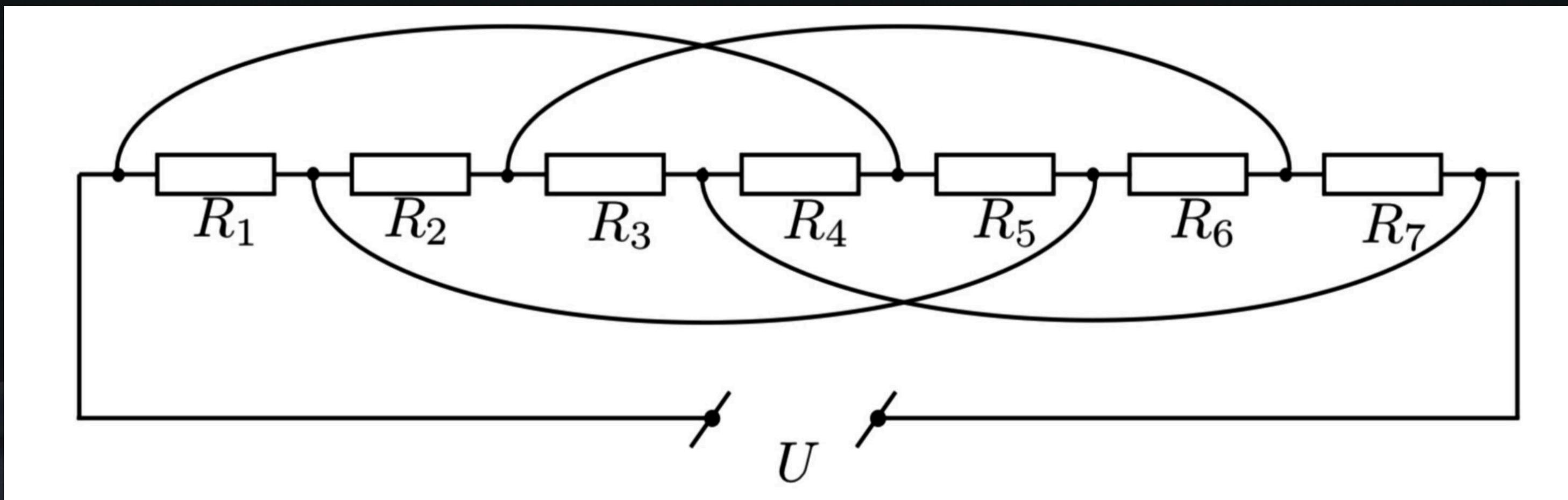
Задача

Найдите общее сопротивление участка цепи между точками А и В.



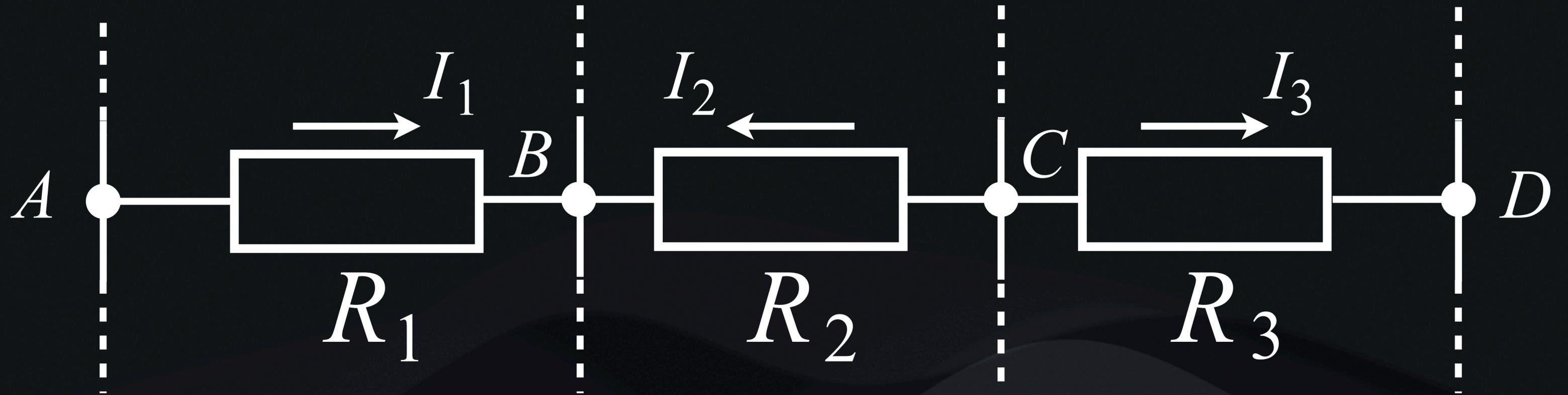
Задача

Найдите общее сопротивление участка цепи, если все резисторы одинаковые.
Сопротивления резисторов равны $R = 15 \text{ Ом}$.



Закон Ома для однородного участка цепи

Более сложная схема



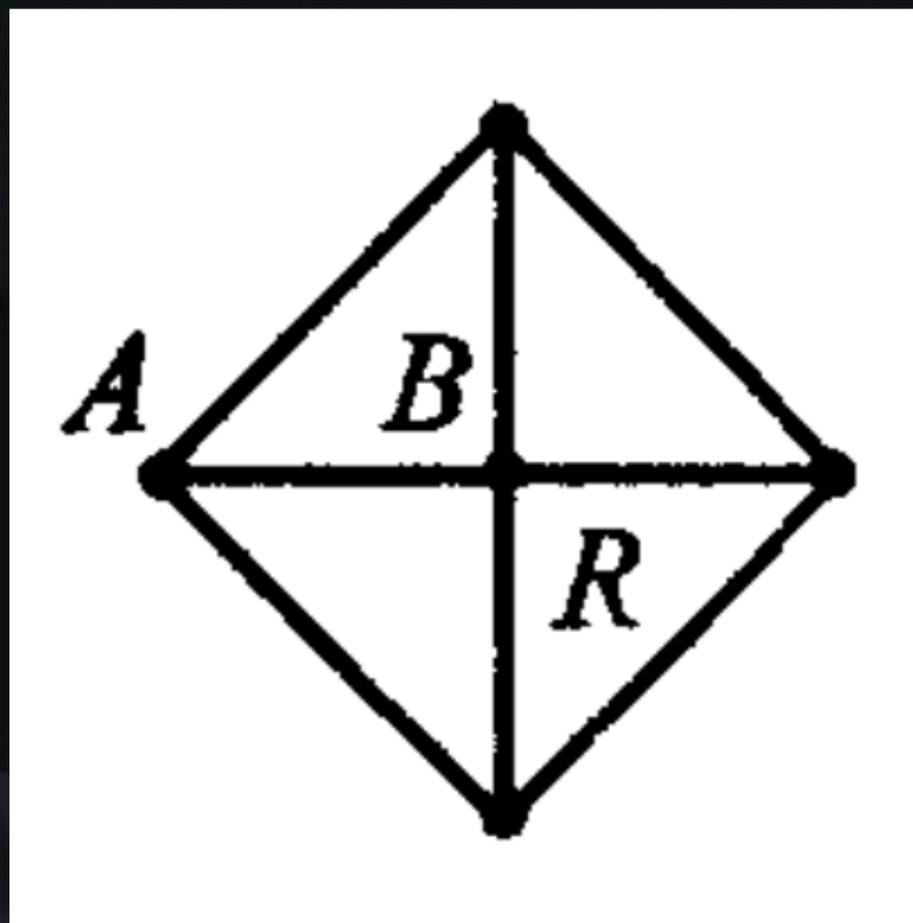
СИММЕТРИЯ

СИЛЬНО УПРОЩАЕТ ЖИЗНЬ

Обычная симметрия

Ось (плоскость) симметрии проходит через клеммы «+» и «-»

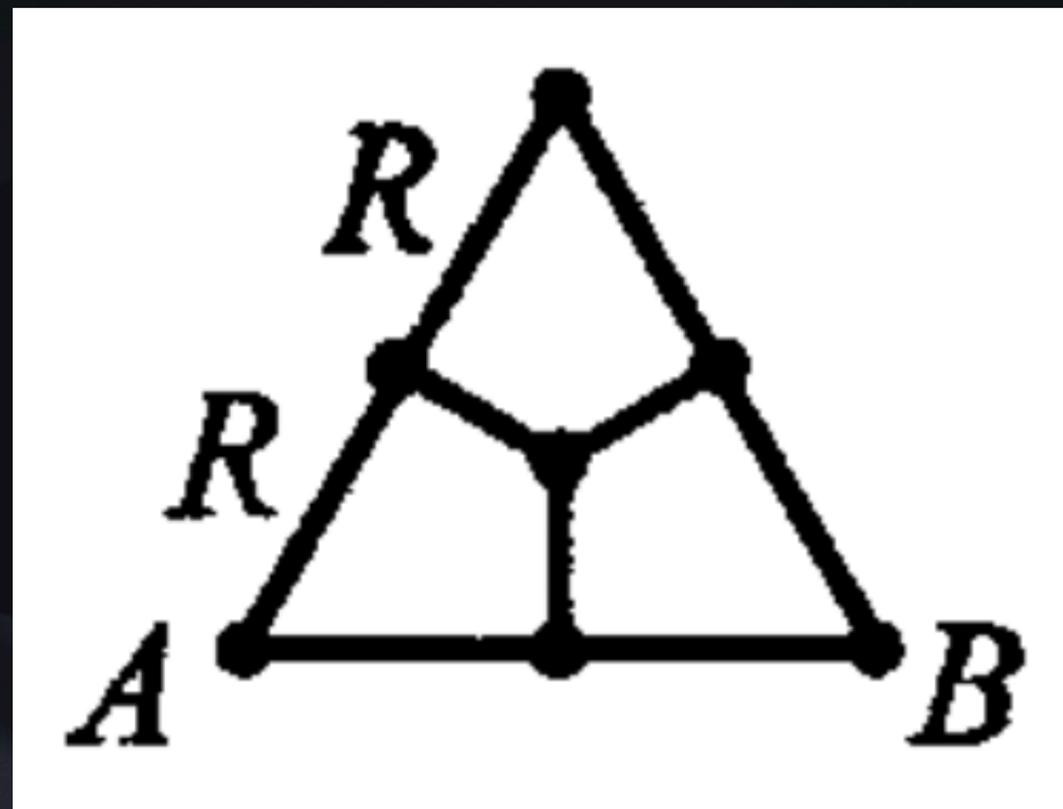
Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно $R = 30$ Ом. Найдите сопротивление между клеммами A и B .



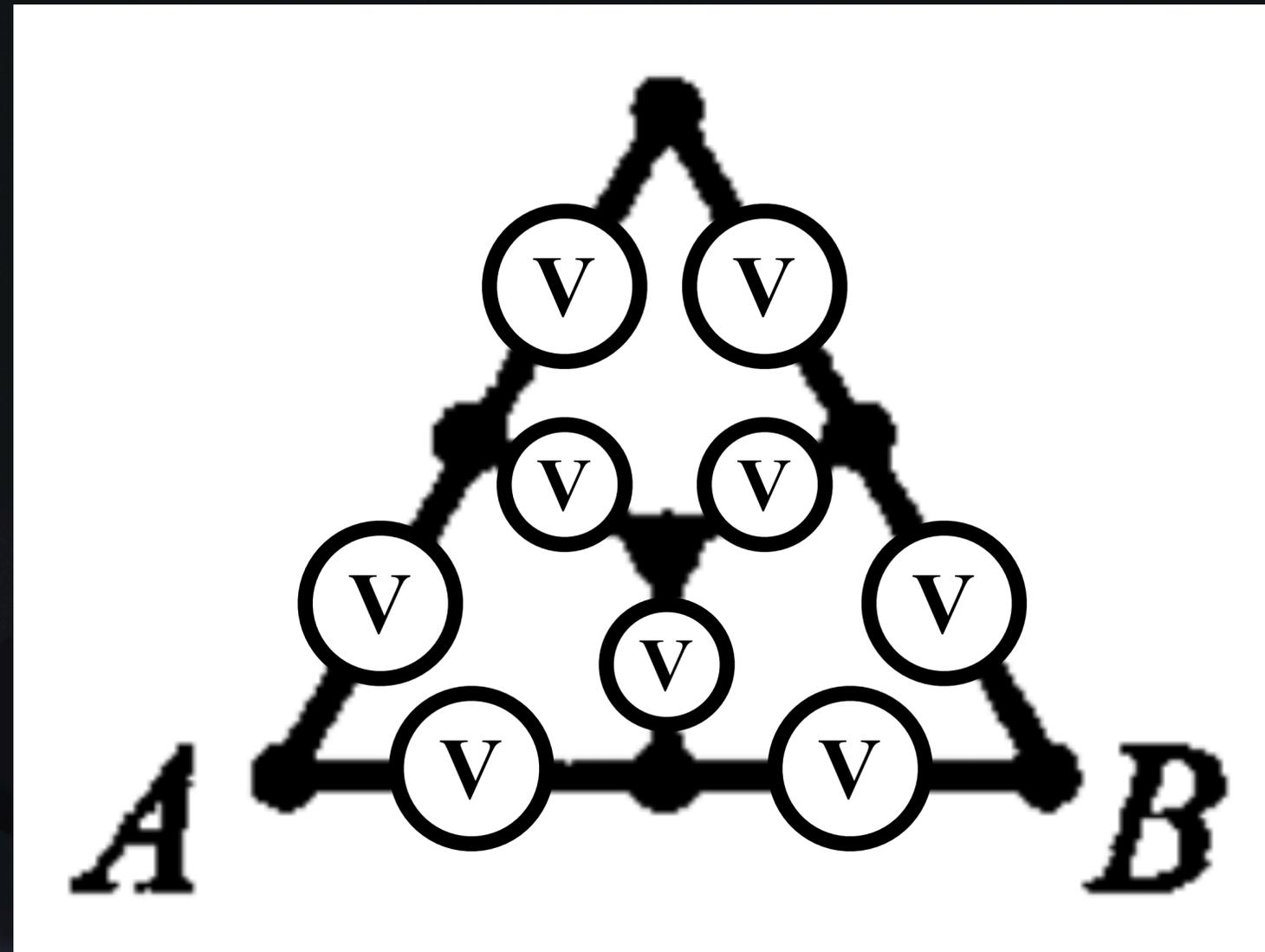
Обратная симметрия

Ось (плоскость) симметрии проходит перпендикулярно оси (плоскости),
проходящей через клеммы «+» и «-»

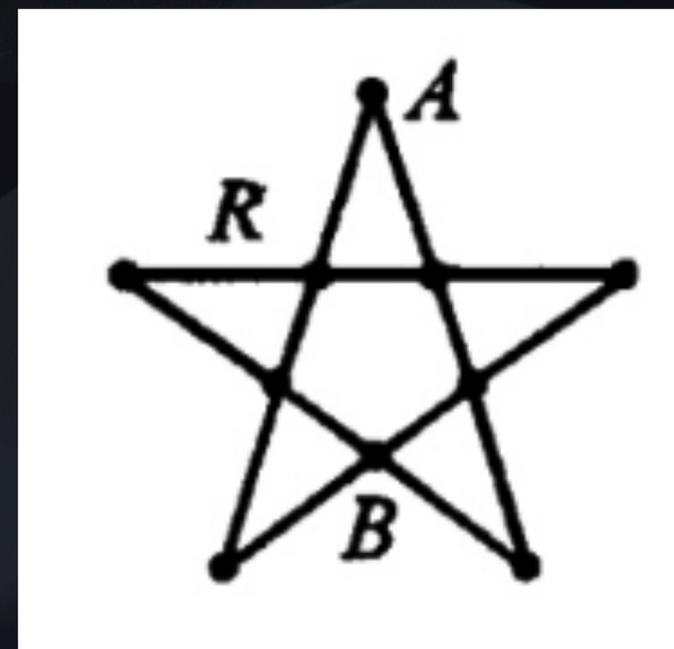
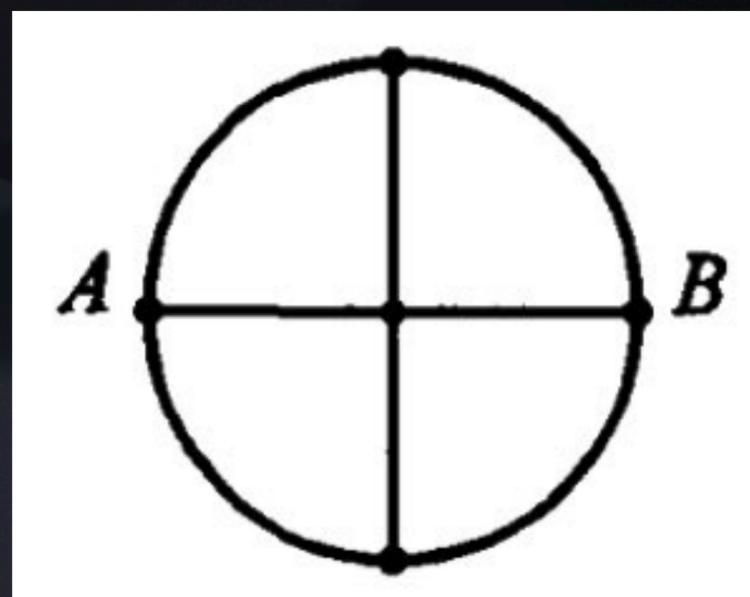
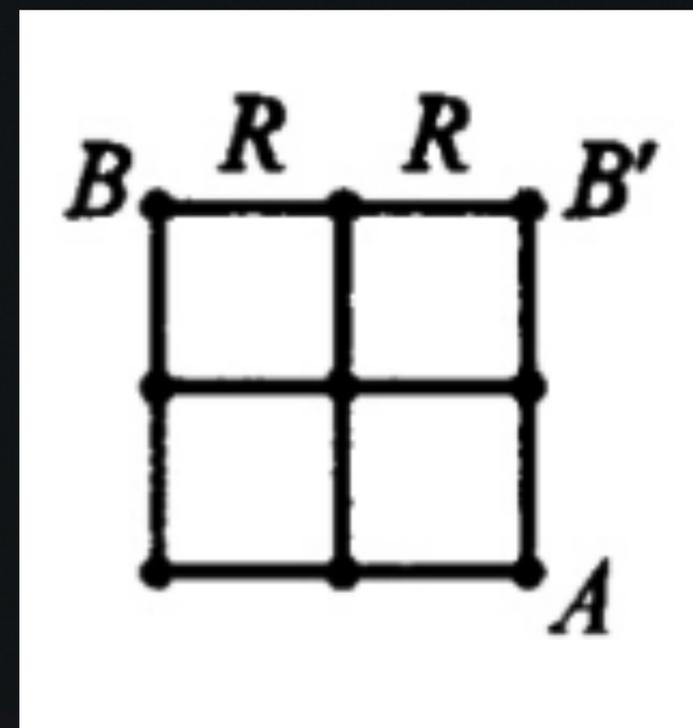
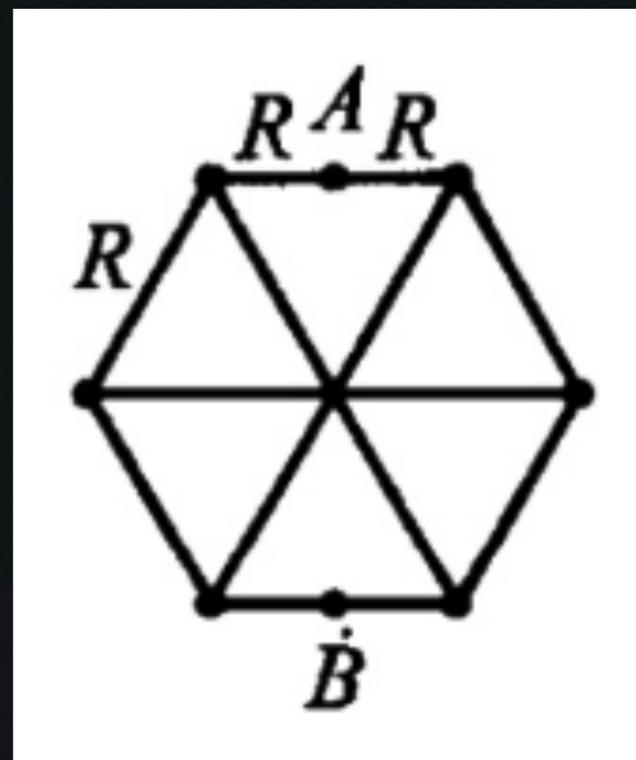
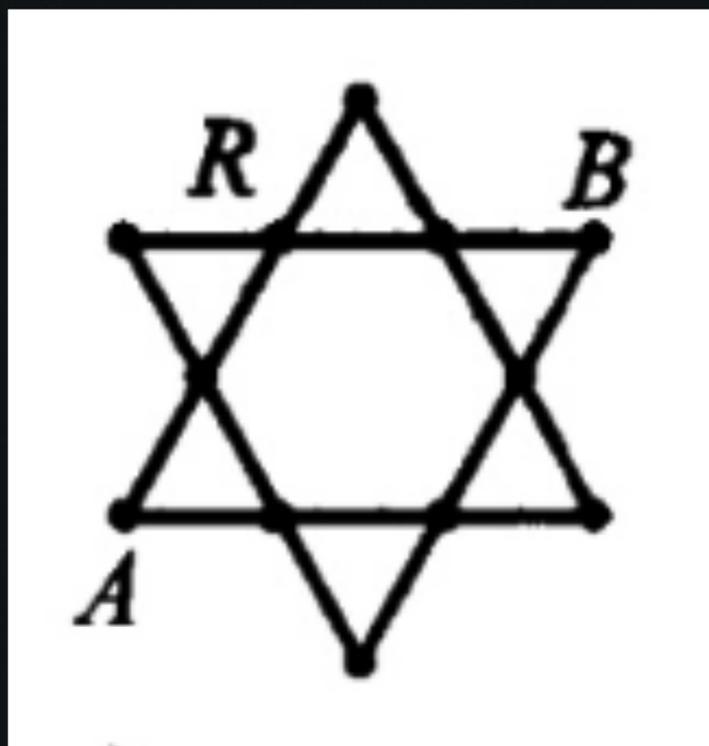
Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых
равно $R = 10$ Ом. Найдите сопротивление между клеммами A и B .



На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из одинаковых вольтметров. К концам A и B этого фрагмента приложили постоянное напряжение $U = 18$ В. Найдите показания всех вольтметров.

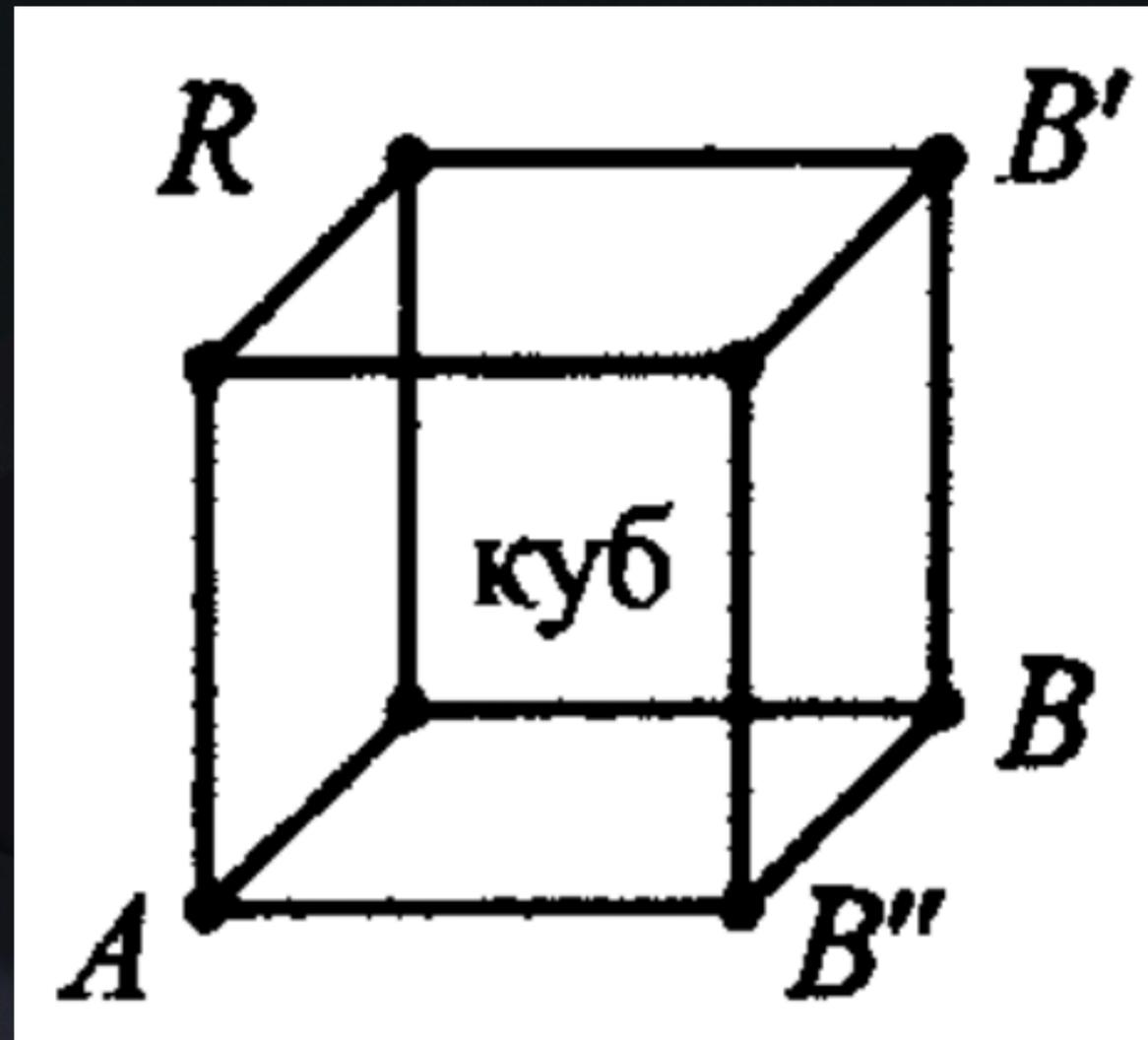


Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно R . Найдите сопротивление между клеммами A , B и B' .



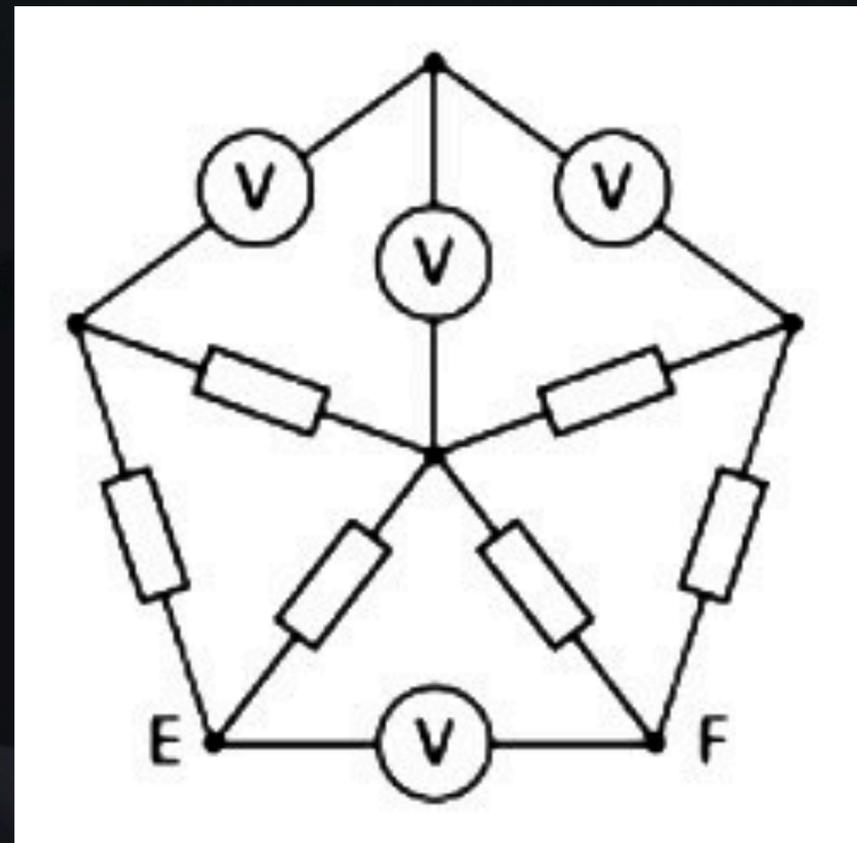
Задача в 3D

Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно $R = 36 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между клеммами A , B , B' и B'' .



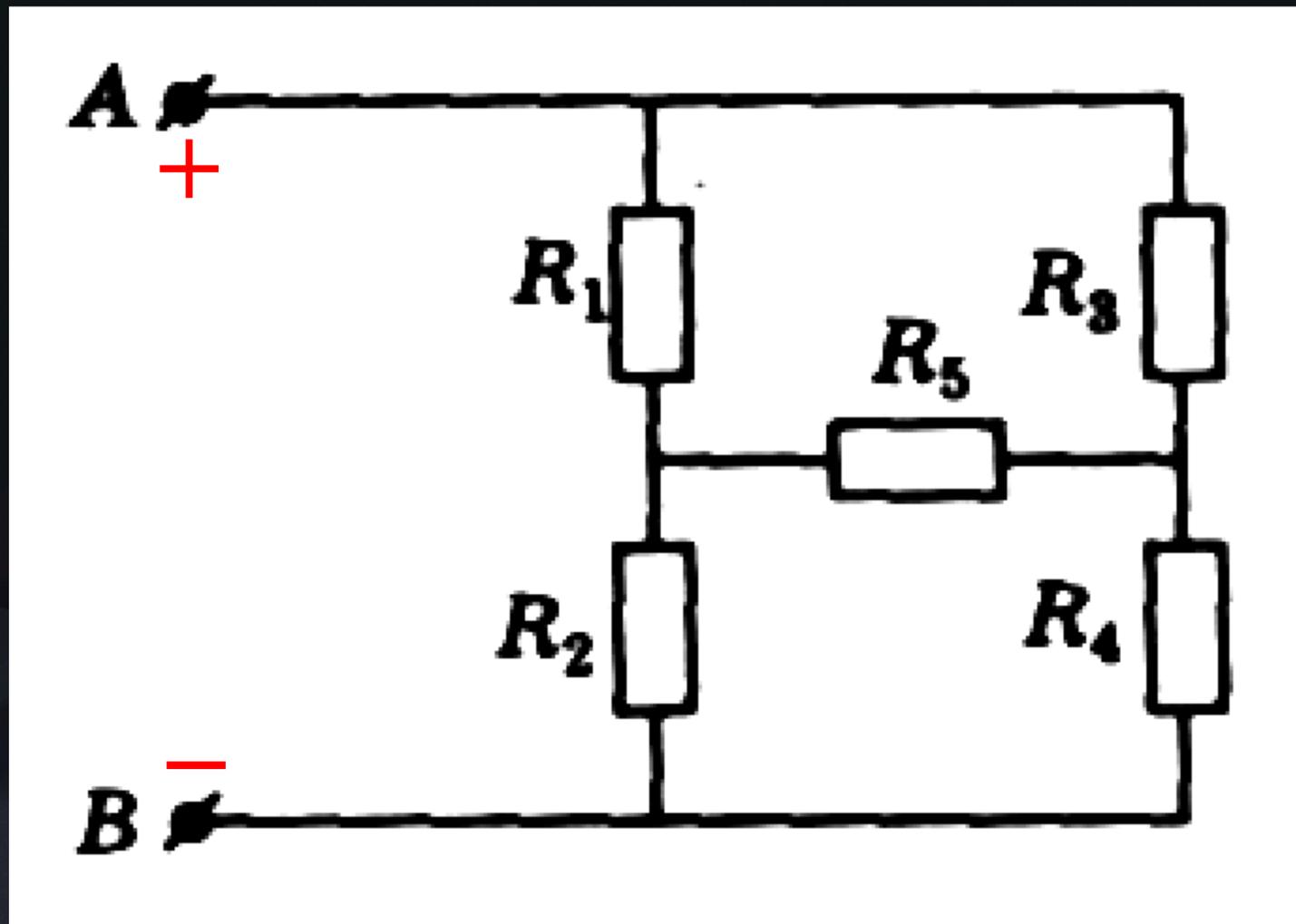
Задача

На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из 4 одинаковых вольтметров и 6 одинаковых резисторов. К концам E и F этого фрагмента приложили постоянное напряжение $U = 28$ В. Найдите показания всех вольтметров, если известно, что сопротивление вольтметра в три раза больше сопротивления резистора. Найдите напряжения на всех резисторах.



Задача

В каком направлении протекает ток через резистор 5?
Найдите сопротивление между клеммами A и B .



$$R_1 = R$$

$$R_2 = 2R$$

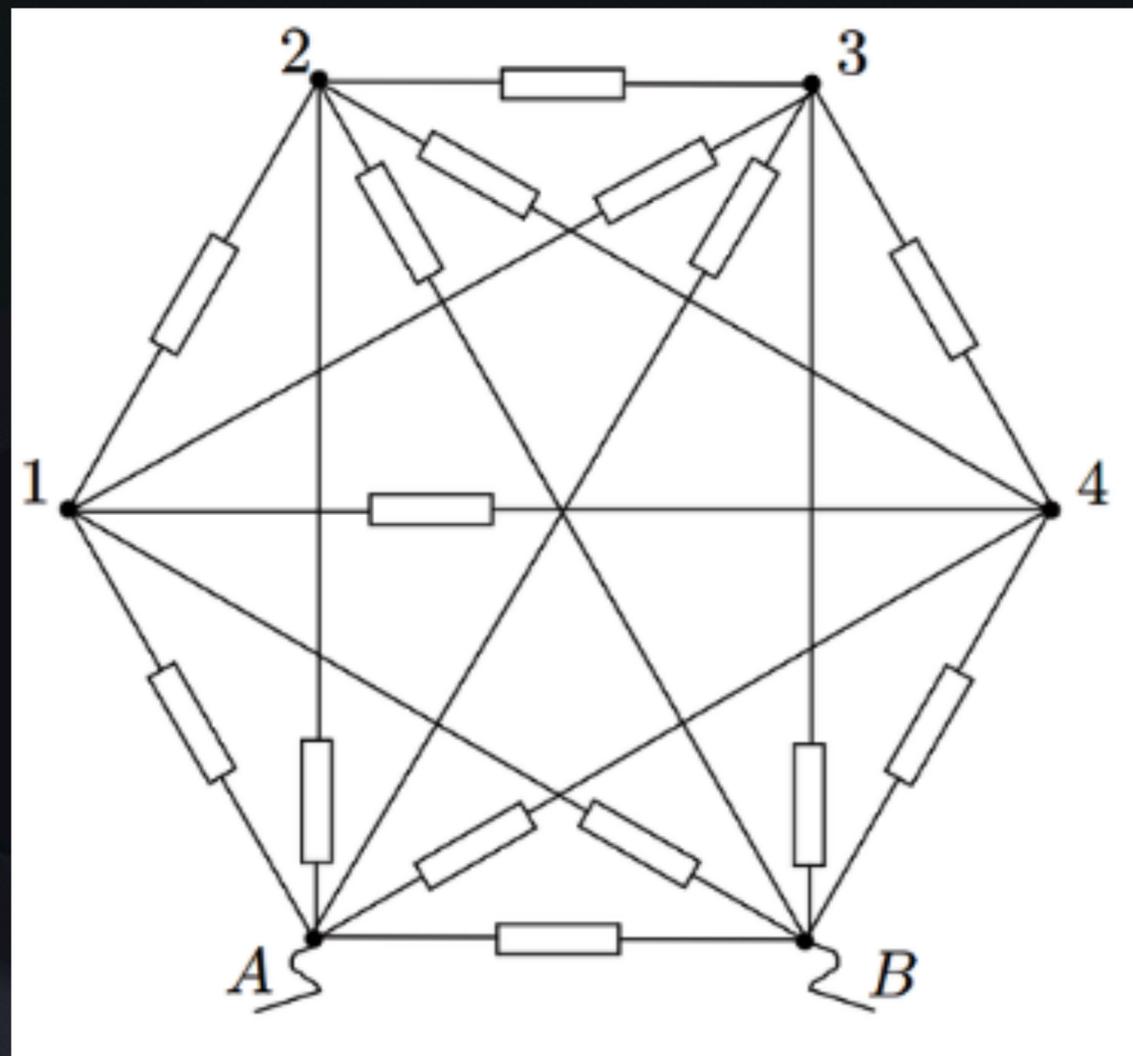
$$R_3 = 3R$$

$$R_4 = 4R$$

$$R_5 = 5R$$

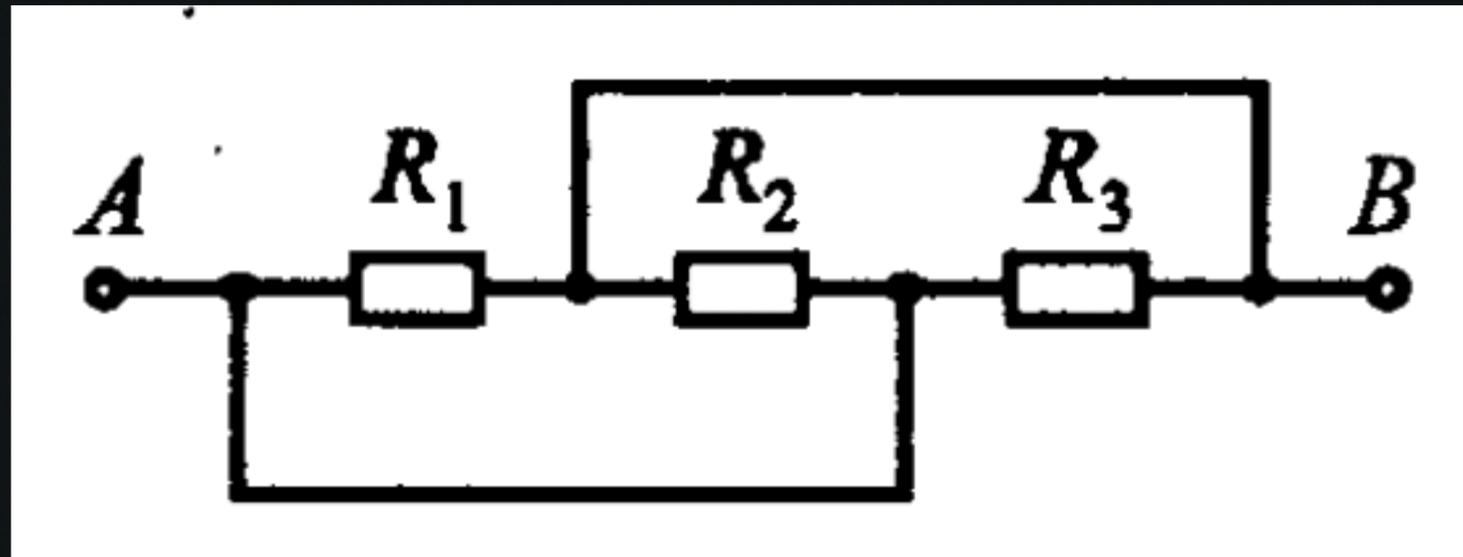
Задача

В доску в вершинах правильного шестиугольника вбиты шесть гвоздей. Все гвозди попарно соединены резисторами с сопротивлением $R = 9 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между двумя соседними гвоздями.

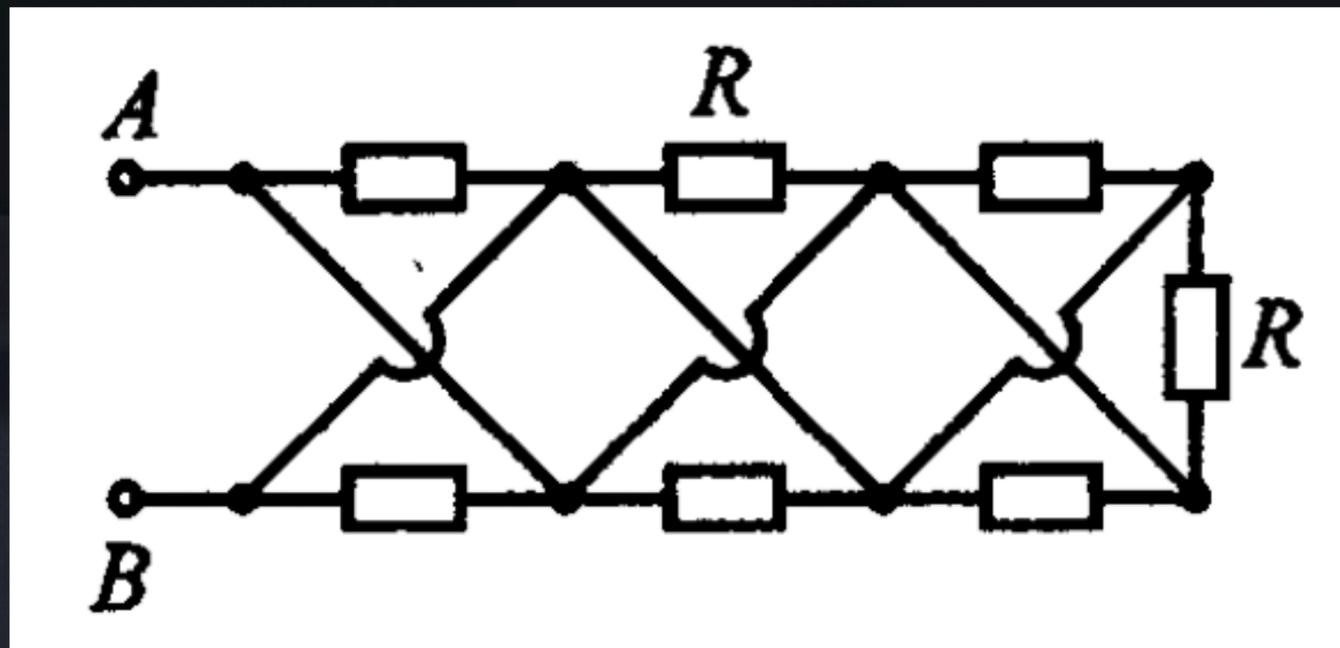


ОТВЕТЫ

Найдите общее сопротивление участка цепи между точками А и В.

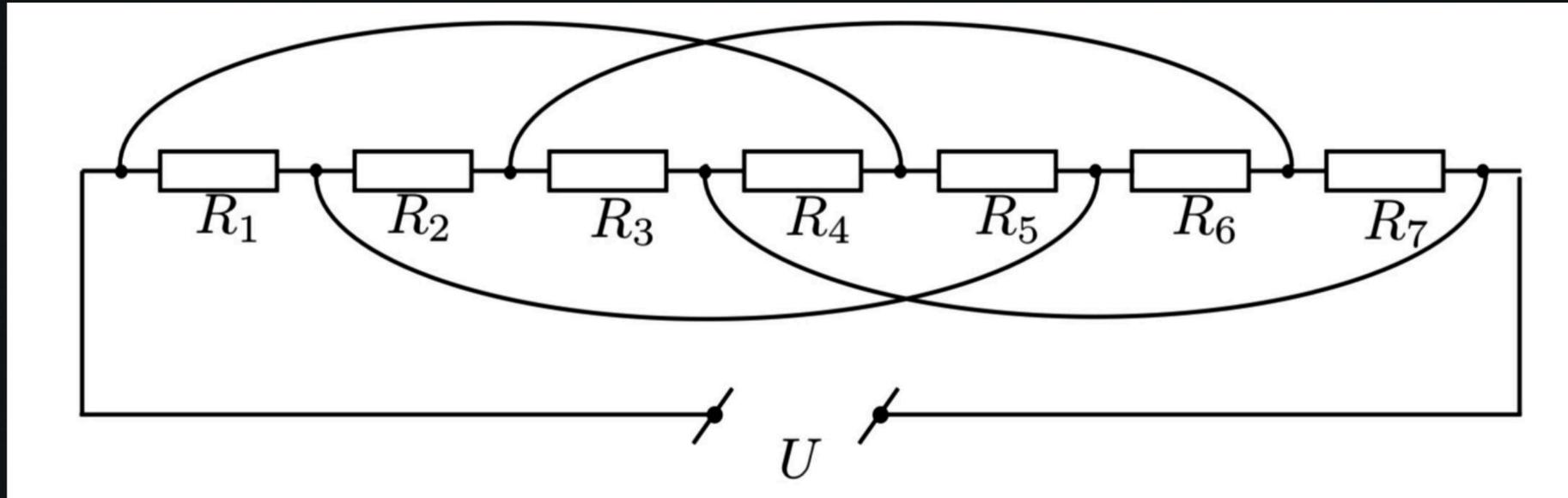


$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

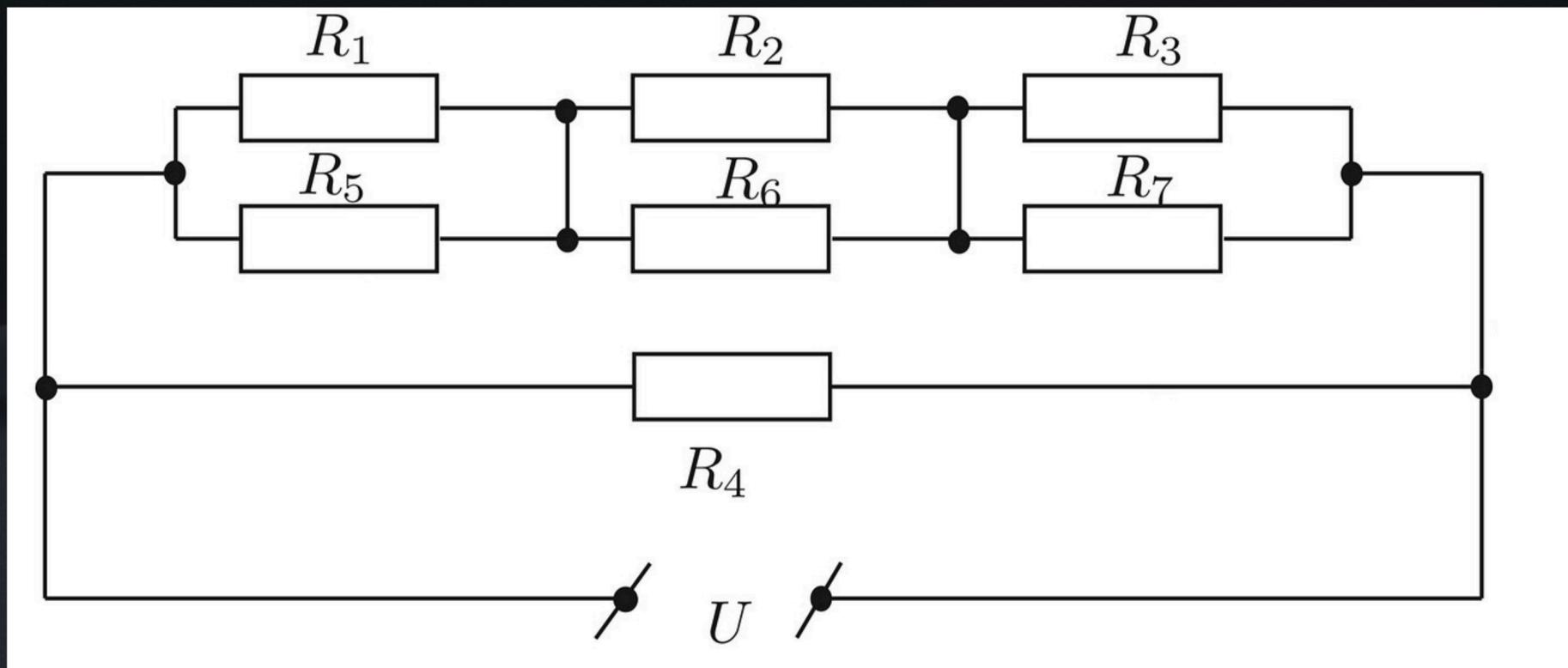


$$R_{AB} = \frac{R}{7}$$

Найдите общее сопротивление участка цепи, если все резисторы одинаковые.
Сопротивления резисторов равны $R = 15 \text{ Ом}$.

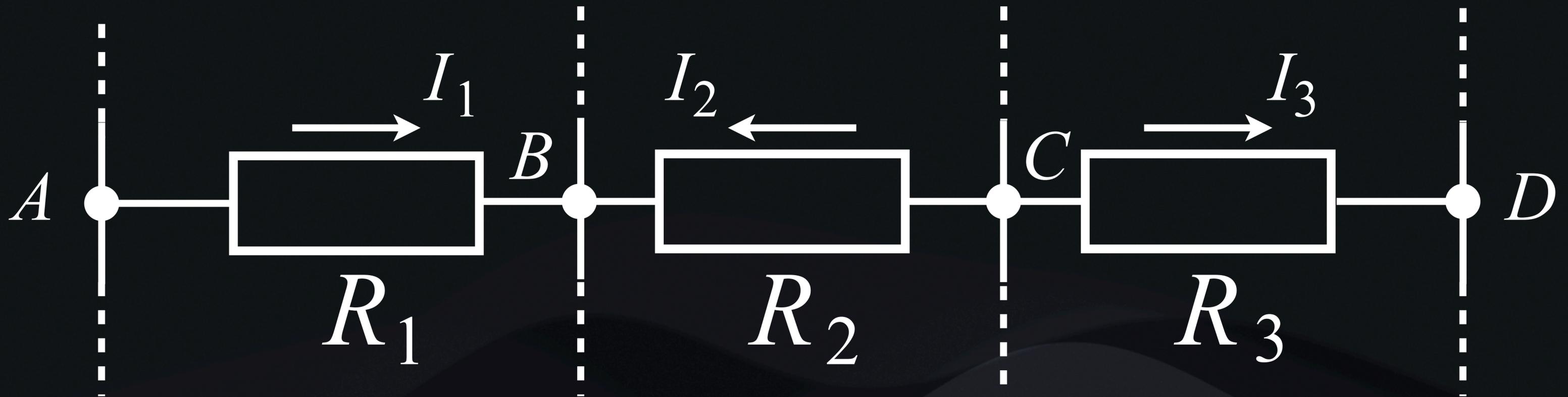


$$R_{\text{общ}} = \frac{3R}{5} = 9 \text{ Ом}$$



Закон Ома для однородного участка цепи

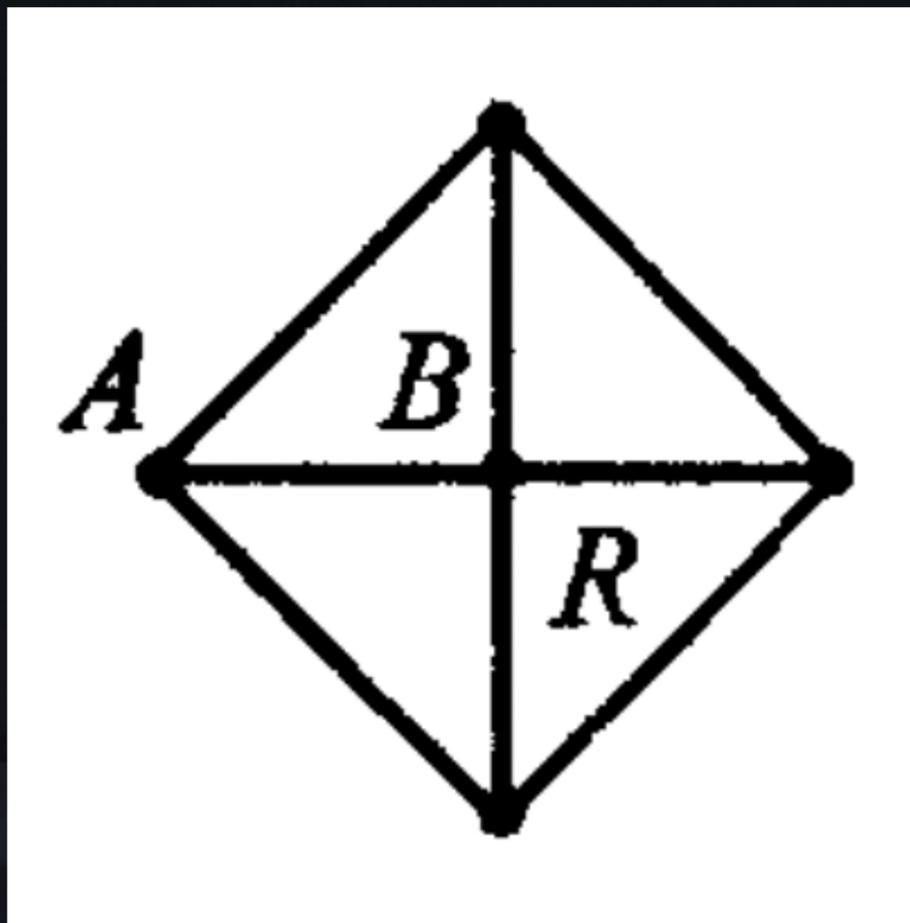
Более сложная схема



$$\varphi_A - \varphi_B = I_1 R_1 \quad \varphi_B - \varphi_C = -I_2 R_2 \quad \varphi_C - \varphi_D = I_3 R_3$$

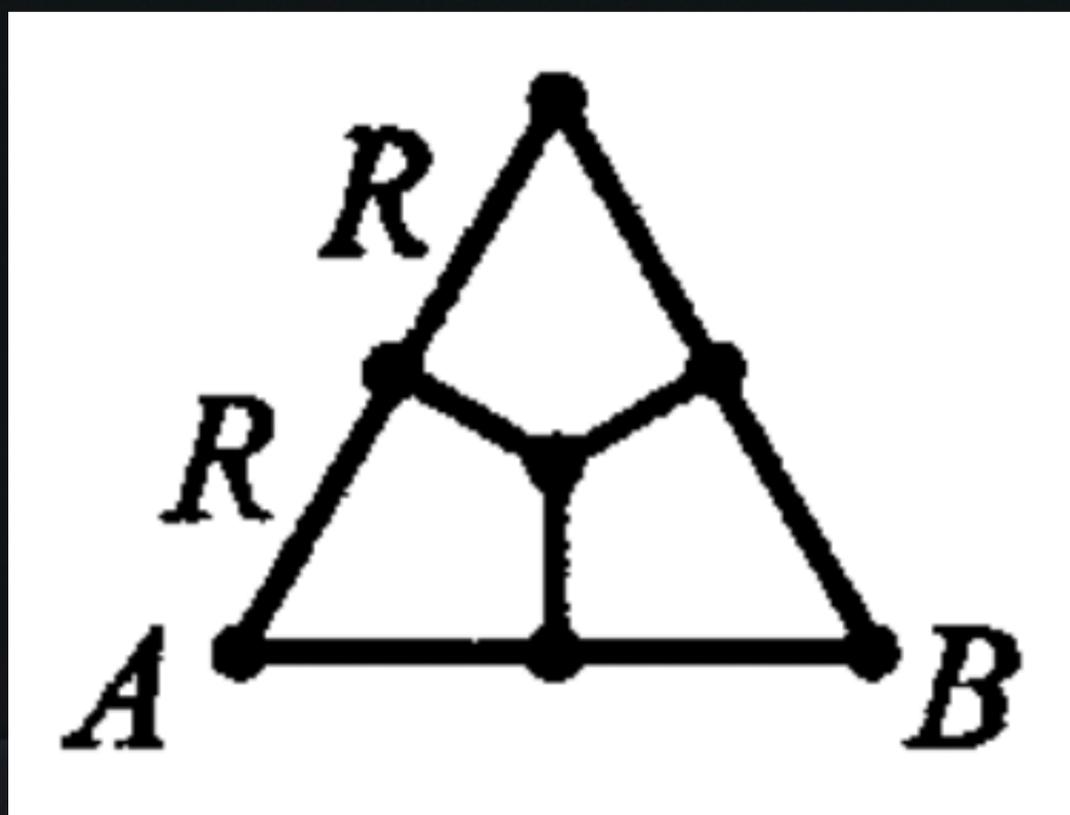
$$\varphi_A - \varphi_D = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3$$

Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно $R = 30 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между клеммами A и B .



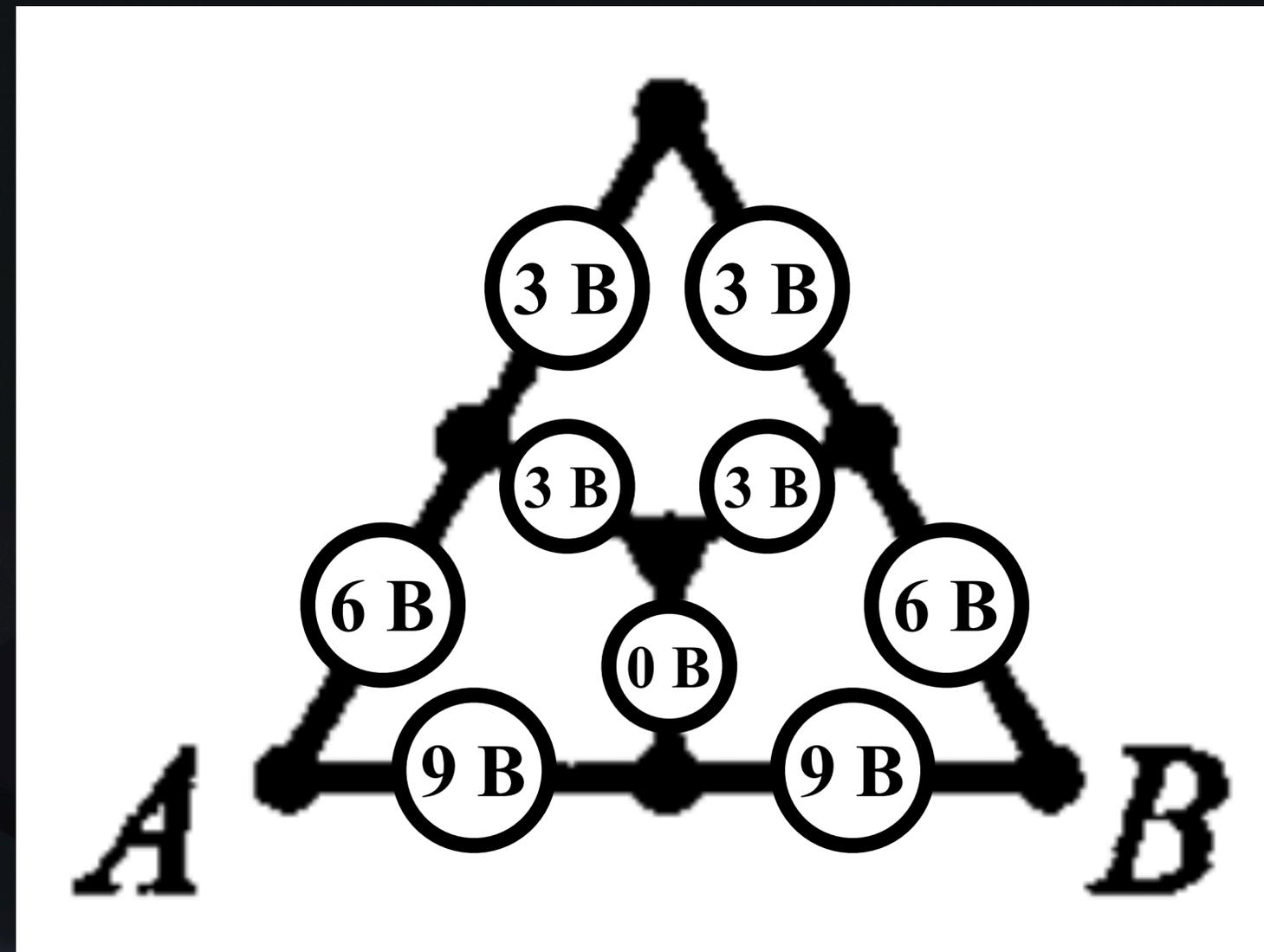
$$R_{AB} = \frac{7R}{15} = 14 \text{ Ом}$$

Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно $R = 10 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между клеммами A и B .

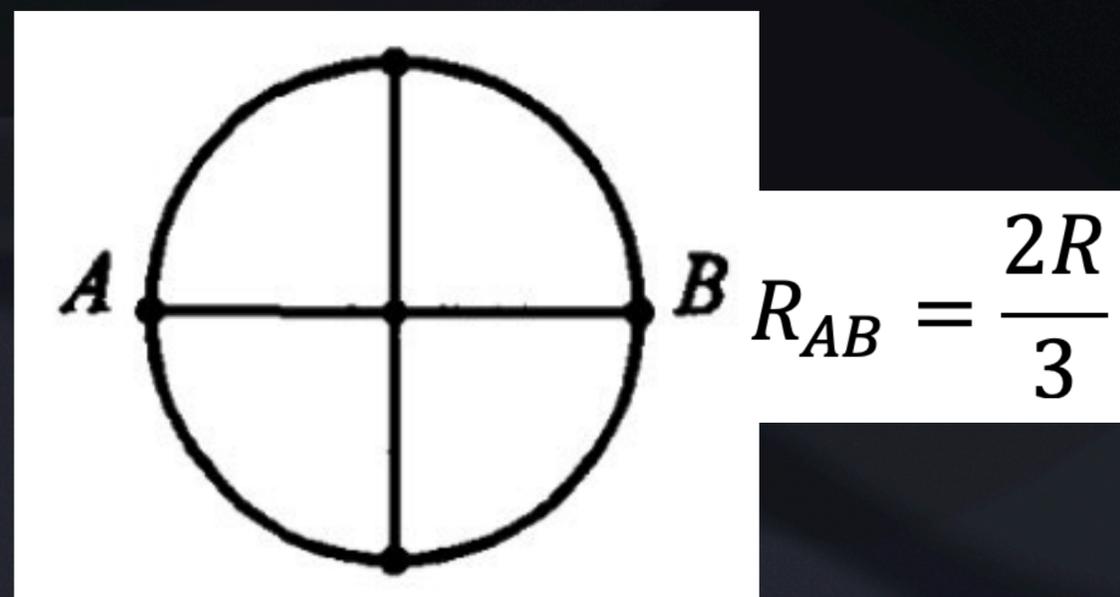
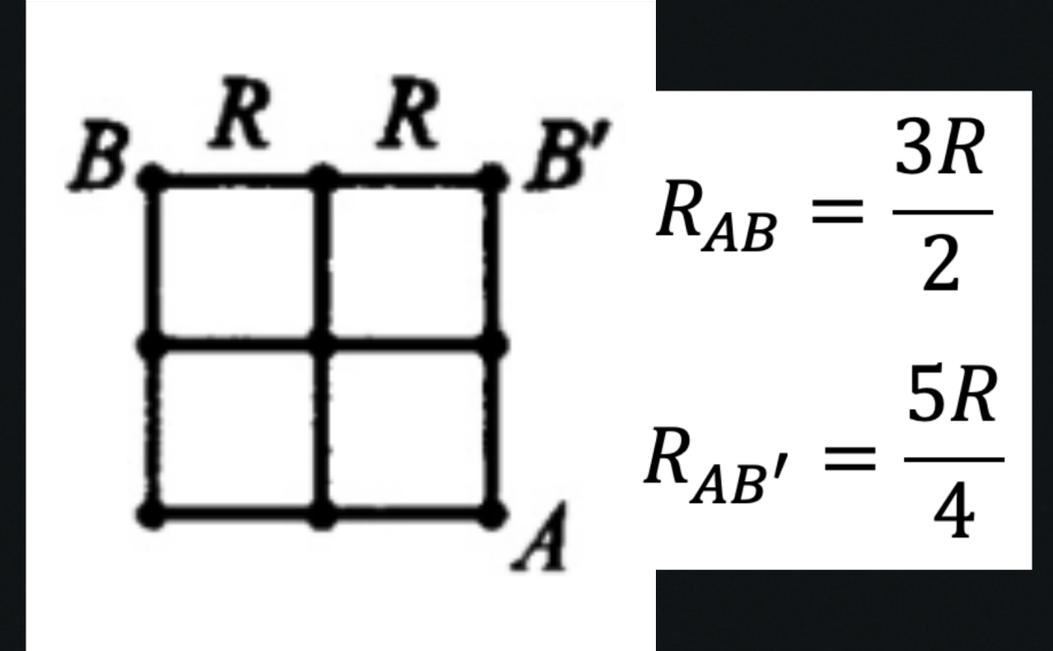
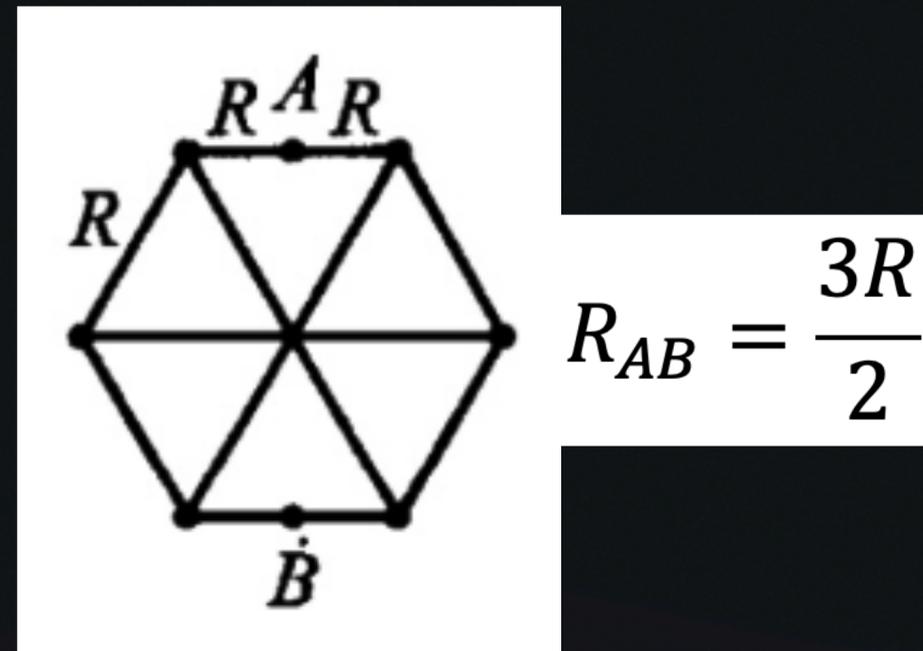
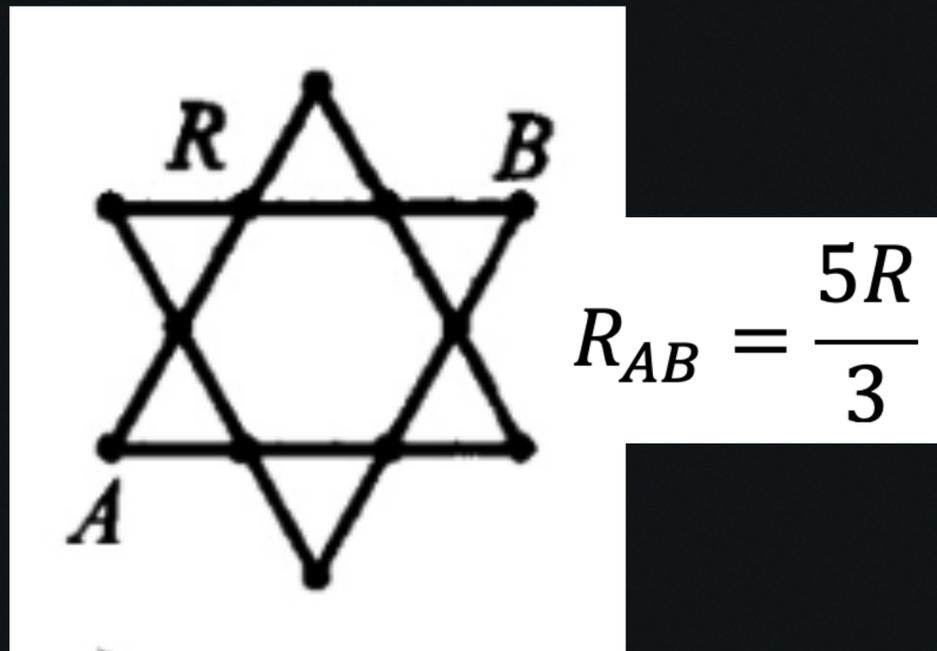


$$R_{AB} = \frac{6R}{5} = 12 \text{ Ом}$$

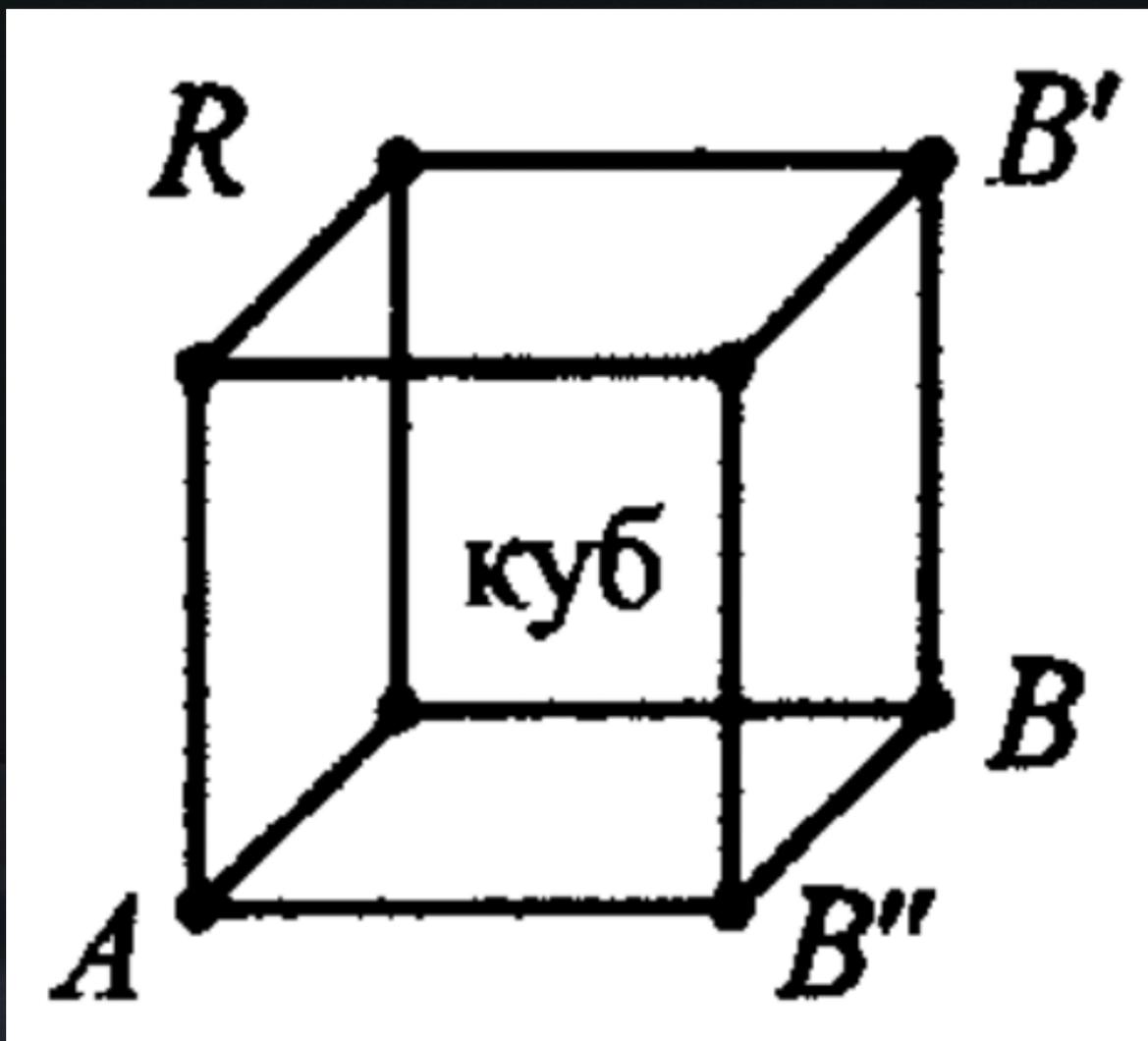
На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из одинаковых вольтметров. К концам A и B этого фрагмента приложили постоянное напряжение $U = 18$ В. Найдите показания всех вольтметров.



Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно R . Найдите сопротивление между клеммами A , B и B' .



Фигура сварена из кусков проволоки, сопротивление каждого из которых равно $R = 36 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между клеммами A, B, B' и B'' .

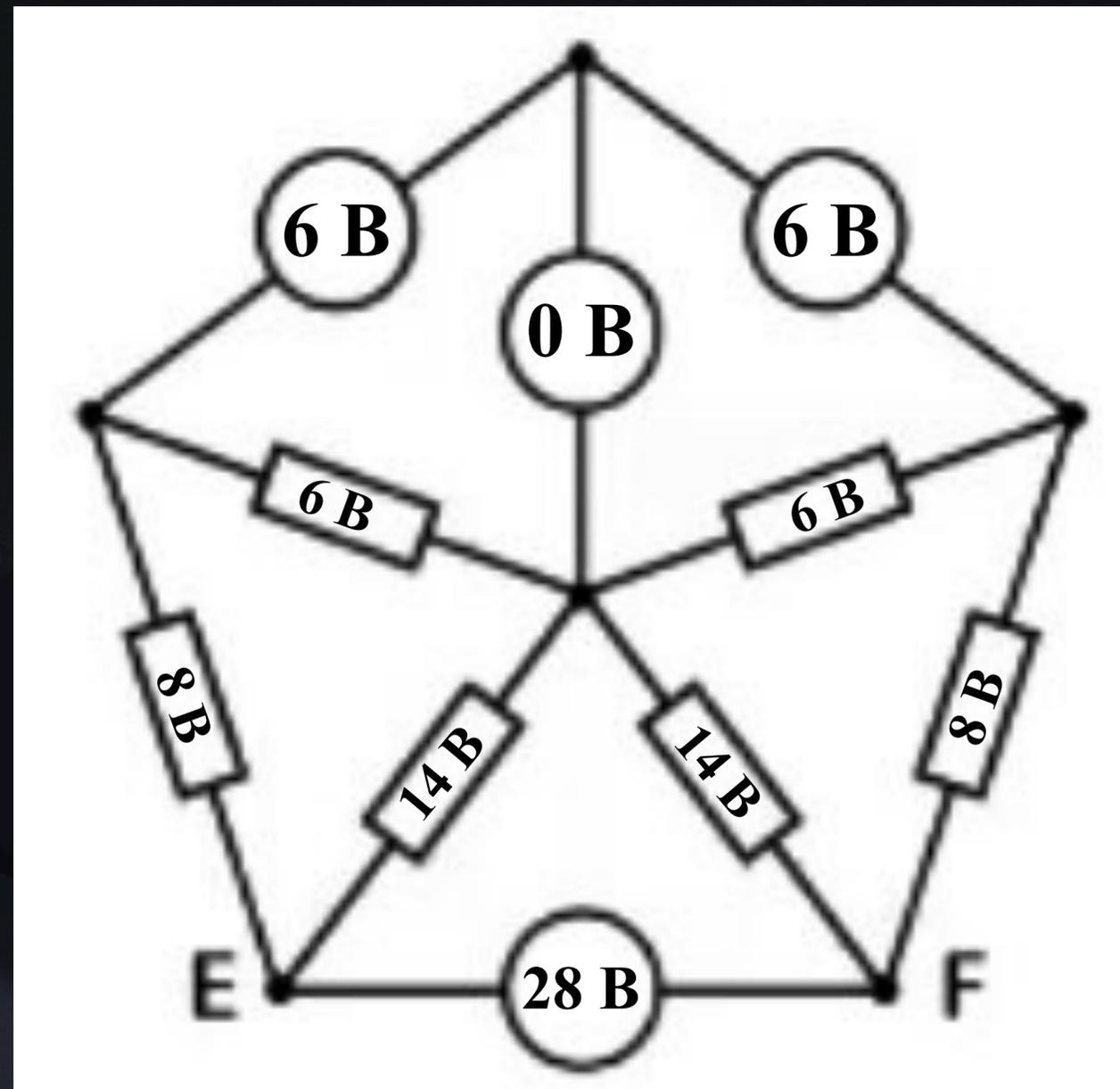


$$R_{AB} = \frac{3R}{4} = 27 \text{ Ом}$$

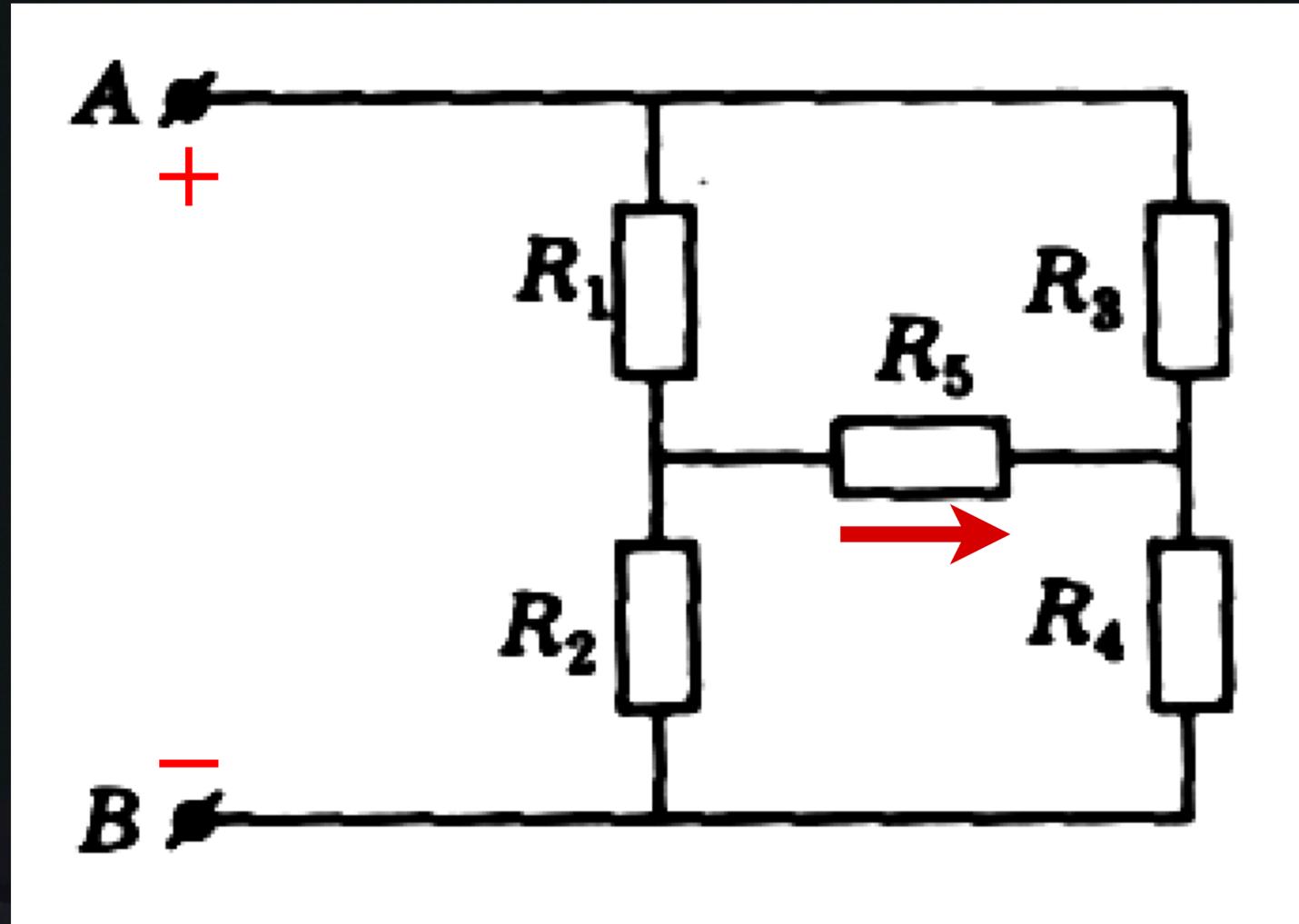
$$R_{AB'} = \frac{5R}{6} = 30 \text{ Ом}$$

$$R_{AB''} = \frac{7R}{12} = 21 \text{ Ом}$$

На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из 4 одинаковых вольтметров и 6 одинаковых резисторов. К концам E и F этого фрагмента приложили постоянное напряжение $U = 28$ В. Найдите показания всех вольтметров, если известно, что сопротивление вольтметра в три раза больше сопротивления резистора. Найдите напряжения на всех резисторах.



В каком направлении протекает ток через резистор 5?
Найдите сопротивление между клеммами A и B .

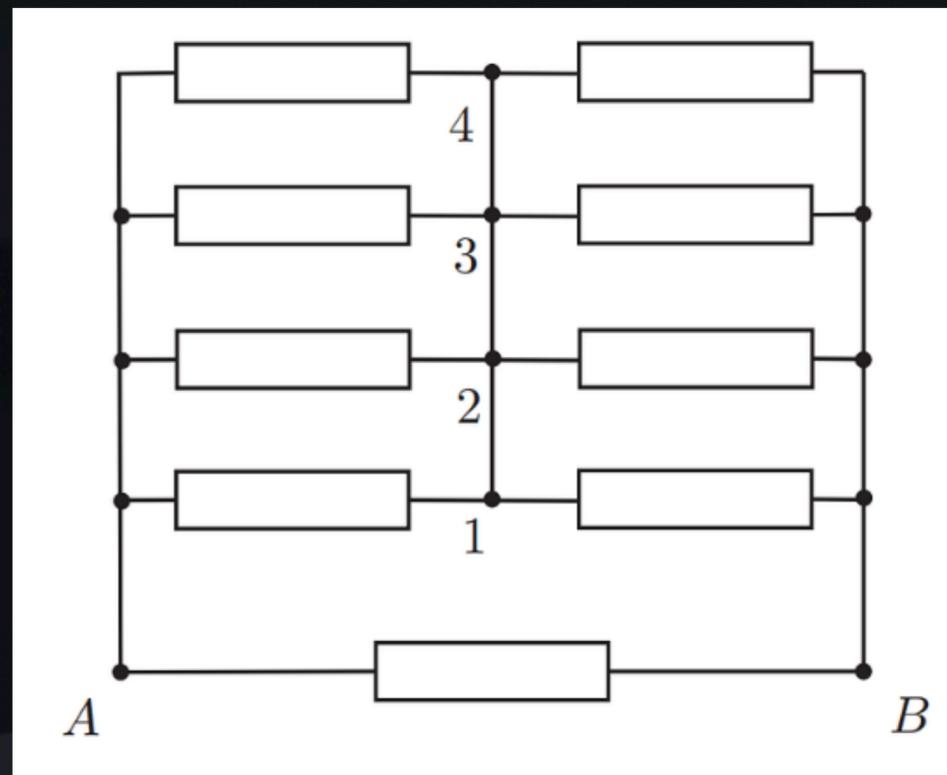
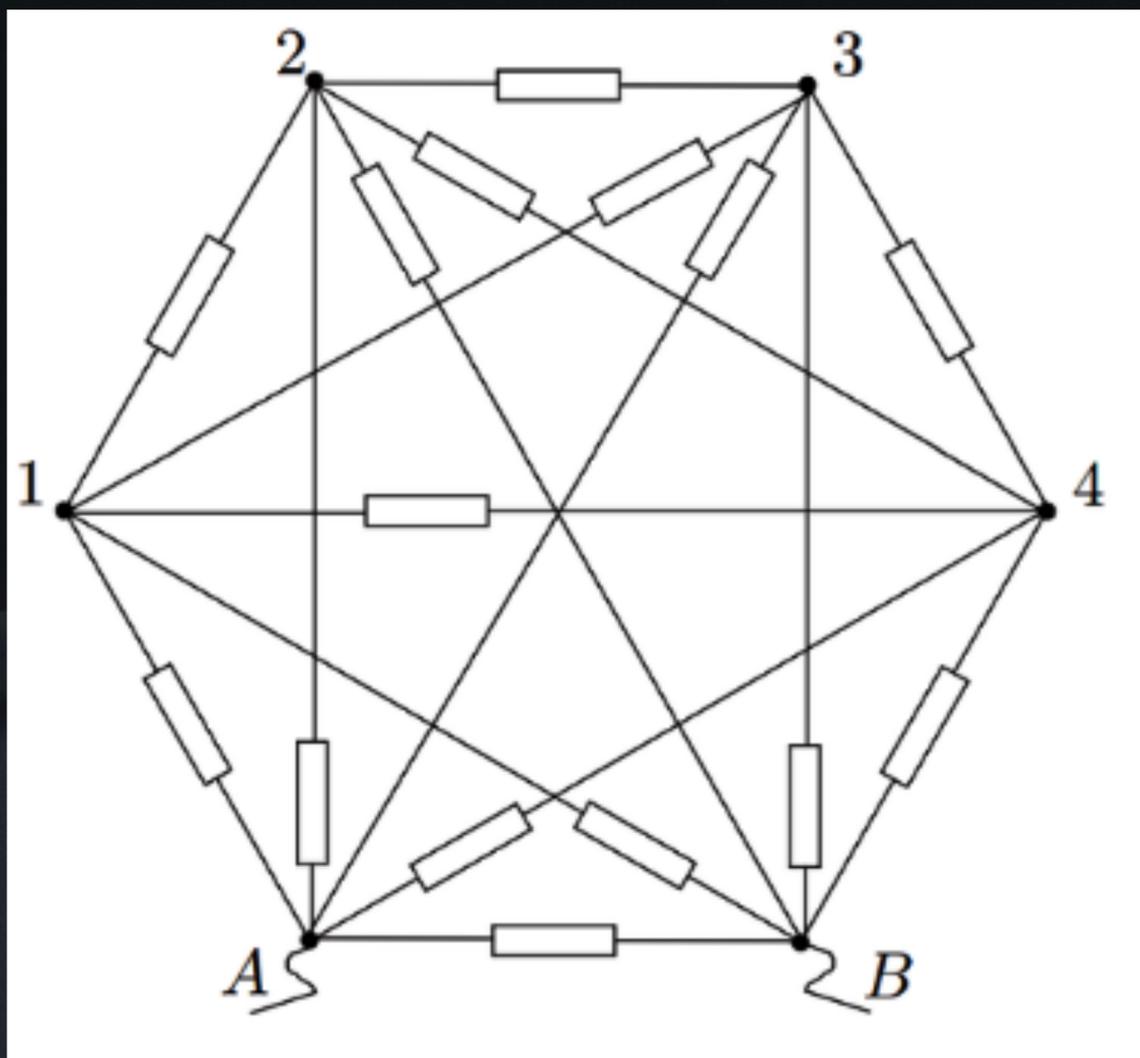


$$\begin{aligned}R_1 &= R \\R_2 &= 2R \\R_3 &= 3R \\R_4 &= 4R \\R_5 &= 5R\end{aligned}$$

$$R_{AB} = \frac{155R}{74}$$

Задача

В доску в вершинах правильного шестиугольника вбиты шесть гвоздей. Все гвозди попарно соединены резисторами с сопротивлением $R = 9 \text{ Ом}$. Найдите сопротивление между двумя соседними гвоздями.



$$R_{AB} = \frac{R}{3} = 3 \text{ Ом}$$