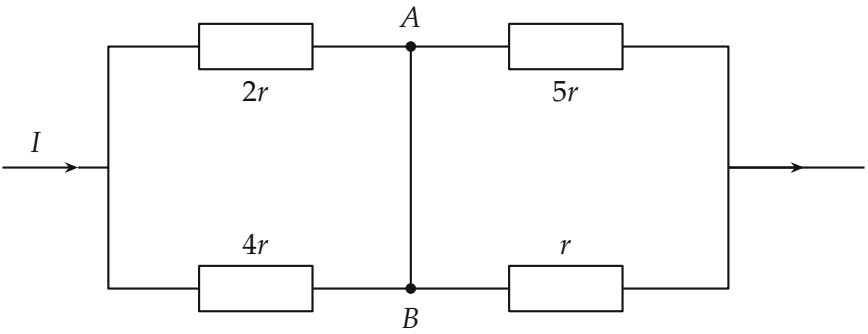
Цепь с перемычкой AB

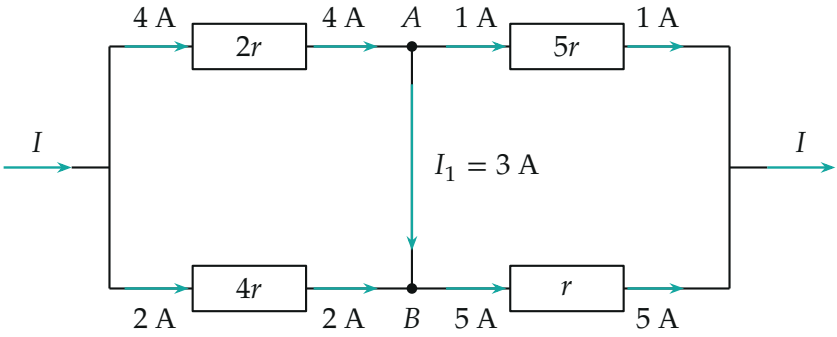
Задача 5. [Физтех 2025/26, 9 класс, вариант 09-01, задача 5] Схема электрической цепи представлена на рисунке. Значения сопротивлений резисторов, из которых собран участок цепи, указаны на рис., $r = 2$ Ом, сопротивление перемычки AB пренебрежимо мало.



1. Найдите силу I тока во внешней цепи, если через перемычку AB протекает ток $I_1 = 3$ А.
2. Какая мощность P рассеивается в рассматриваемой электрической цепи?

▲ **Решение. Что происходит.** Перемычка AB идеальная, поэтому потенциалы точек A и B равны, и эти точки — один узел. Тогда ток сначала проходит через два параллельных резистора слева ($2r$ и $4r$), затем через два параллельных справа ($5r$ и r). На параллельных резисторах напряжение общее, значит, ток делится между ними обратно пропорционально сопротивлениям. Ток перемычки — разность токов, которые приходят в узел A слева и уходят из него вправо: по перемычке течёт ровно столько заряда, сколько не успевает уйти через $5r$.

Обозначения. I — ток во внешней цепи; $I_{2r}, I_{4r}, I_{5r}, I_r$ — токи в резисторах; I_1 — ток перемычки; R — общее сопротивление.



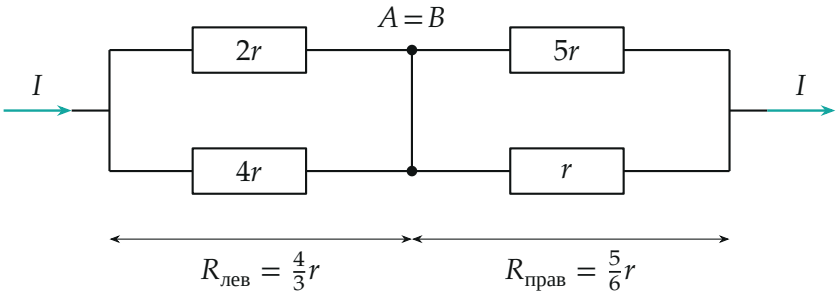
Токи в ветвях при $I = 6$ А; ток перемычки направлен от A к B.

1. Эквивалентное сопротивление. Точки A и B — один узел, поэтому $2r$ и $4r$ соединены параллельно (у них общие начало и конец), и $5r$ с r тоже:

$$R_{\text{лев}} = \frac{2r \cdot 4r}{2r + 4r} = \frac{4}{3}r, \qquad R_{\text{прав}} = \frac{5r \cdot r}{5r + r} = \frac{5}{6}r.$$

Эти две группы включены последовательно:

$$R = \frac{4}{3}r + \frac{5}{6}r = \frac{13}{6}r = \frac{13}{3}\ \text{Ом}.$$



Эквивалентная схема: перемычка стягивает A и B в один узел.

2. Токи в резисторах. Напряжение на левой группе $U_1 = I\,R_{\text{лев}} = \frac{4}{3}rI$. Токи в её резисторах:

$$I_{2r} = \frac{U_1}{2r} = \frac{2}{3}I, \qquad I_{4r} = \frac{U_1}{4r} = \frac{1}{3}I.$$

Напряжение на правой группе $U_2 = \frac{5}{6} rI$:

$$I_{5r} = \frac{U_2}{5r} = \frac{1}{6} I, \qquad I_r = \frac{U_2}{r} = \frac{5}{6} I.$$

3. Ток перемычки. Закон сохранения заряда для узла A (сколько зарядов приходит, столько и уходит): в A приходит ток I_{2r}, уходит ток I_{5r} через резистор $5r$ и ток I_1 по перемычке вниз:

$$I_1 = I_{2r} - I_{5r} = \frac{2}{3} I - \frac{1}{6} I = \frac{1}{2} I.$$

Проверка узла B: приходят $I_{4r} + I_1 = \frac{1}{3} I + \frac{1}{2} I = \frac{5}{6} I = I_r$, и уходит I_r. Верно.

4. Пункт 1. Из $I_1 = I/2$ получаем $I = 2I_1 = 2 \cdot 3$ А $= 6$ А.

5. Пункт 2. Мощность, рассеиваемая во всей цепи, равна $P = I^2 R$ (весь ток проходит через общее сопротивление R):

$$P = I^2 R = 6^2 \cdot \frac{13}{3} \text{ Вт} = 156 \text{ Вт}.$$

Токи в резисторах: $I_{2r} = 4$ А, $I_{4r} = 2$ А, $I_{5r} = 1$ А, $I_r = 5$ А (рис. 2).

Обратите внимание. (1) Ток перемычки — не ток какого-то резистора, а разность токов $I_{2r} - I_{5r}$; в узле A он вычитается из тока I_{2r}. (2) Мощность считаем по общему току I, а не по току перемычки: перемычка сопротивления не имеет и тепла не выделяет.

Проверка. Размерность: $I^2 R$ — Вт. Второй способ: сумма мощностей резисторов $4^2 \cdot 4 + 2^2 \cdot 8 + 1^2 \cdot 10 + 5^2 \cdot 2 = 64 + 32 + 10 + 50 = 156$ Вт (сопротивления $2r = 4$, $4r = 8$, $5r = 10$, $r = 2$ Ом) — совпало. Третий способ: напряжение на цепи $U = U_1 + U_2 = 16$ В $+ 10$ В $= 26$ В, $P = UI = 26 \cdot 6 = 156$ Вт. Смысл: перемычка уравнивает потенциалы A и B и превращает схему из двух ветвей ($2r + 5r$ и $4r + r$) в две последовательные пары параллельных резисторов; именно поэтому по ней идёт ток.

Ответ. 1) $I = 6$ А; 2) $P = 156$ Вт.