

Электрические цепи постоянного тока

Электрический ток

Электрический ток – это направленное движение электрических зарядов по проводнику.

Признаки, по которым судят о наличии электрического тока:

- проводник, по которому проходит электрический ток, нагревается;
- ток, проходя по проводнику, создает вокруг него магнитное поле.

Под **силой электрического тока I** понимают количество электронов, прошедшее через поперечное сечение проводника в единицу времени.

$$I = q/t.$$

Единицей измерения тока является ампер (А), определяемый как количество электричества в 1 Кл, прошедшего через поперечное сечение проводника в 1 с.

Плотность тока в проводнике, А/мм²:

$$j = I/S,$$

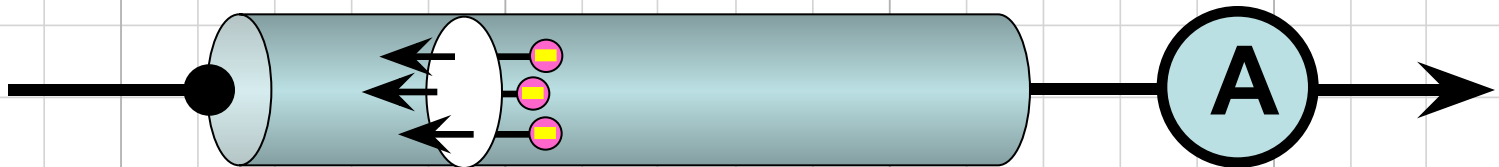
где I – сила тока в проводнике, А; S – сечение проводника, мм².

Постоянный ток

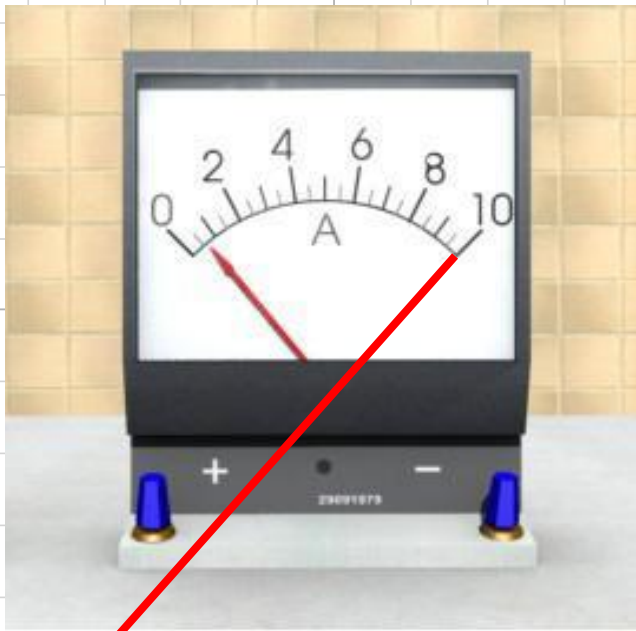
$$I = \frac{q}{t} \quad [I] = A$$

Ток, не изменяющийся по величине и направлению, называется **постоянным током**. Постоянный ток дают гальванические элементы, аккумуляторы, генераторы постоянного тока.

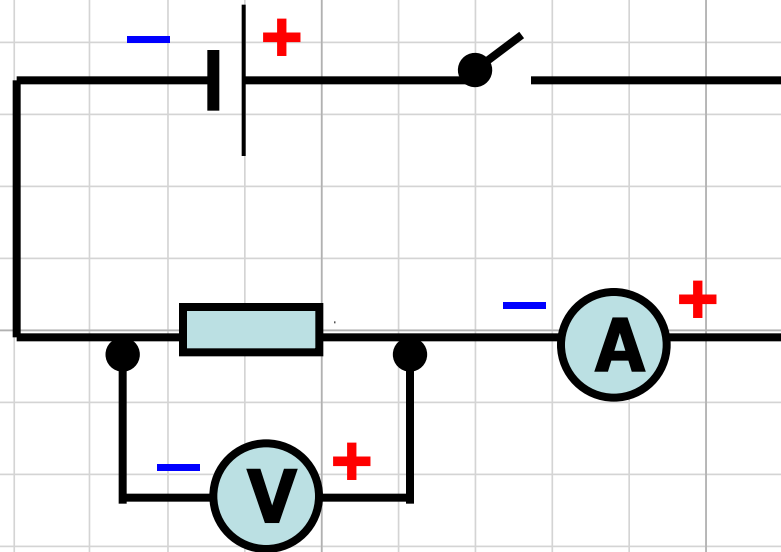
Ток в электрической цепи измеряется **амперметром**.



Амперметр



включают последовательно с тем элементом цепи, в котором значение тока измеряется.



Соблюдай полярность включения приборов!

ЗАПОМНИ! Амперметр надо включать в электрическую цепь, так, чтобы ток, значение которого необходимо измерить, был не больше максимально допустимого.

Электрическое сопротивление

Направленному движению электрических зарядов в любом проводнике препятствуют молекулы и атомы этого проводника.

Величина, характеризующая противодействие электрической цепи прохождению электрического тока, называется **электрическим сопротивлением**.

Сопротивление проводника можно определить по формуле

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Где ρ – удельное сопротивление проводника, Ом•мм² (таблица);

l – длина проводника, м; S – площадь сечения проводника, мм².

Сопротивление R измеряется в омах (Ом).

Удельное сопротивление – это сопротивление металлического проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм².

Сопротивление металлических проводников с повышением температуры увеличивается. Зависимость сопротивления проводника от температуры:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)],$$

где R_1 и R_2 – сопротивления проводника при температуре T_1 и T_2 соответственно;

α – температурный коэффициент, Ом/°С (таблица).

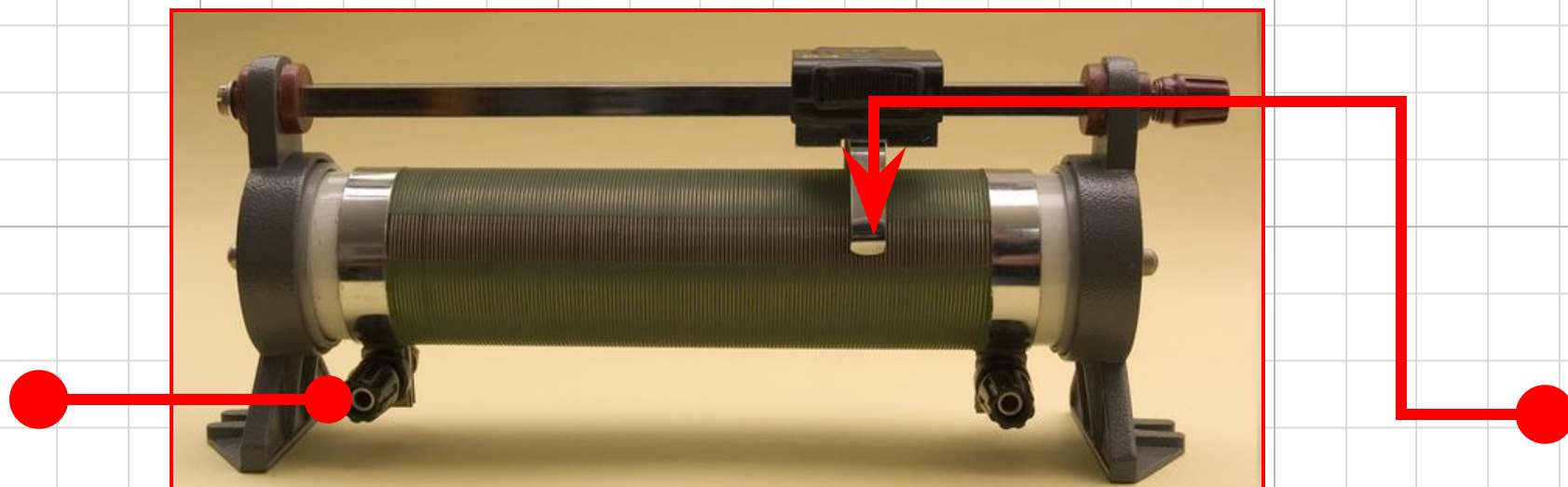
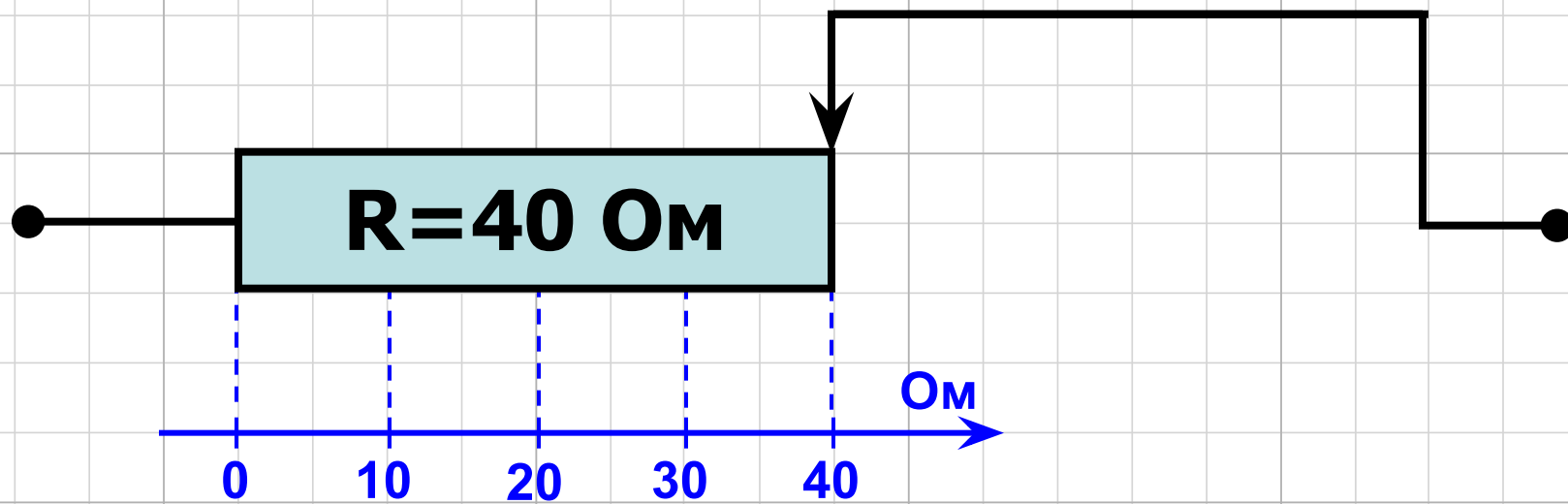
Способность проводника пропускать электрический ток характеризуется **проводимостью**.

Проводимость G называется величина, обратная сопротивлению R :

$$G = 1/R.$$

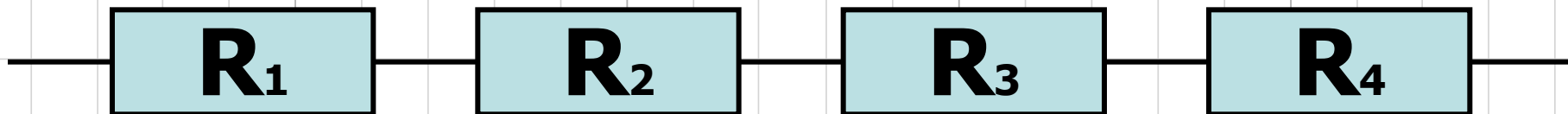
Проводимость G измеряется в сименсах (См).

Реостат

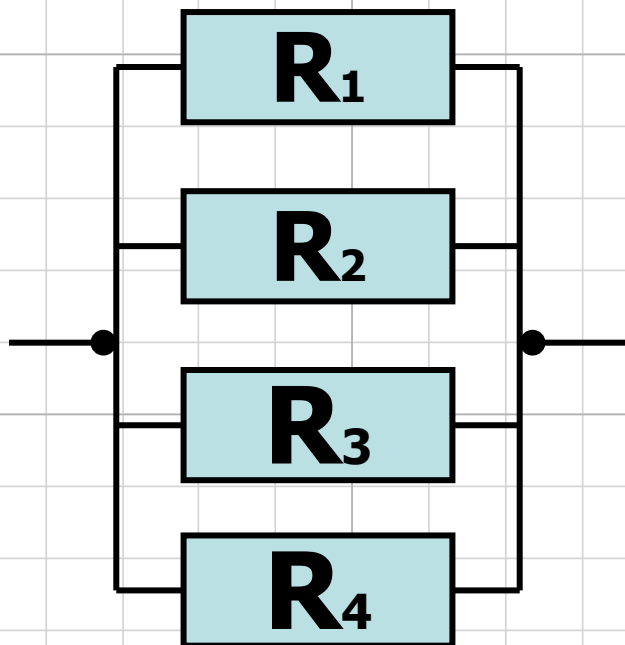


Соединение проводников

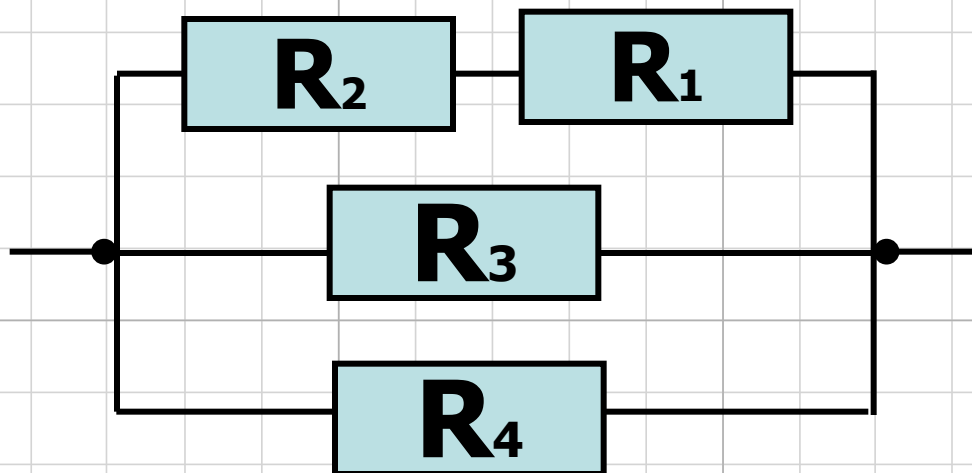
последовательное



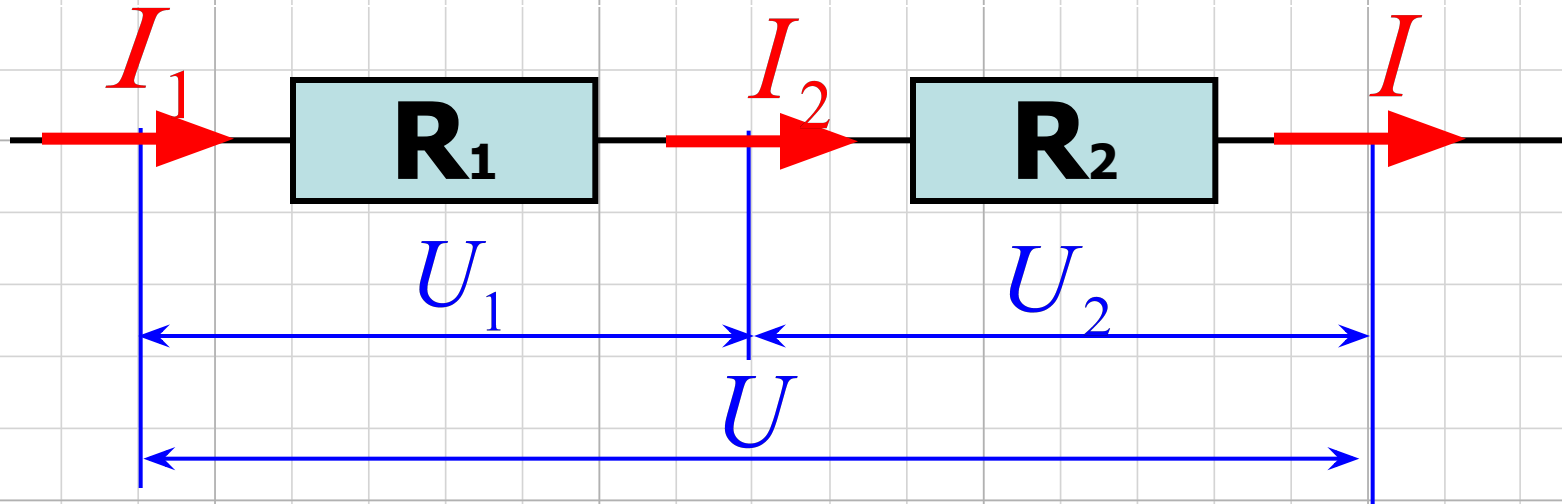
параллельное



смешанное



Последовательное соединение



$$I = I_1 = I_2 \quad U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

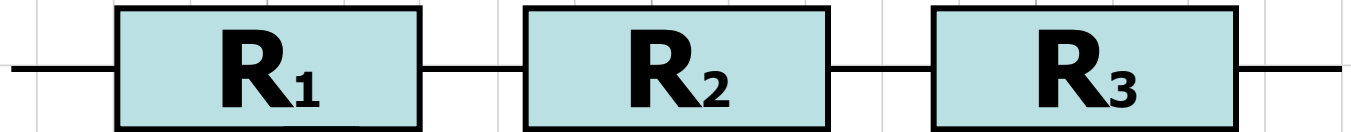
Найти общее сопротивление участка цепи

$$R_1 = 7,3 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 2,7 \text{ Ом}$$

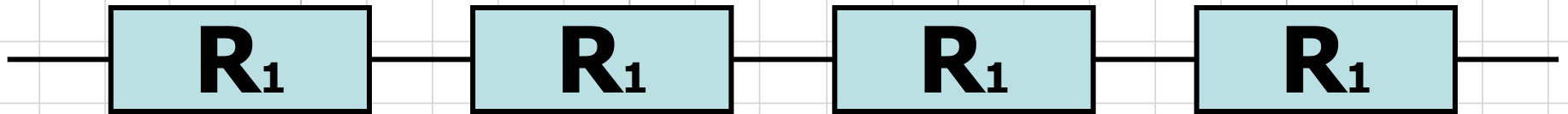
$$R_3 = 8,9 \text{ Ом}$$

$R = ?$



$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 18,9 \text{ Ом}$$

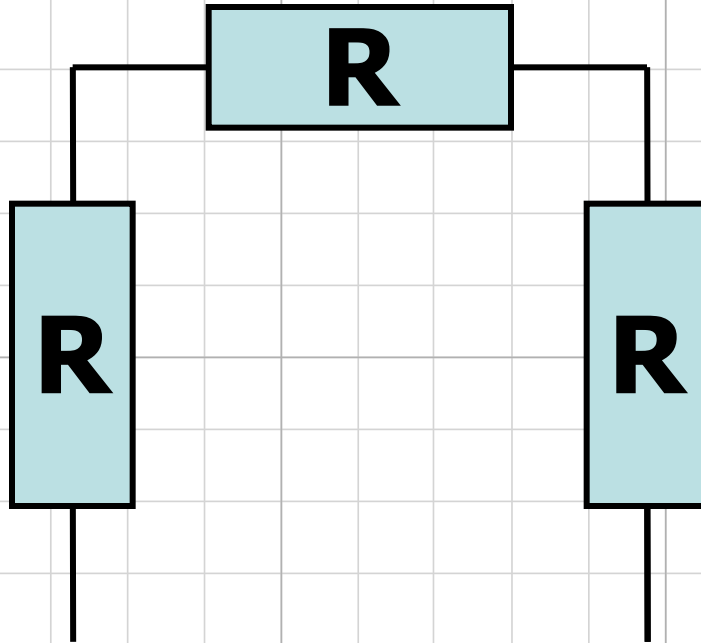
n – одинаковых проводников



$$R = R_1 + R_1 + \dots + R_1$$

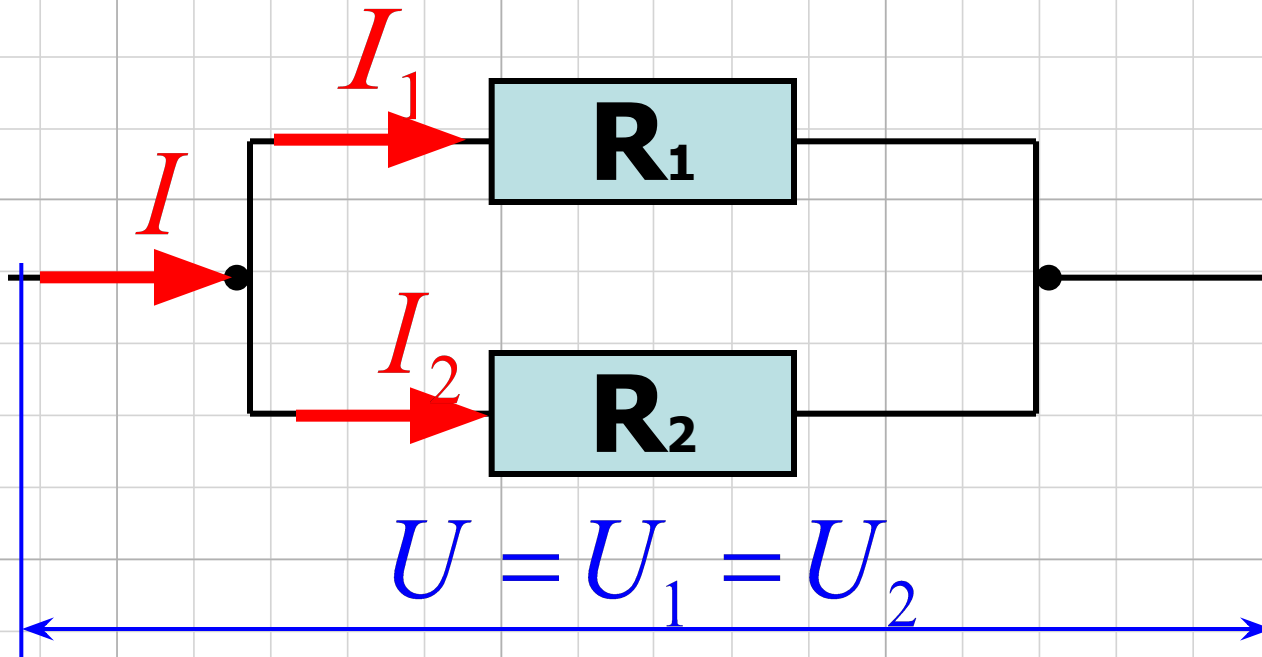
$$R = nR_1$$

Вычислить общее сопротивление, если сопротивление каждого резистора 10 Ом



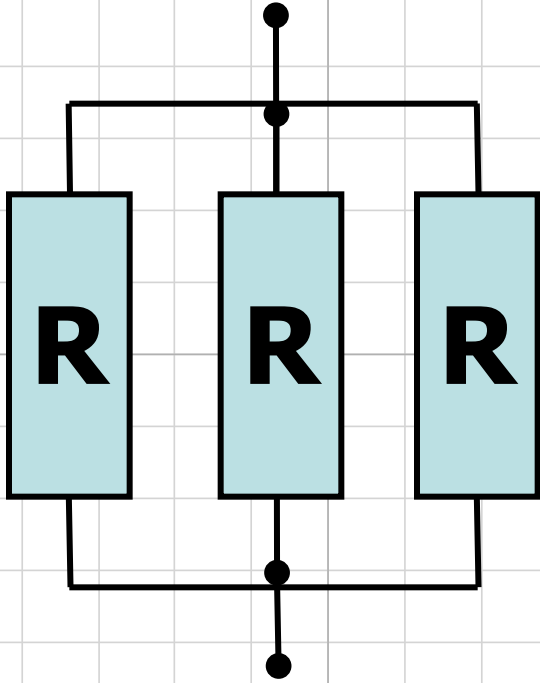
$$R = 30 \text{ Ом}$$

Параллельное соединение



$$I = I_1 + I_2 \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

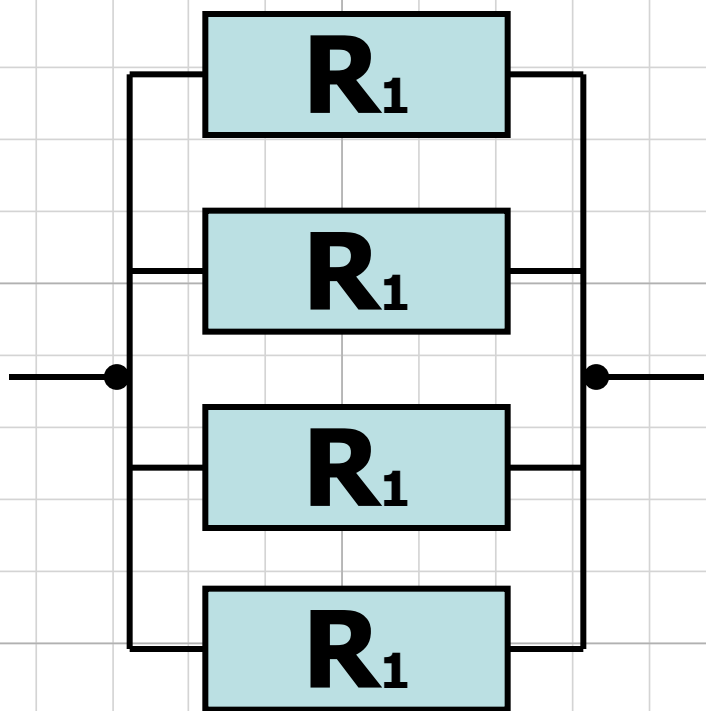
Вычислить общее сопротивление, если сопротивление каждого резистора 30 Ом



$$\frac{1}{R_o} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

$$R_o = \frac{R}{3} = 10 \text{ Ом}$$

n – одинаковых проводников



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{n}{R_1}$$

$$R = \frac{R_1}{n}$$

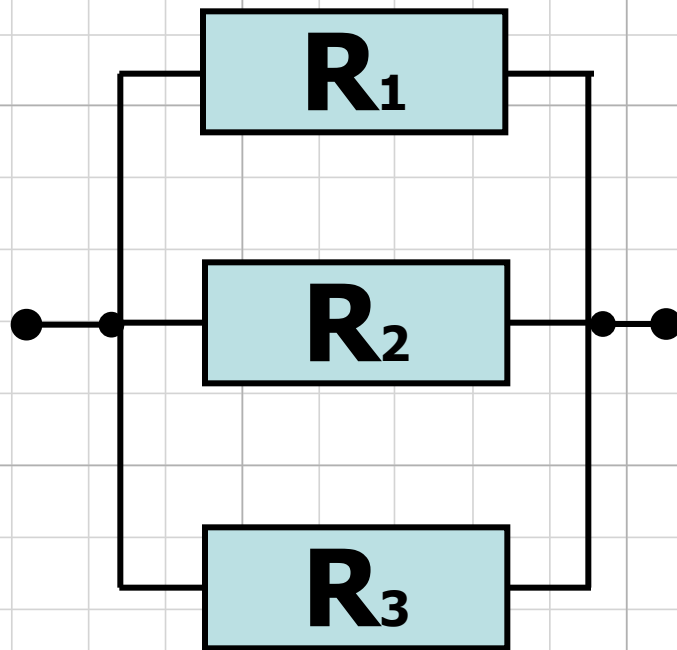
Найти общее сопротивление участка цепи

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом}$$

R-?



$$R = 3 \text{ Ом}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{10}{30}$$

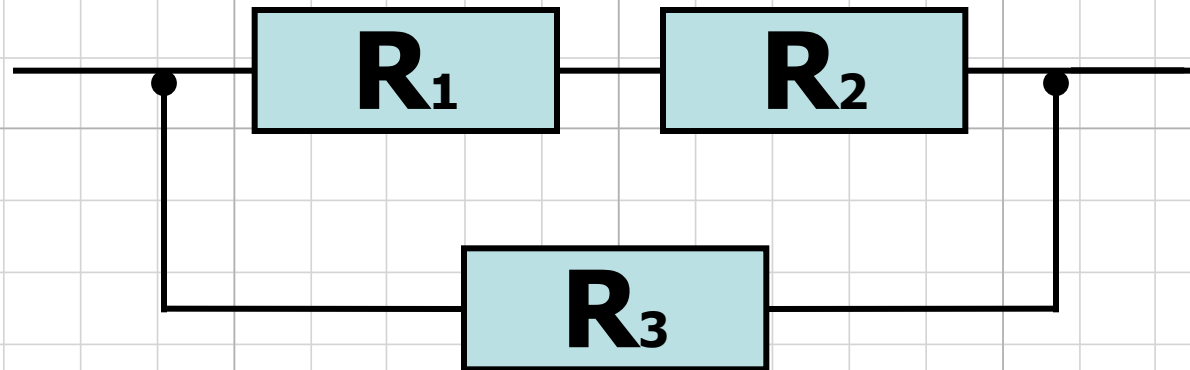
Найти общее сопротивление

$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 2 \text{ Ом}$$

R-?



$$R_{12} = 8 \text{ Ом}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{8} + \frac{1}{2} = \frac{5}{8}$$

$$\mathbf{R = 1,6 \text{ Ом}}$$

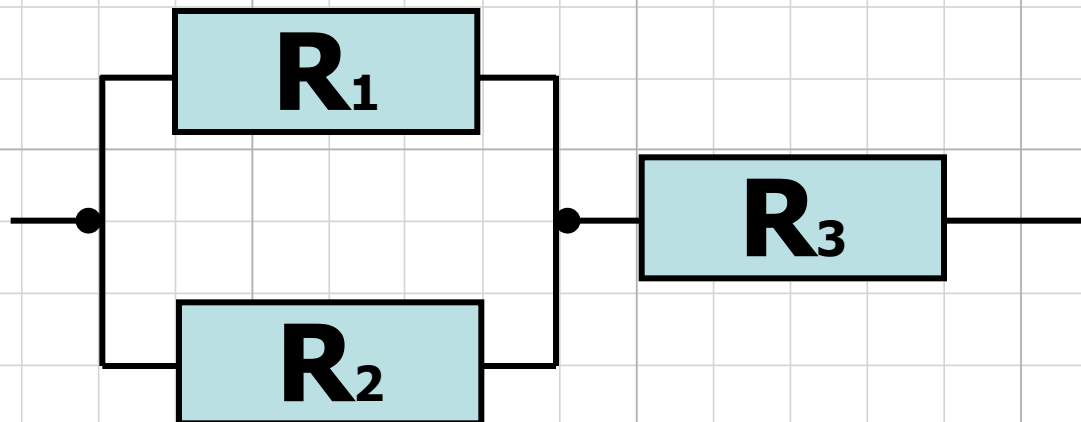
Найти общее сопротивление

$$R_1 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 5 \text{ Ом}$$

$R = ?$



$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$$

$$R_{12} = 4 \text{ Ом}$$

$$R = R_{12} + R_3 = 9 \text{ Ом}$$

Напряжение

$$U = \frac{A}{q} \quad [U] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

Напряжение U – это разность потенциалов между двумя точками электрического поля. Она численно равна работе, которую затрачивает поле на перемещение заряда из одной точки в другую, или разность потенциалов на зажимах источника при замкнутой внешней цепи.

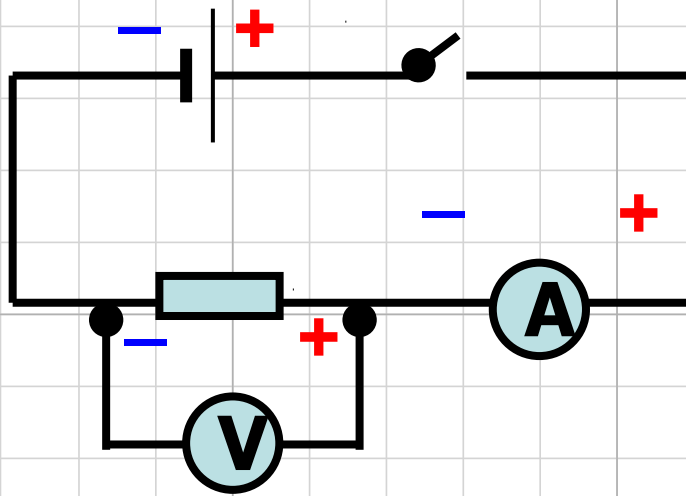
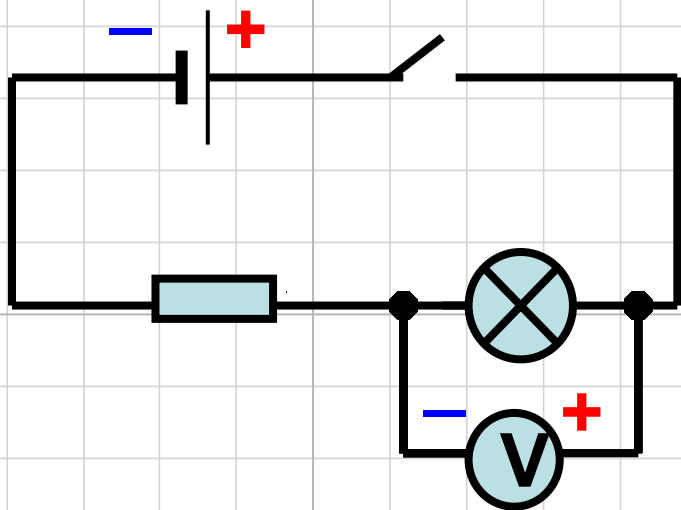
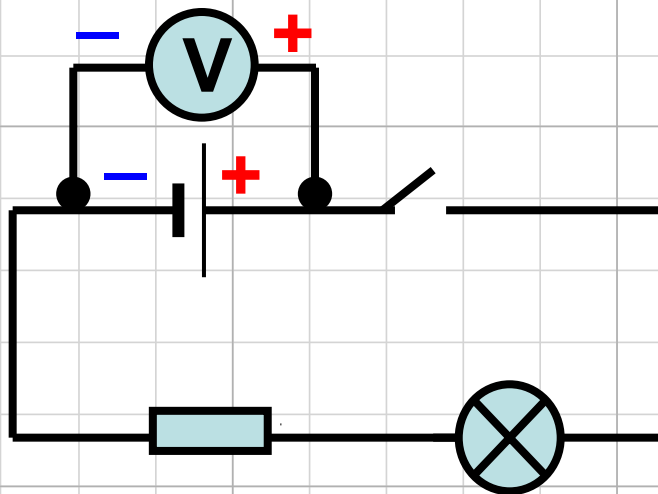
Единицей измерения напряжения является вольт (В).

Напряжение в электрической цепи измеряется **вольтметром**.

В О Л Ь Т М Е Т Р



подключают параллельно к тому участку цепи, где необходимо измерить напряжение.



Соблюдай полярность включения приборов!

Электродвижущая сила

Электродвижущая сила (ЭДС) характеризует способность поля сторонних сил (механических, сил химических реакций и т.д.) или индуцированного поля вызывать электрический ток.

Электродвижущая сила (ЭДС) E – это потенциальные возможности источника, то есть напряжение на зажимах источника при **разомкнутой** внешней цепи ($I = 0$).

Электродвижущая сила определяется:

$$E = A/q.$$

Единицей измерения ЭДС является вольт (В).

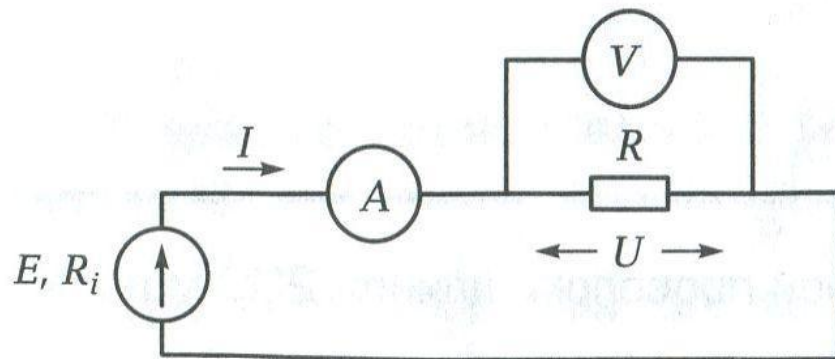
Закон Ома

Закон Ома – физическая закономерность, которая определяет взаимосвязь между током, напряжением и сопротивлением проводника. Он имеет две основные формы.

Закон Ома для полной цепи: сила тока в замкнутой электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению всей цепи.

$$I = \frac{E}{r + R} \quad \text{или}$$

$$E = Ir + IR = U_r + U_R$$



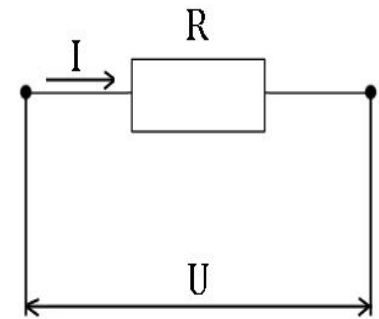
где: E – ЭДС, R - сопротивление цепи,

r – внутреннее сопротивление источника, которое зависит от параметров самого источника.

Закон Ома

Закон Ома для участка цепи – сила тока прямо пропорциональна напряжению, и обратно пропорциональна сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R}$$



Это простое выражение помогает на практике решать широчайший круг вопросов.

Задача

Найти силу тока в цепи, если известно что сопротивление цепи 11 Ом, а источник подключенный к ней имеет ЭДС 12 В и внутреннее сопротивление 1 Ом.

Дано:

$$\begin{aligned} E &= 12 \text{ В} \\ R &= 11 \text{ Ом} \\ r &= 1 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Найти: I - ?

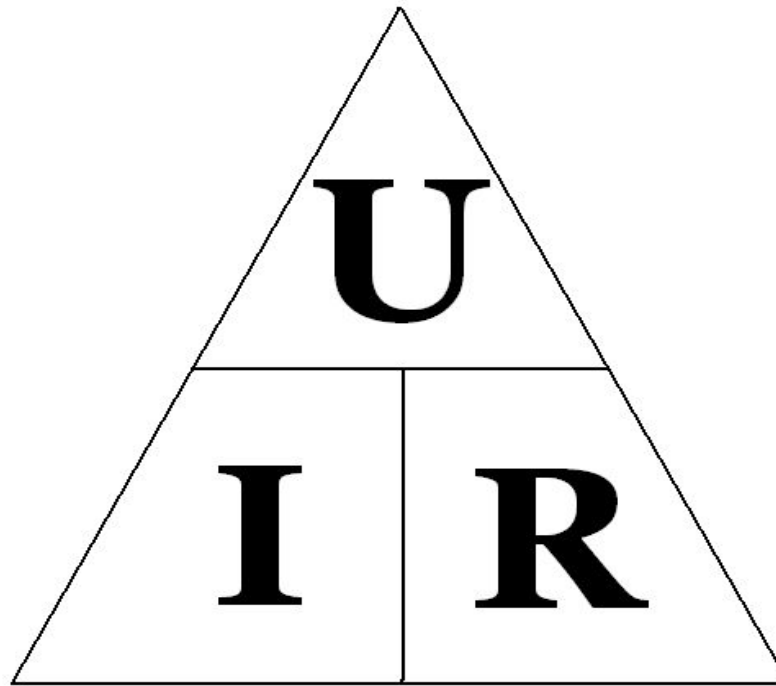
Решение

Для нахождения тока в цепи, воспользуемся формулой закона Ома для полной цепи

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{12}{1 + 11} = 1 \text{ А}$$

Ответ: 1 А

Мнемоническая диаграмма



Мнемоническая диаграмма

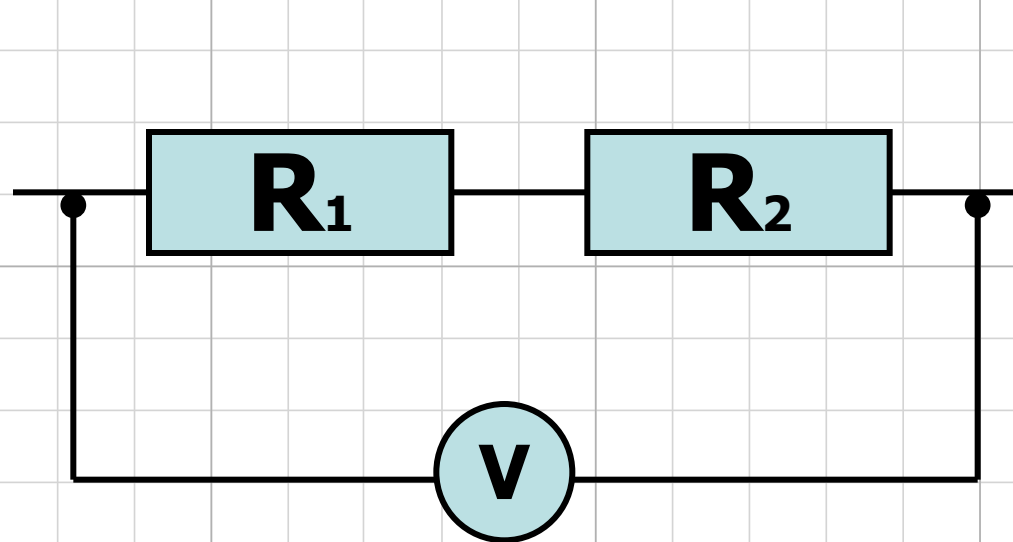
Для лучшего запоминания закона Ома существует **мнемоническая диаграмма**. Пользоваться этой диаграммой очень просто. Достаточно *закрыть* искомую величину и две другие укажут, как её *найти*.

Определить силу тока в цепи

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 8 \text{ Ом}$$

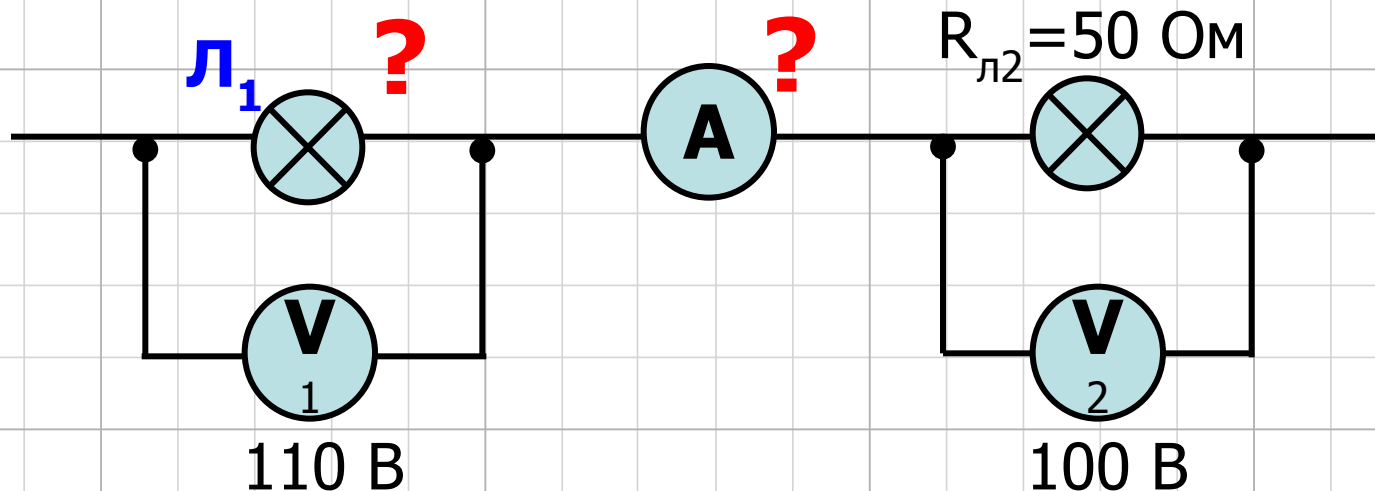
$$U = 26 \text{ В}$$



I-?

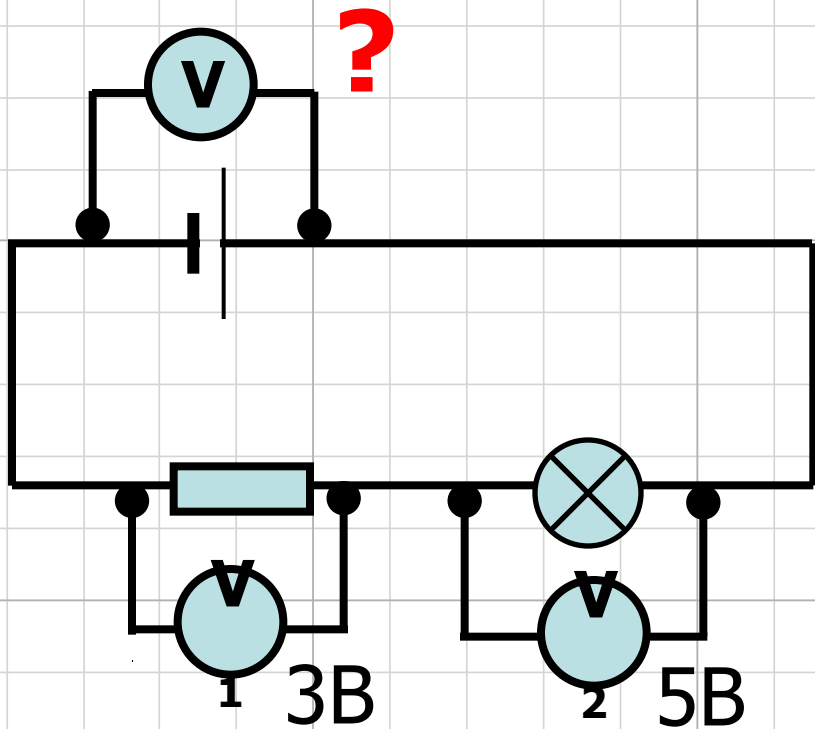
$$I = \frac{26}{5 + 8} = 2 \text{ A}$$

Определить показания амперметра и сопротивление первой лампы

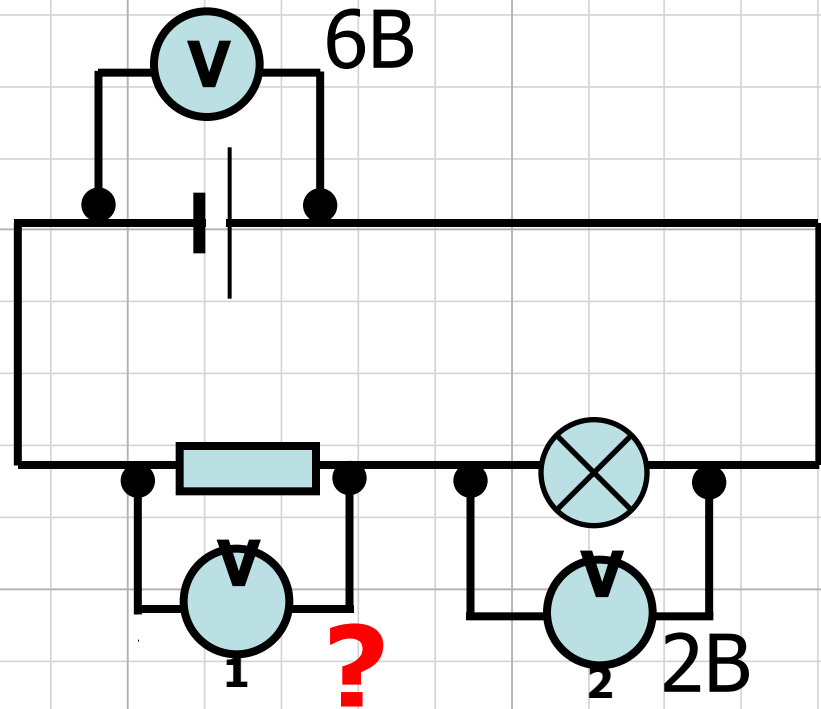


$$I = \frac{U_2}{R_{L2}} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

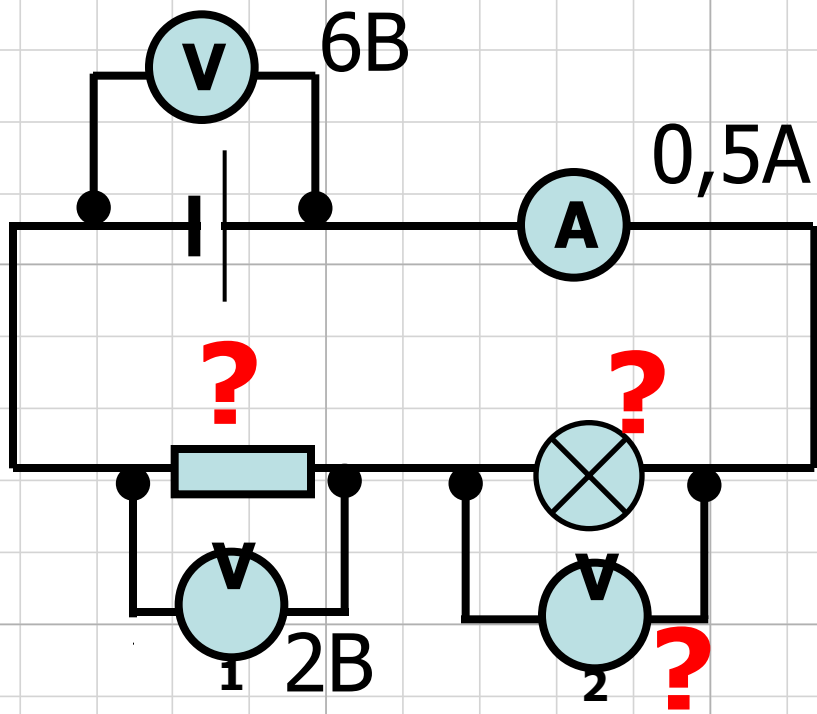
$$R_{L1} = \frac{U_1}{I} = \frac{110}{2} = 55 \text{ Ом}$$



$$U = 8B$$



$$U_1 = 4B$$



$$U_2 = 4B$$

$$R_{\text{л}} = 80\text{M}$$

$$R_1 = 40\text{M}$$

$$R = R_1 + R_{\text{л}} = 120\text{M}$$

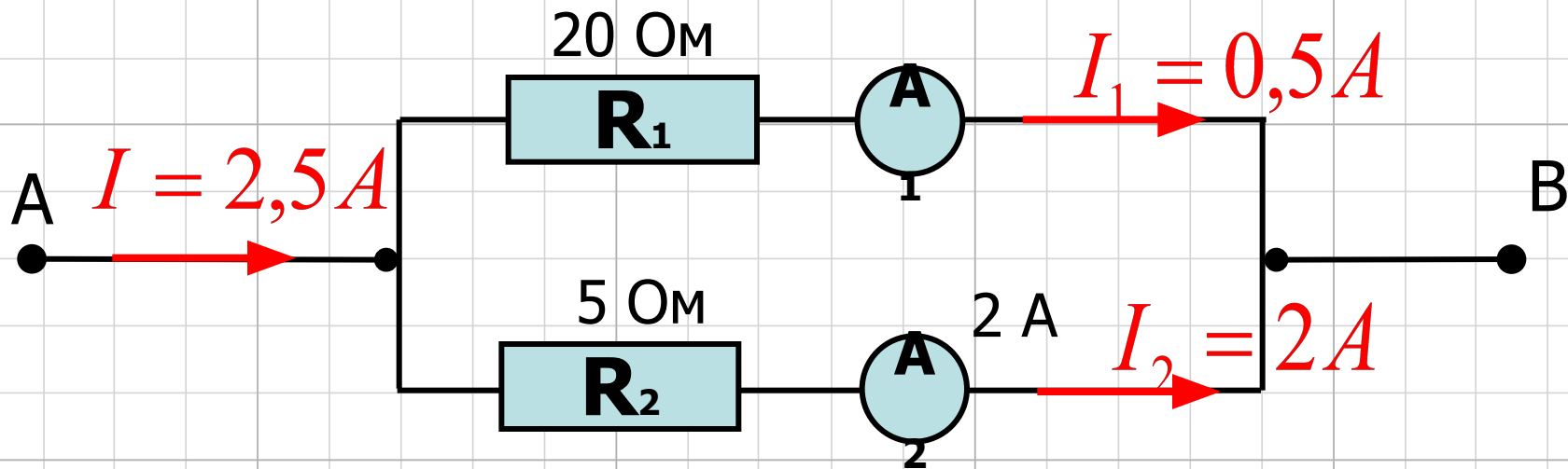
Сколько лампочек, рассчитанных на 4В, нужно взять, чтобы сделать гирлянду (напряжение в сети 220В)?



$$N = \frac{U}{U_l} = 55$$

Что произойдет если одна лампочка в гирлянде перегорит?

Определить напряжение и силу тока на участке АВ.
Найти общее сопротивление



$$U_{AB} = U_1 = U_2 = I_2 R_2 = 10 \text{ В}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 0,5 \text{ А}$$

$$I = I_1 + I_2 = 2,5 \text{ А}$$

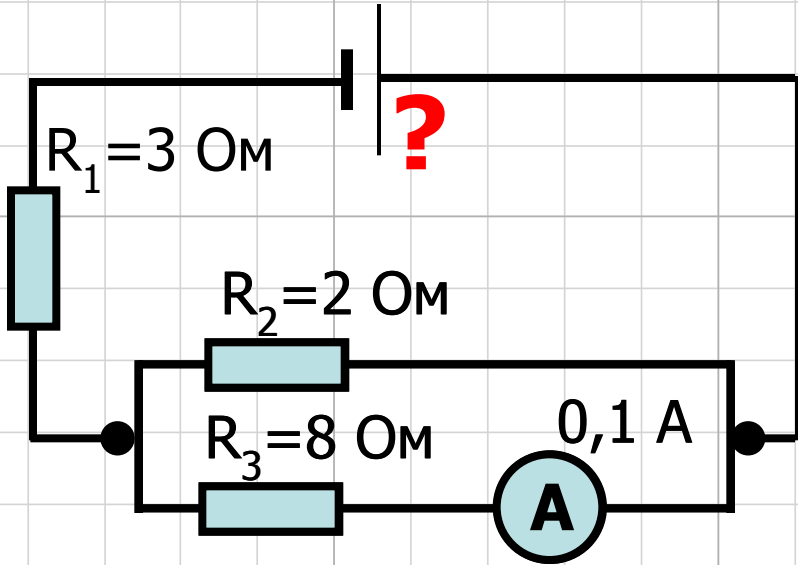
$$R = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{10 \text{ В}}{2,5 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}$$

или

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{5} = \frac{1}{4}$$

$$R = 4 \text{ Ом}$$

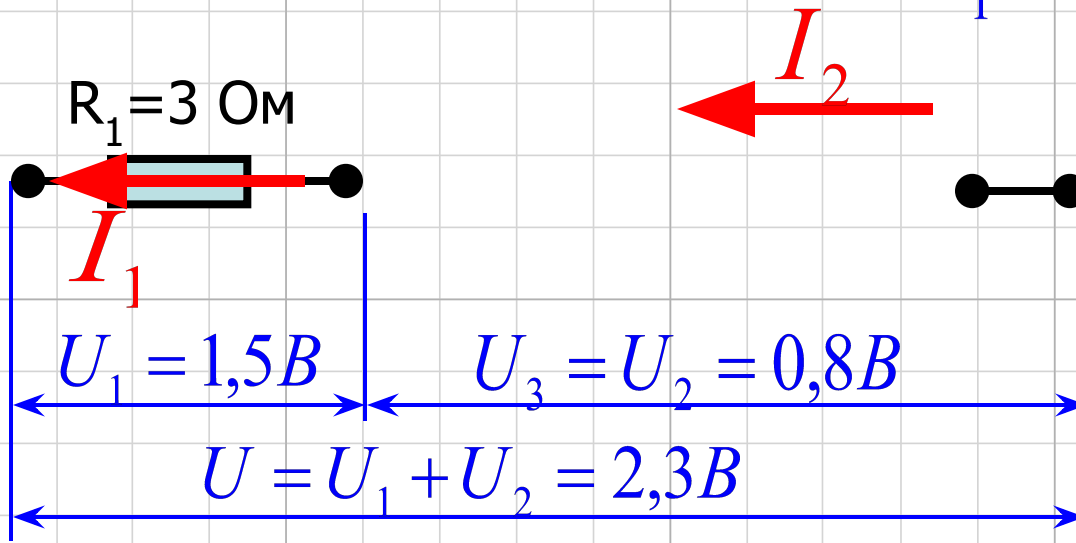
Чему равно напряжение источника, питающего цепь?



$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ A}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,1 + 0,4 = 0,5 \text{ A}$$

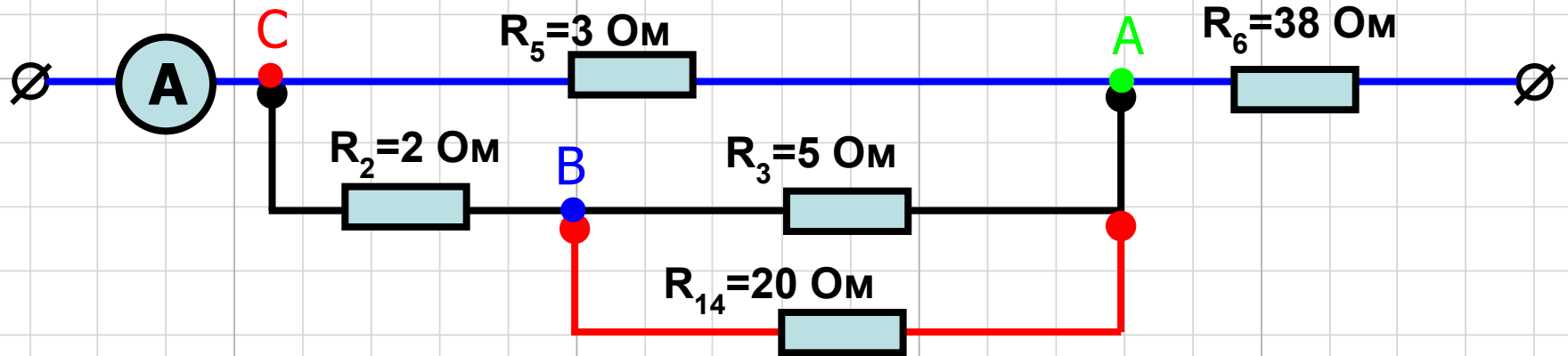
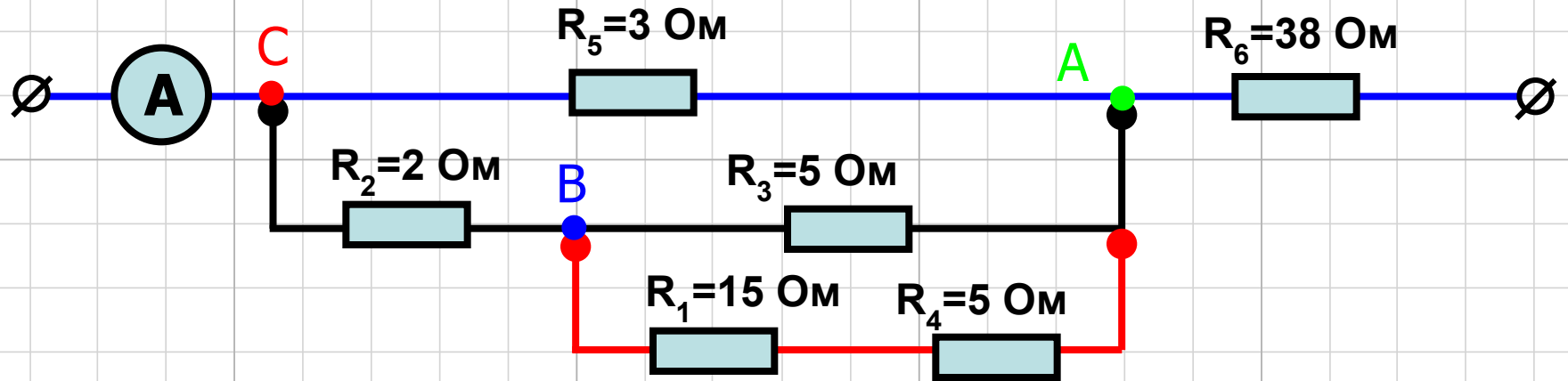
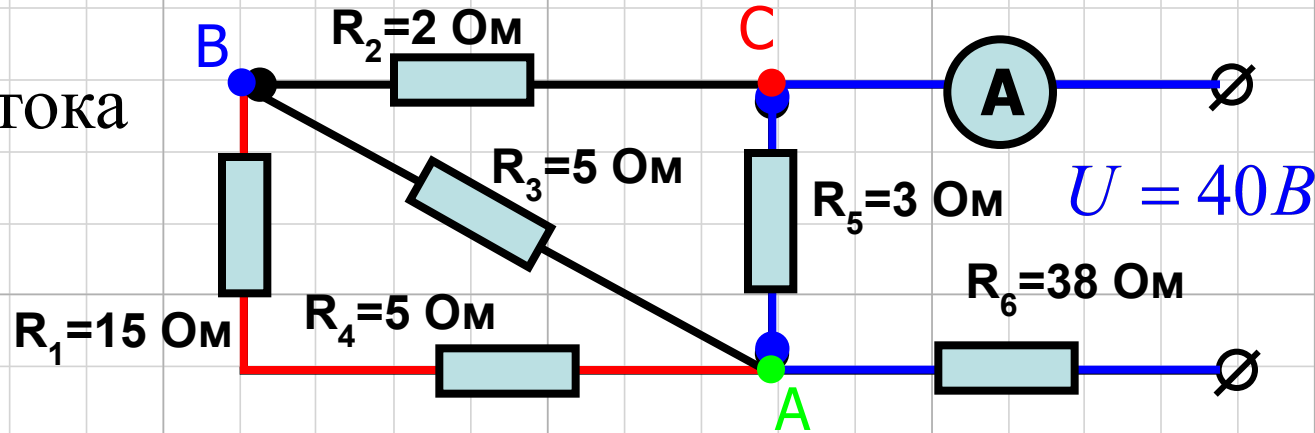
$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ B}$$

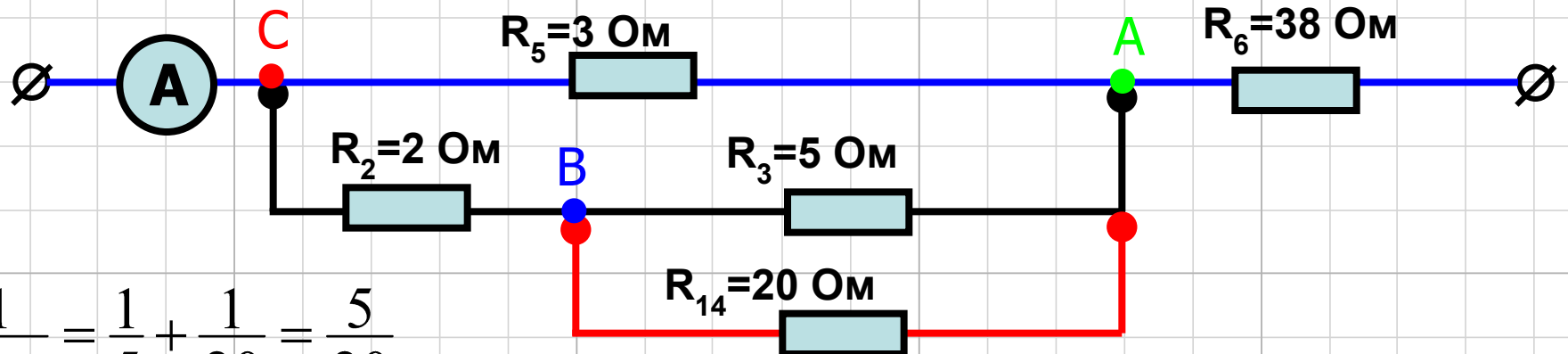


Ответ: $U = 2,3 \text{ B}$

Чому равна сила тока
амперметра?

$$U = 40 \text{ В}$$





$$\frac{1}{R_{143}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{5}{20}$$

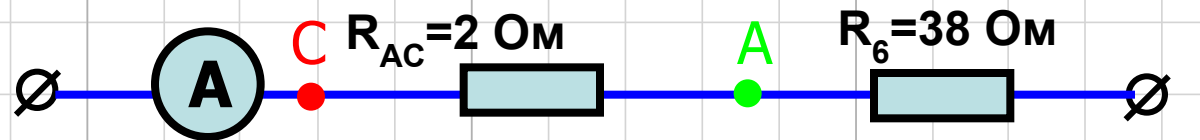
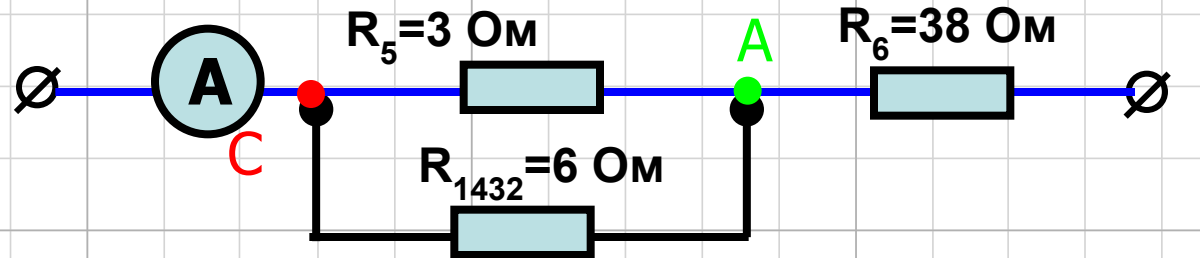
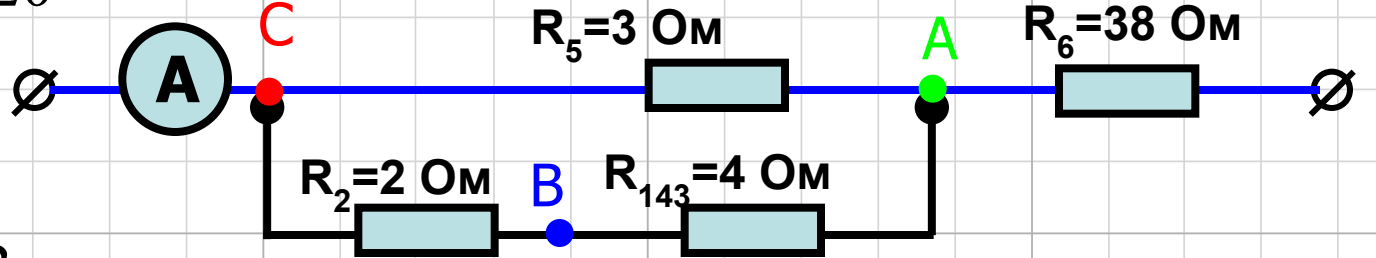
$$R_{143} = 4 \text{ Ohm}$$

$$\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6}$$

$$R_{AC} = 2 \text{ Ohm}$$

$$R = 40 \text{ Ohm}$$

$$I = 1 \text{ A}$$



Работа и мощность электрического тока

Работа электрического тока равна произведению напряжения, силы тока в цепи и времени его прохождения.

$$A = I^2 R t = P t = I U t.$$

Мощностью называется работа, производимая (или потребляемая) в 1 с.

$$P = A/t = U q/t = U I = I^2 R.$$

Единицей измерения мощности является ватт (Вт).

Для измерения мощности электрического тока применяется прибор, называемый **ваттметром**.

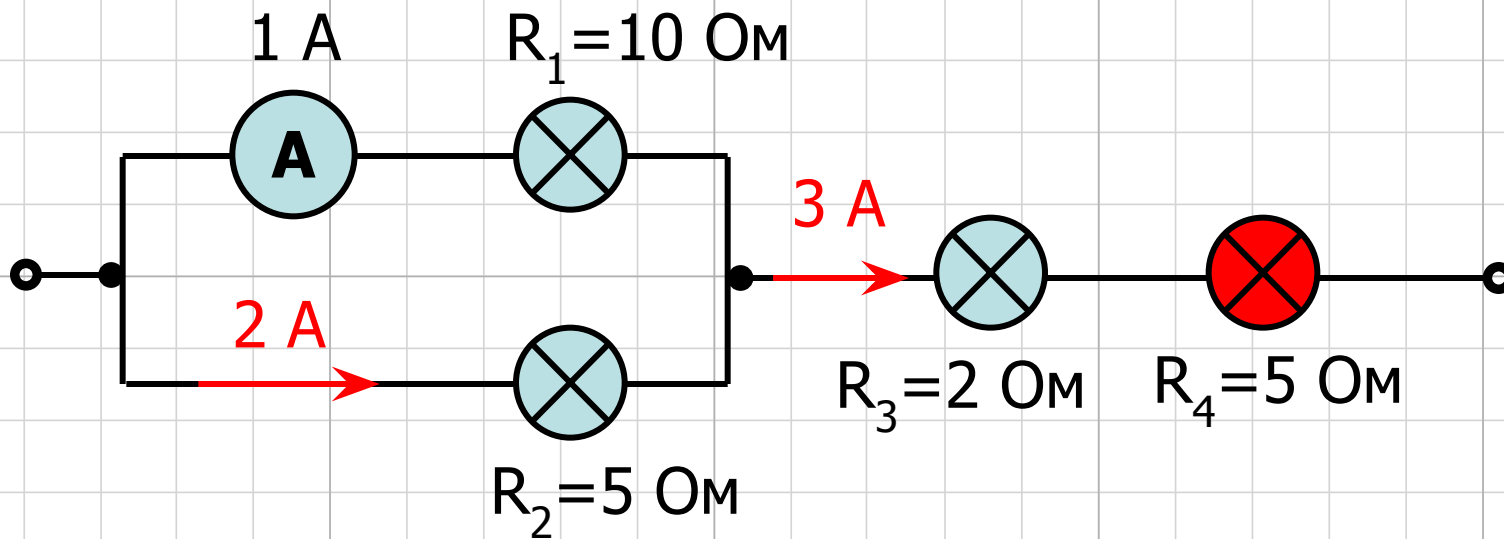
Коэффициент полезного действия

Для оценки источника или приемника электрической энергии служит **коэффициент полезного действия** (КПД), равный отношению полезной мощности источника или приемника к мощности, потребляемый им:

$$\eta = P_2 / P_1$$

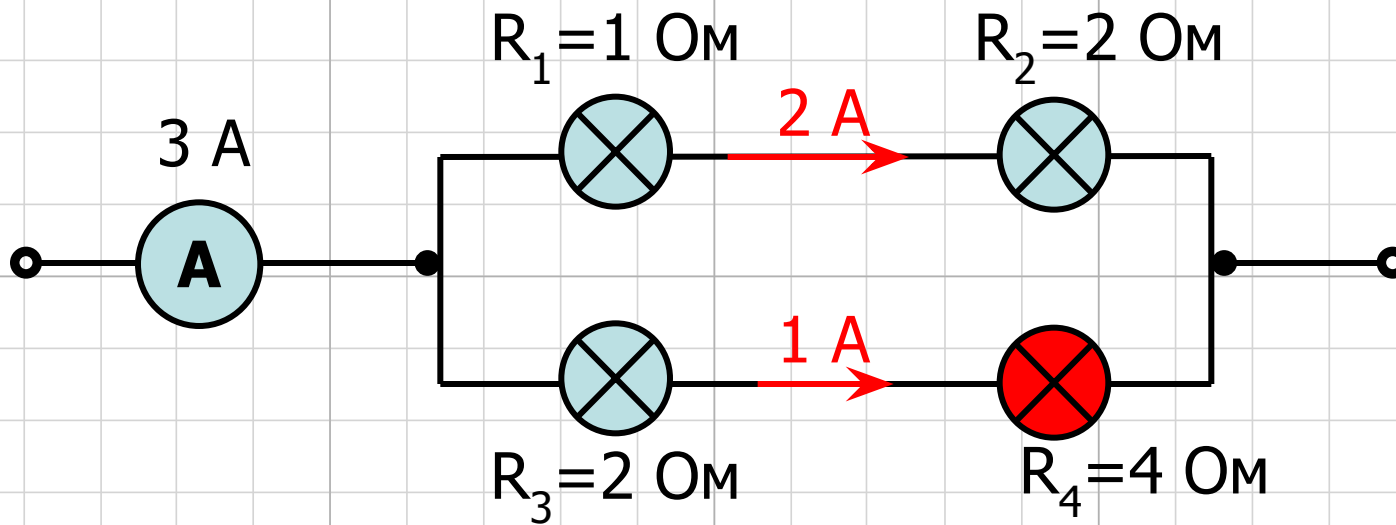
Где P_2 – мощность, отдаваемая источником (полезная мощность);
 P_1 – мощность, получаемой из вне (потребляемой).

Определить мощность,
потребляемую четвертой лампой



$$P_4 = I^2 R = (3 \text{ A})^2 \cdot 5 \text{ Ом} = 45 \text{ Вт}$$

Определить мощность,
потребляемую четвертой лампой



$$P_4 = I_4^2 R_4 = (1 \text{ A})^2 \cdot 4 \text{ Ohm} = 4 \text{ Вт}$$

Источники электрической энергии.

Источники электрической энергии являются преобразователями различных видов энергии в электрическую:

- 1) химические источники энергии;
- 2) электромашинные генераторы;
- 3) фотоэлектрические источники;
- 4) источники термоЭДС.

Способы соединения источников.

Соединение источников может быть:

- 1) последовательным – для повышения напряжения питания;
- 2) параллельным – для повышения мощности источника;
- 3) групповым – для повышения и напряжения и мощности.

Понятие электрической цепи

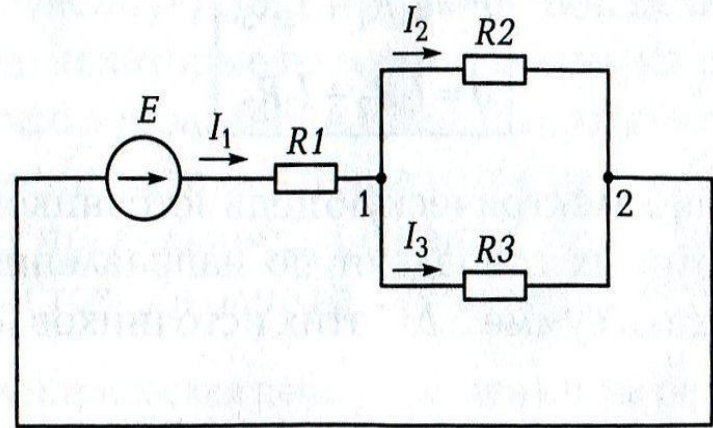
Электрическая цепь – это совокупность устройств, образующих замкнутый путь для электрического тока. Основными элементами ее должны быть:

- источники электрической энергии;
- приемники электрической энергии;
- соединительные провода.

Ветвь электрической цепи – это участок цепи, вдоль которого проходит один и тот же ток и который состоит из последовательно соединенных элементов (резисторов, источников ЭДС и т.д.).

Узел электрической цепи – это место соединения трех и более ветвей.

Контур электрической цепи – это любой замкнутый путь, который можно обойти, перемещаясь по нескольким ее ветвям.



ЭЦ состоит – три ветви, два узла, три контура.

Законы Кирхгофа

Первый закон (правило) Кирхгофа – алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю:

$$\sum I = 0.$$

Второй закон (правило) Кирхгофа – алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжения в замкнутом контуре электрической цепи:

$$\sum E = \sum U = \sum IR.$$

Закон сохранения энергии (баланс мощностей) – электрическая энергия (мощность), вырабатываемая источниками, равна энергии (мощности), потребляемое нагрузкой:

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{нагр}}$$

Законы Кирхгофа используют для расчета электрической цепи, а закон сохранения энергии – как правило, для проверки правильности расчетов.

Расчет сложной электрической цепи

1. Условно задают направления токов на различных участках цепи.
2. Определяют число уравнений. Если известны ЭДС и резисторы цепи, число уравнений должно быть равно числу неизвестных токов.
3. Составляют уравнения по 1-му закону Кирхгофа. Число уравнений на единицу меньше числа узлов. Остальные уравнения составляют по 2-му закону Кирхгофа.
4. Намечают контура, направления обхода этих контуров и составляют уравнения по 2-му закону Кирхгофа.
5. Решают полученную систему уравнений. Если в результате решения уравнений некоторые из токов получились отрицательными, то необходимо изменить направление токов на схеме.
6. Проверяют правильность расчета по закону сохранения баланса мощностей.

