

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

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

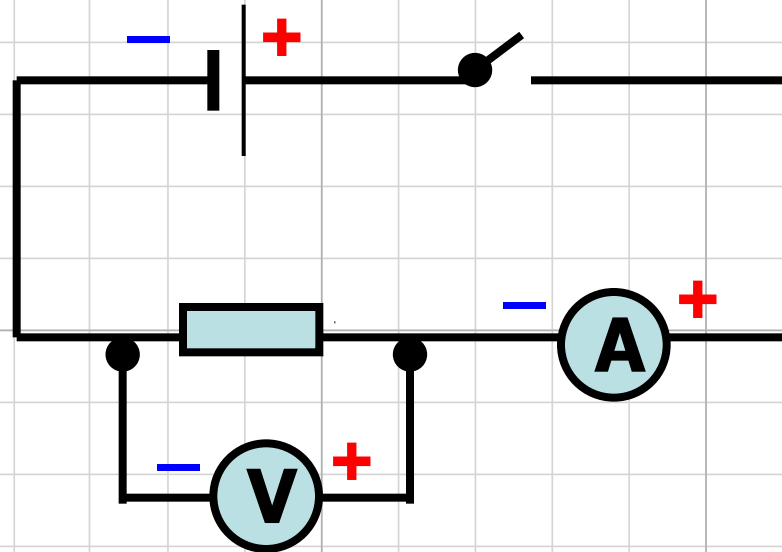
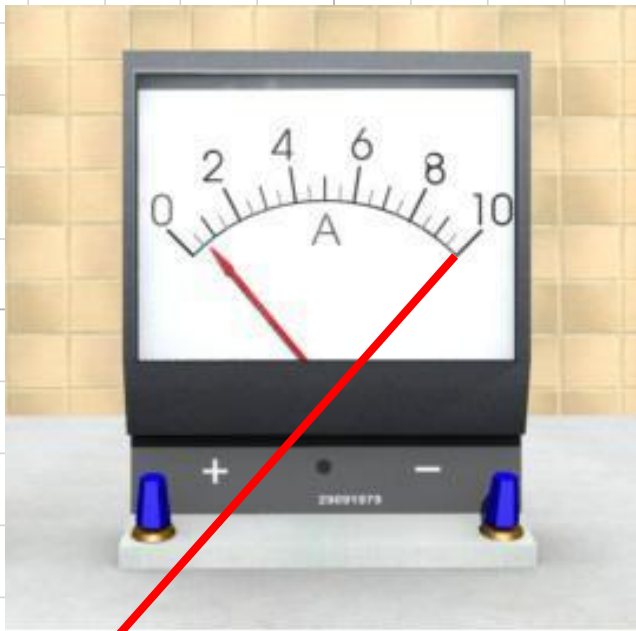
Ток, не изменяющийся по величине и направлению, называется **постоянным током**. Постоянный ток дают гальванические элементы, аккумуляторы, генераторы постоянного тока.

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).

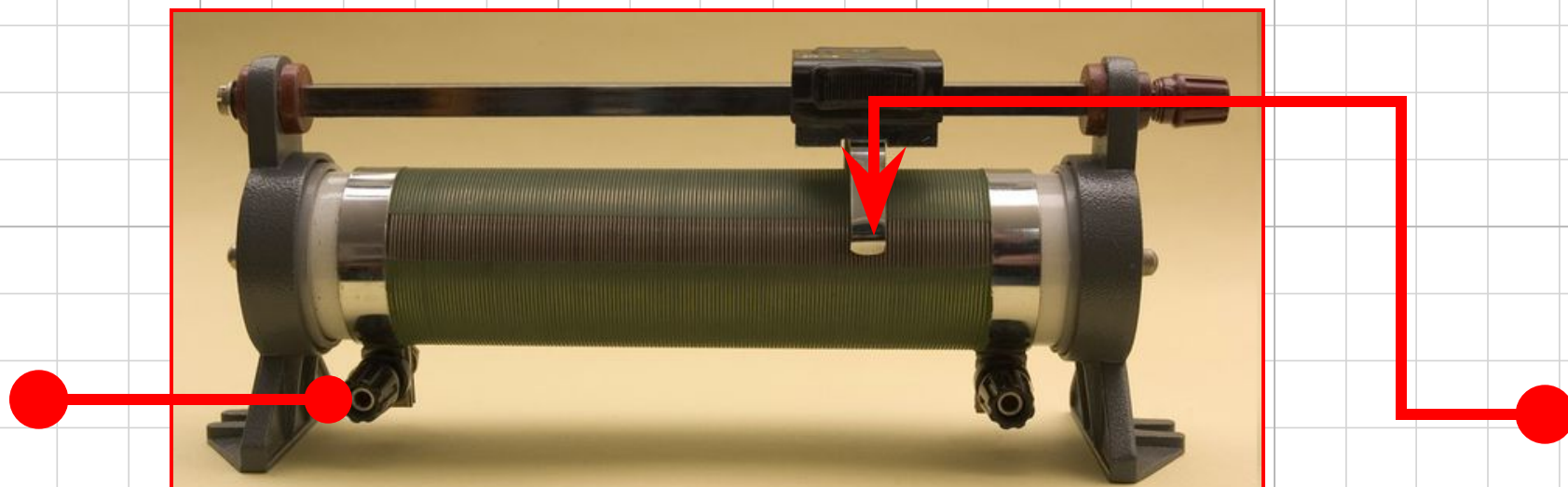
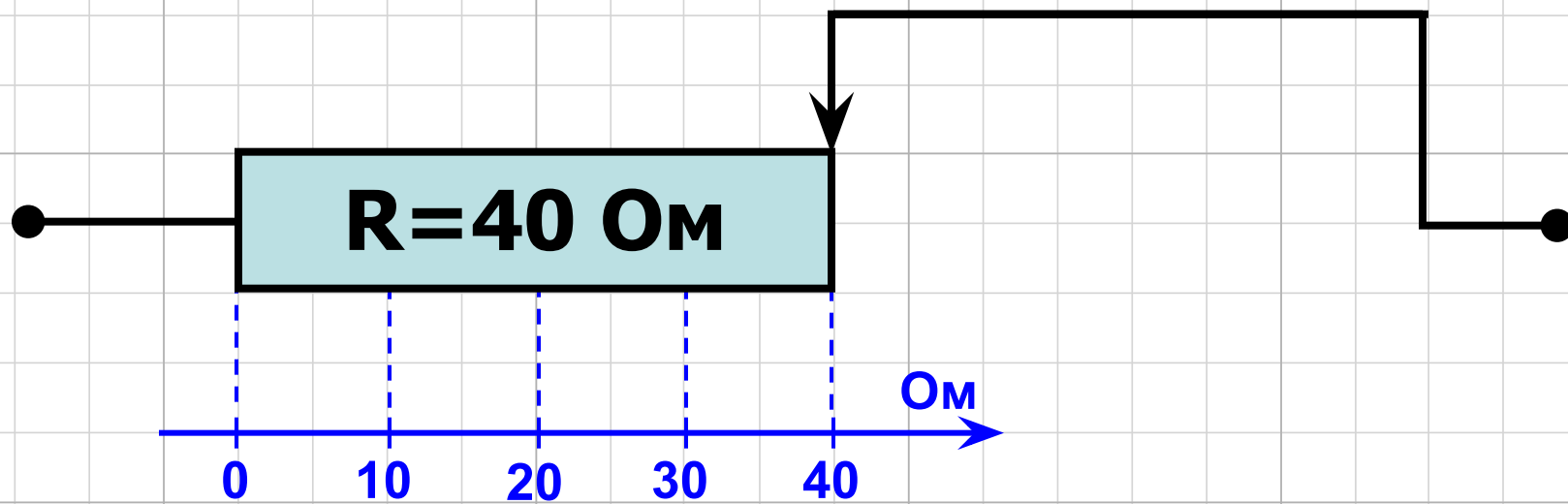
Способность проводника пропускать электрический ток характеризуется **проводимостью**.

Проводимость G называется величина, обратная сопротивлению R :

$$G = 1/R.$$

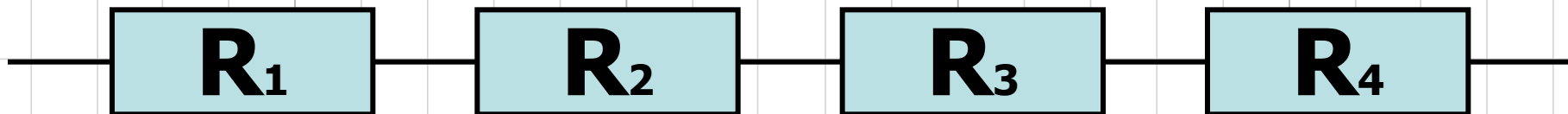
Проводимость G измеряется в сименсах (См).

Реостат

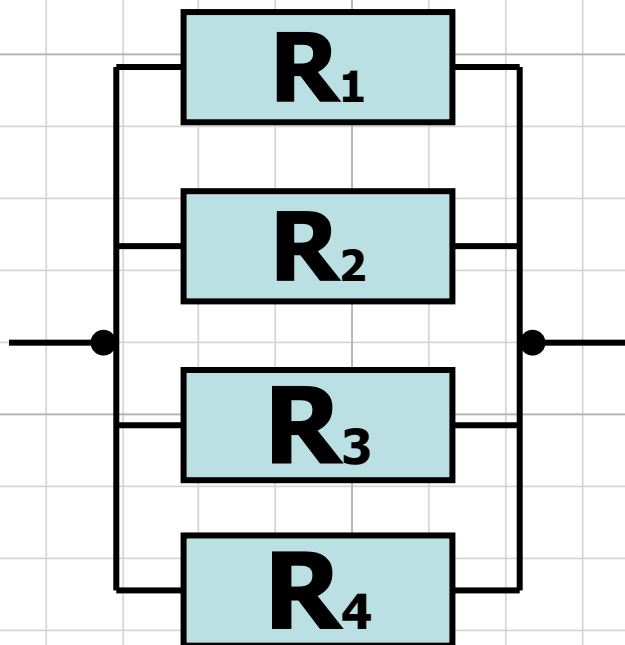


Соединение проводников

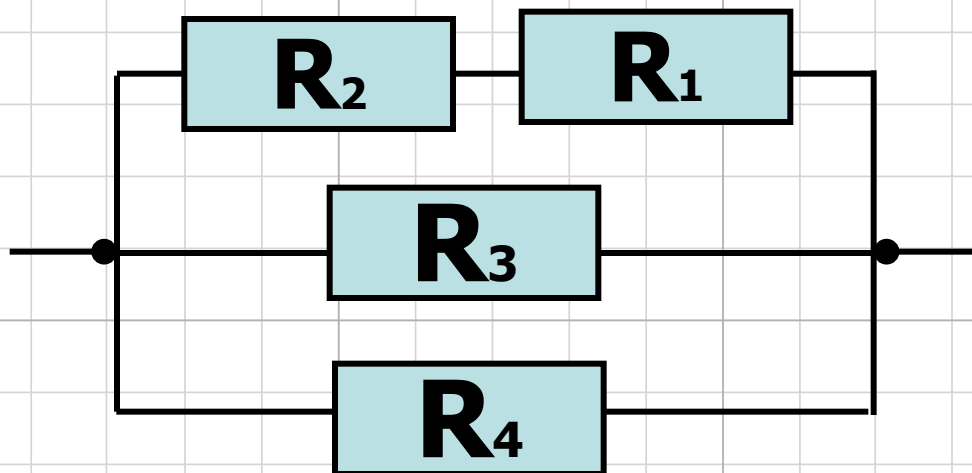
последовательное



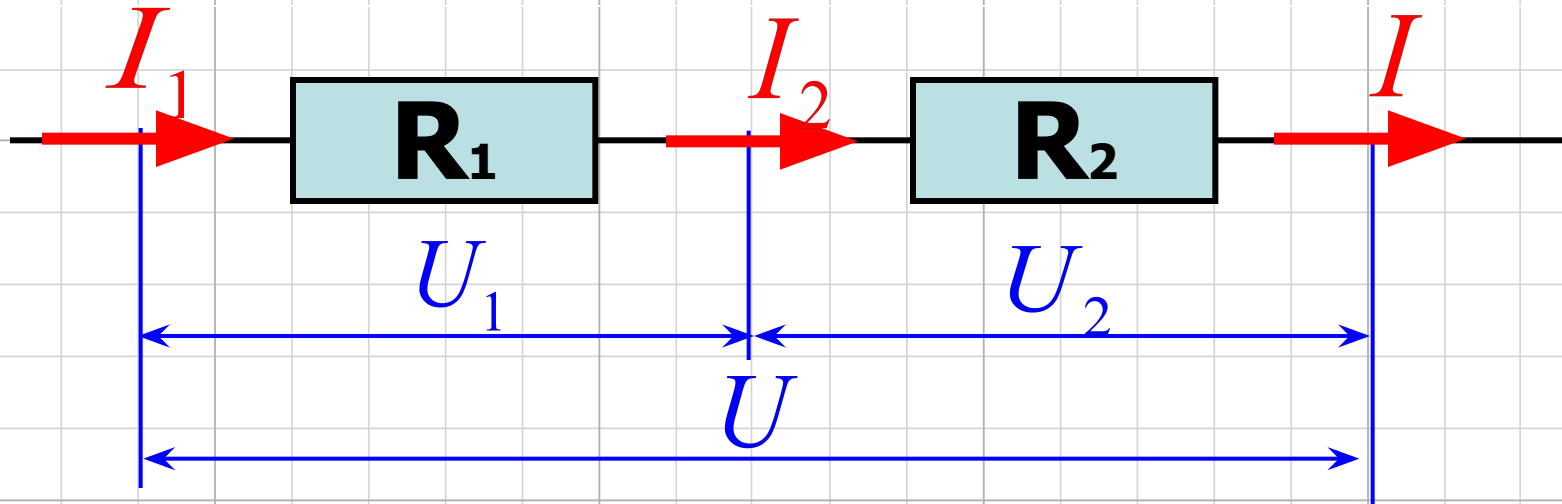
параллельное



смешанное



Последовательное соединение



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

$$R = R_1 + R_2$$

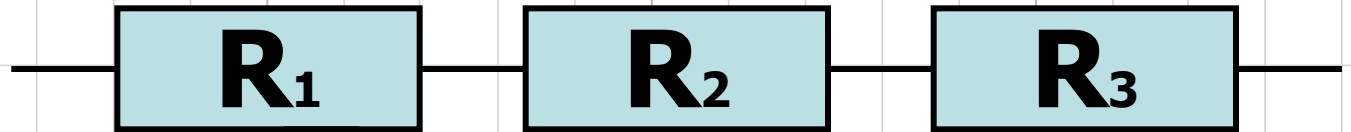
Найти общее сопротивление участка цепи

$$R_1 = 7,3 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 2,7 \text{ Ом}$$

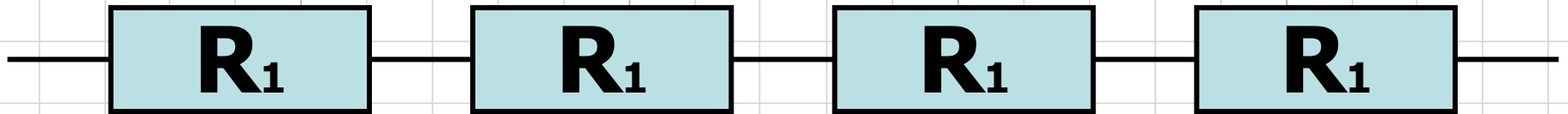
$$R_3 = 8,9 \text{ Ом}$$

$R = ?$



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

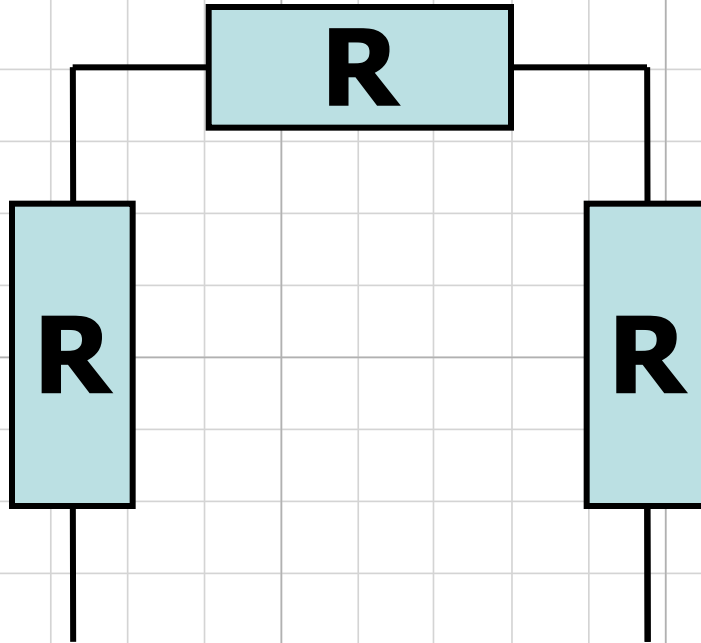
n – одинаковых проводников



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

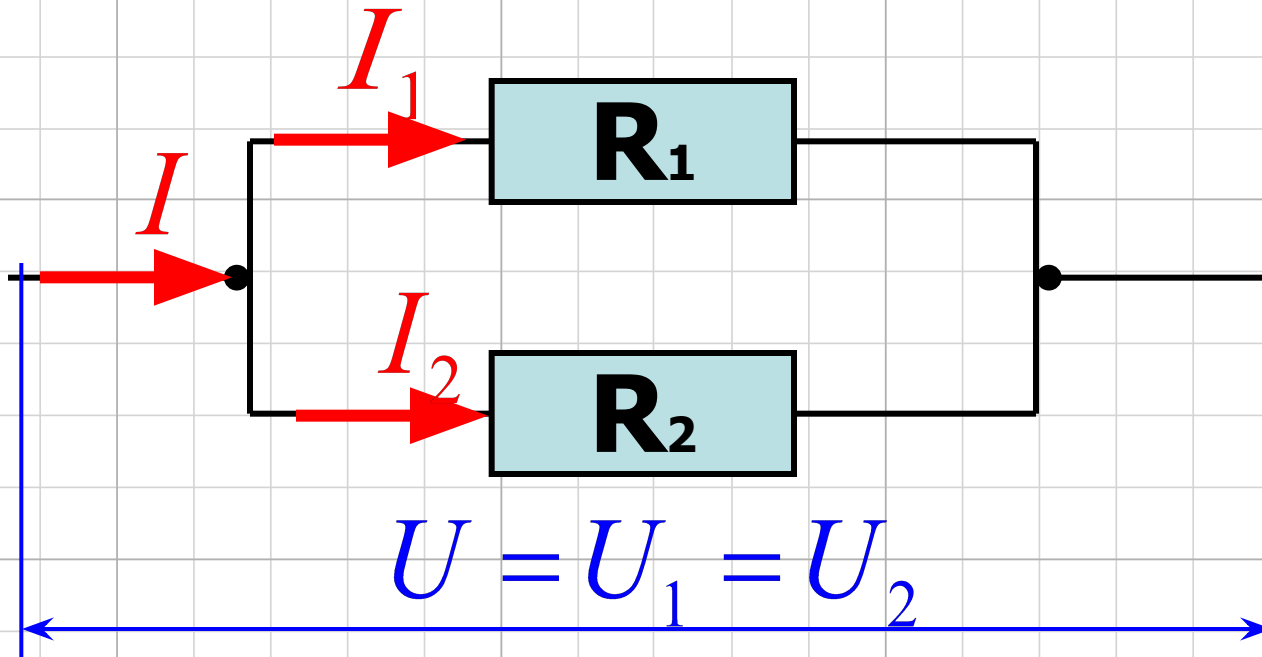
$$R = nR_1$$

Вычислить общее сопротивление, если сопротивление каждого резистора 10 Ом



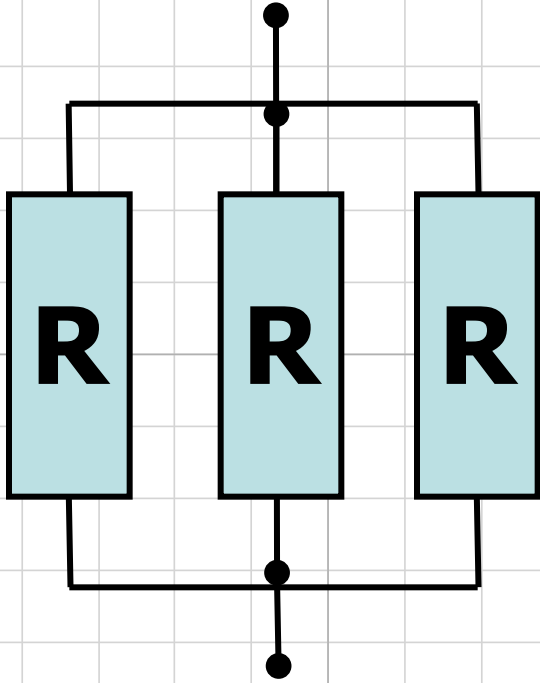
$$R = 30 \text{ Ом}$$

Параллельное соединение



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

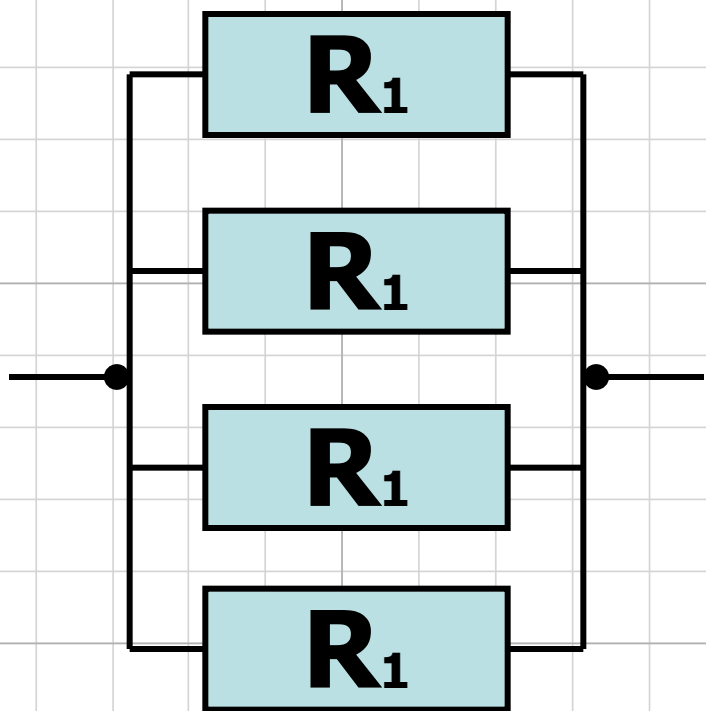
Вычислить общее сопротивление, если сопротивление каждого резистора 30 Ом



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

$$R_o = \frac{R}{3} = 10 \text{ Ом}$$

n – одинаковых проводников



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

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

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

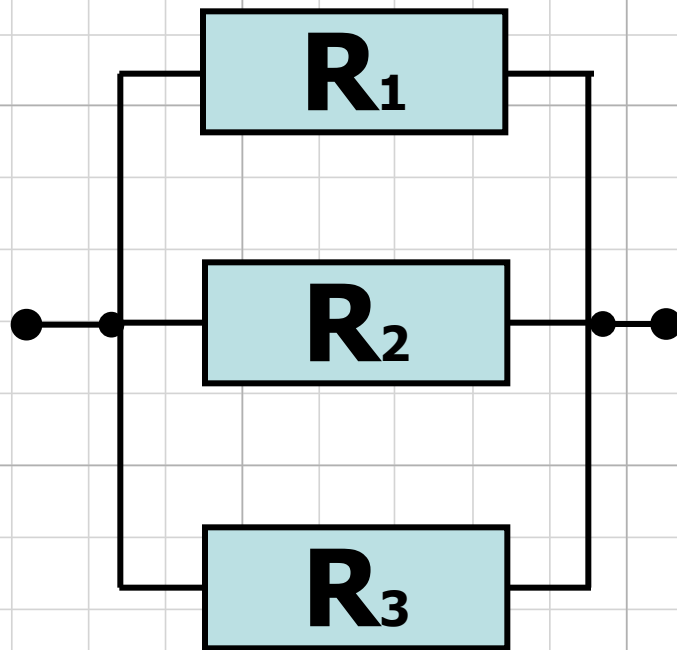
Найти общее сопротивление участка цепи

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом}$$

$R = ?$



$$R = 3 \text{ Ом}$$

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

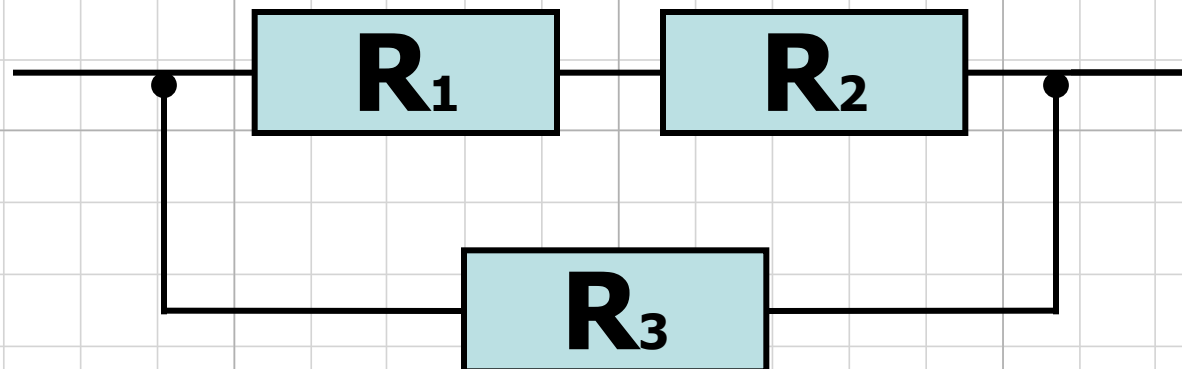
Найти общее сопротивление

$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 2 \text{ Ом}$$

R-?



$$R_{12} = 8 \text{ Ом}$$

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

$$\mathbf{R = 1,6 \text{ Ом}}$$

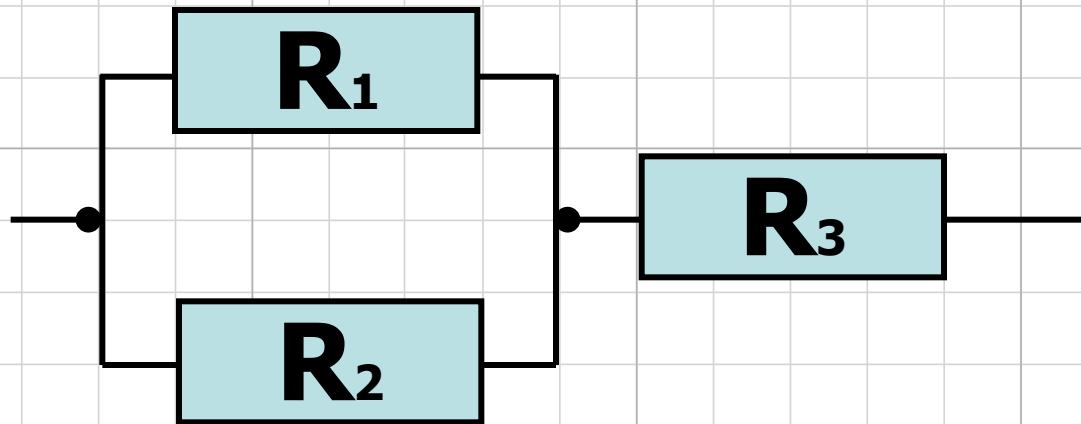
Найти общее сопротивление

$$R_1 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 5 \text{ Ом}$$

$R = ?$



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

$$R_{12} = 4 \text{ Ом}$$

$$R = R_{12} + R_3 = 9 \text{ Ом}$$

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.

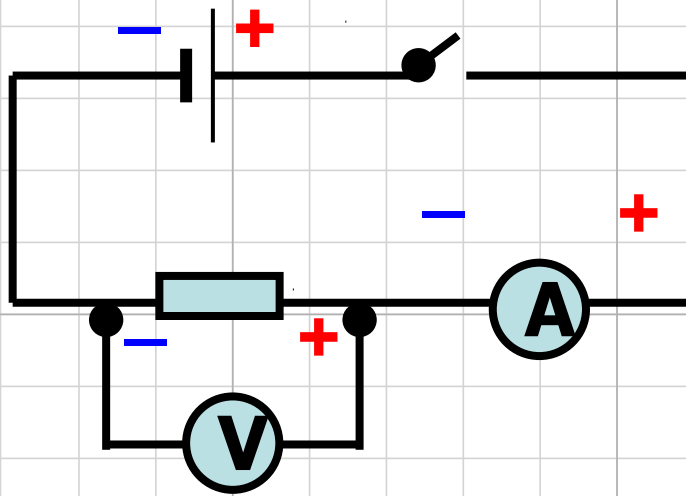
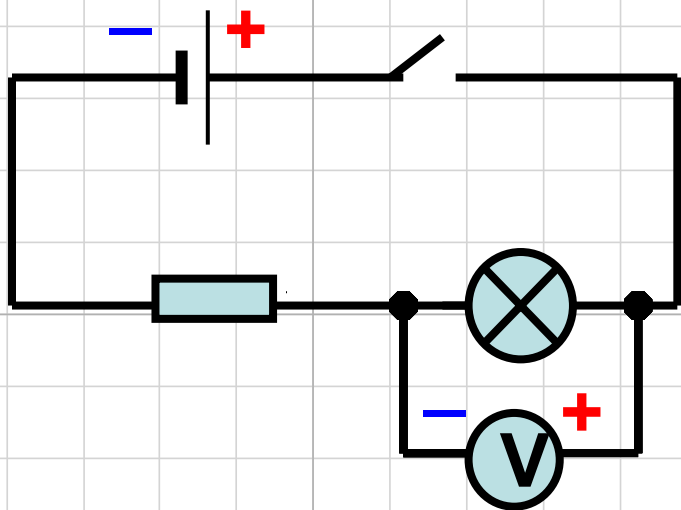
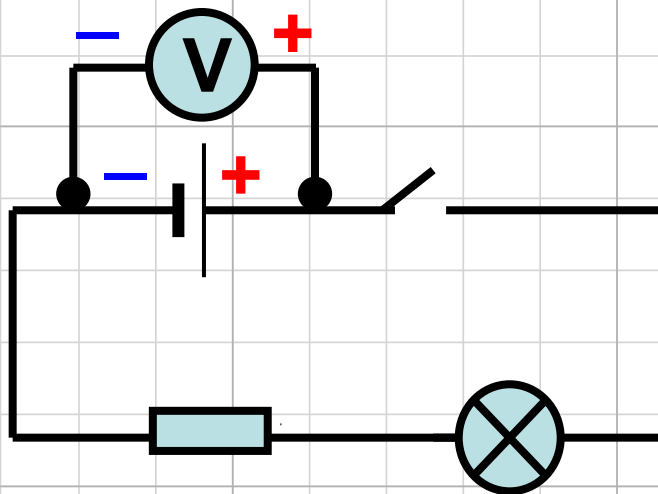
Единицей измерения напряжения является вольт (В).

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).

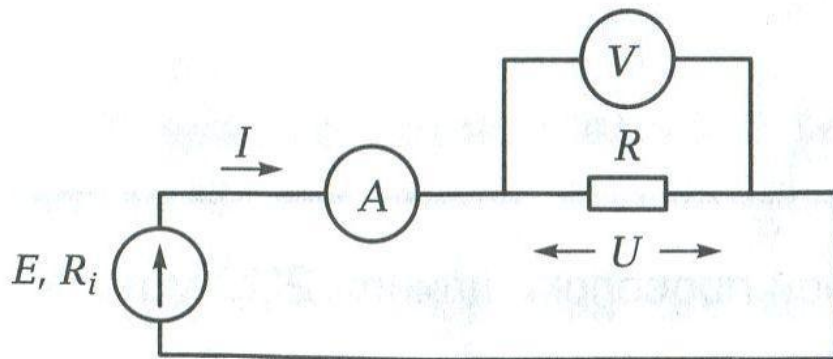
Закон Ома

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.

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

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

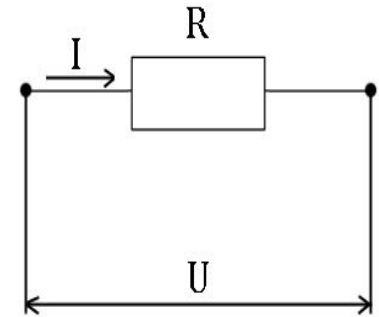


где: E – ЭДС, R - сопротивление цепи,
 r – внутреннее сопротивление источника, которое зависит от параметров самого источника.

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 - ?

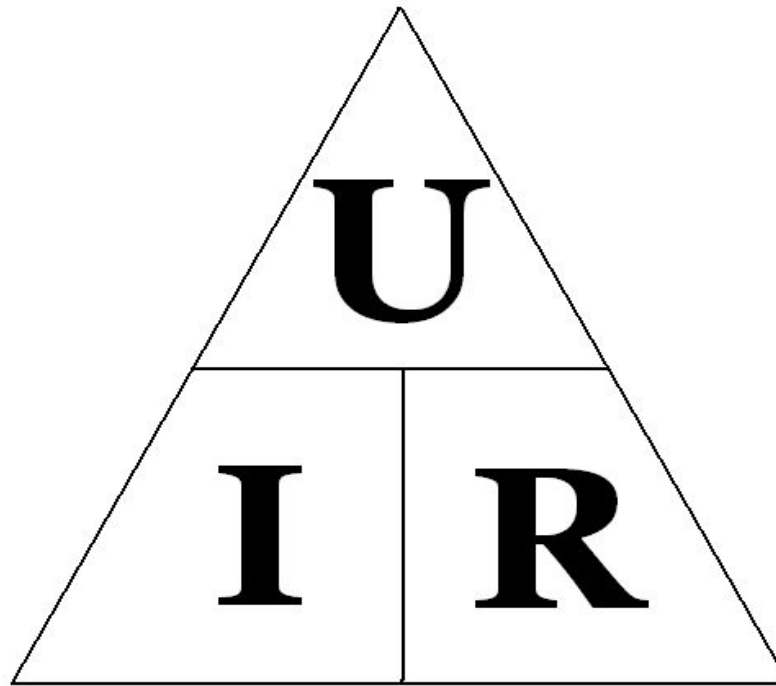
Решение

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

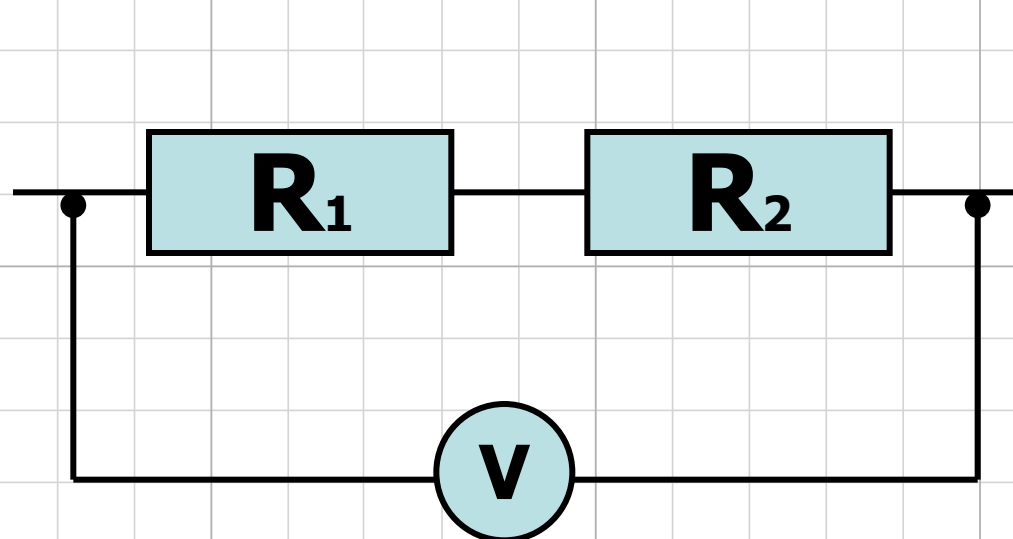
Для лучшего запоминания закона Ома существует **мнемоническая диаграмма**. Пользоваться этой диаграммой очень просто. Достаточно *закрыть* искомую величину и две другие укажут, как её *найти*.

Определить силу тока в цепи

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 8 \text{ Ом}$$

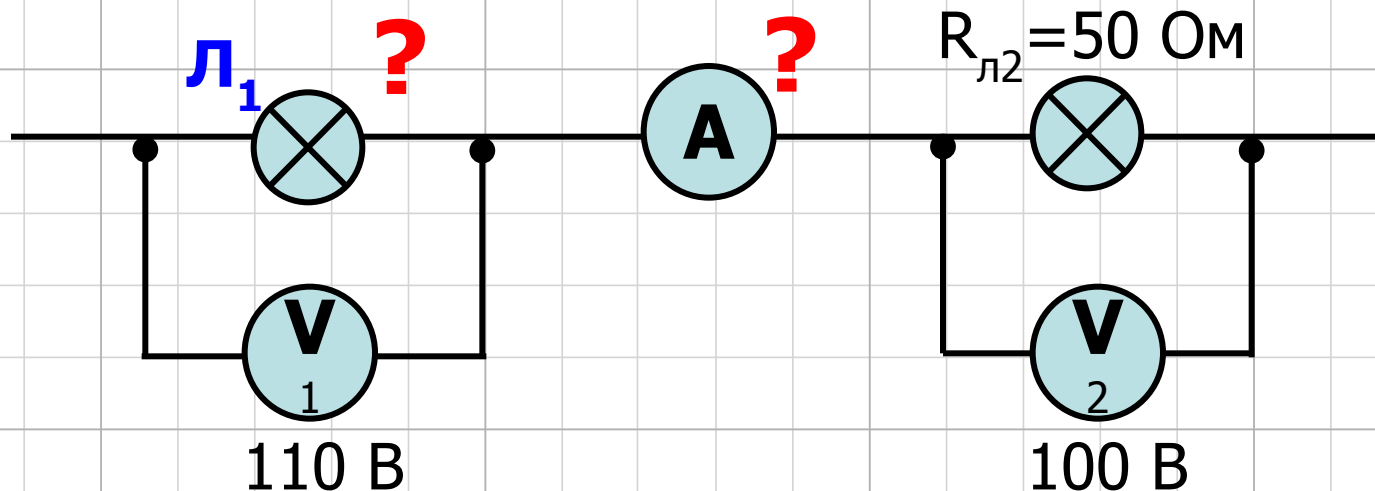
$$U = 26 \text{ В}$$



I-?

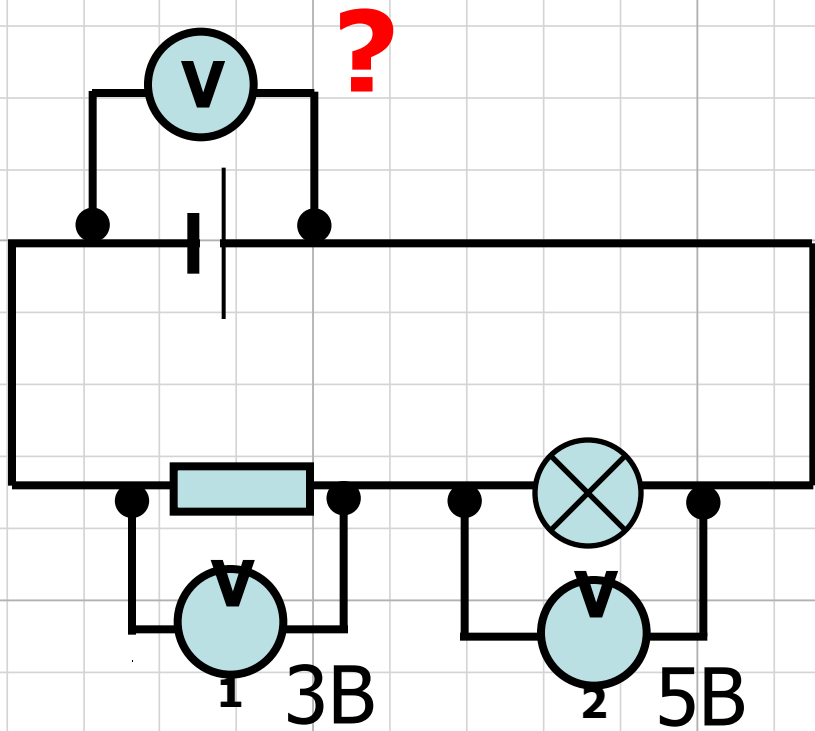
$$I = \frac{26}{5 + 8} = 2 \text{ A}$$

Определить показания амперметра и сопротивление первой лампы

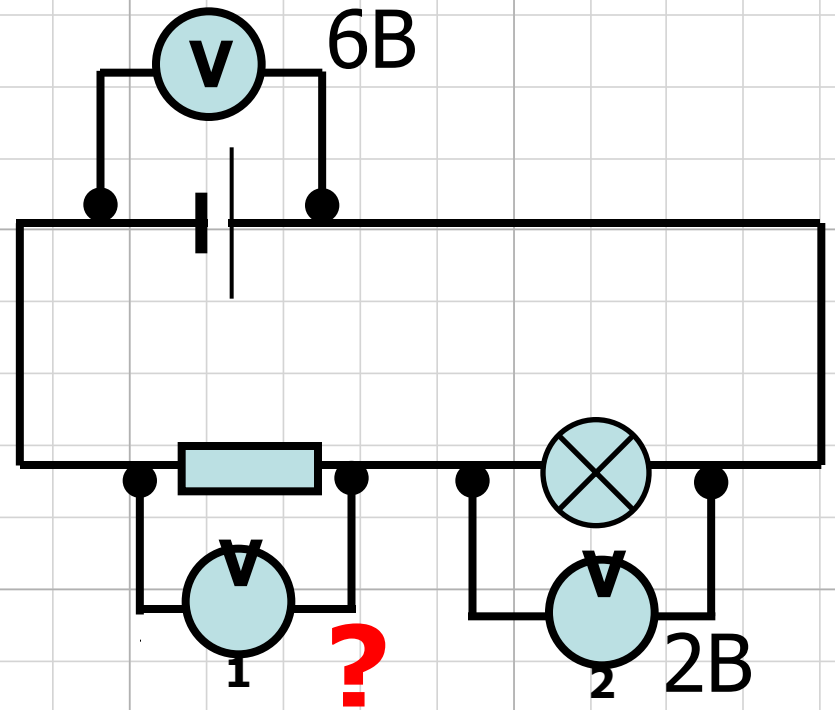


$$I = \frac{U_2}{R_{л2}} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

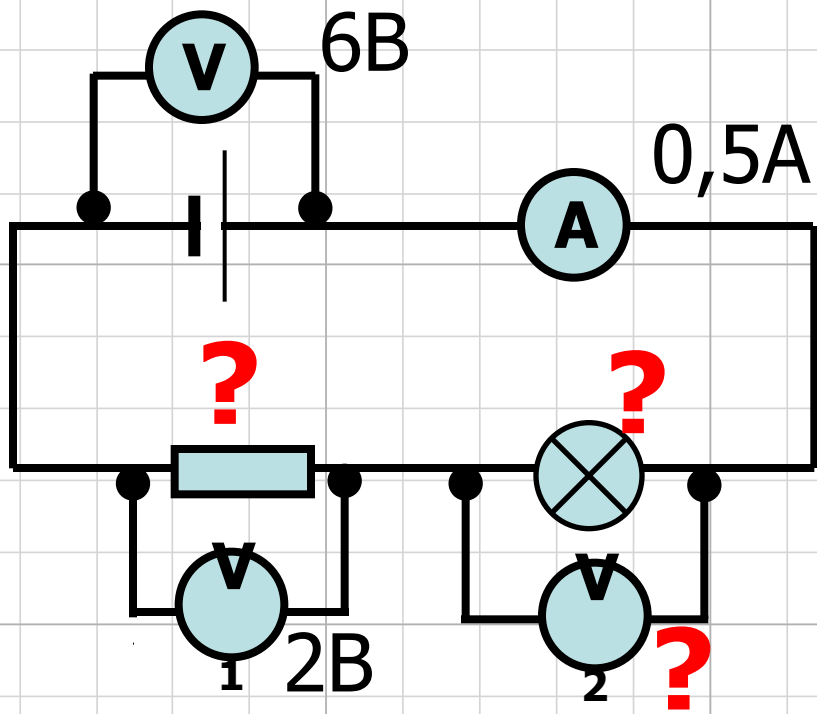
$$R_{л1} = \frac{U_1}{I} = \frac{110}{2} = 55 \text{ Ом}$$



$$U = 8B$$



$$U_1 = 4B$$



$$U_2 = 4B$$

$$R_{\text{л}} = 80\text{M}$$

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

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

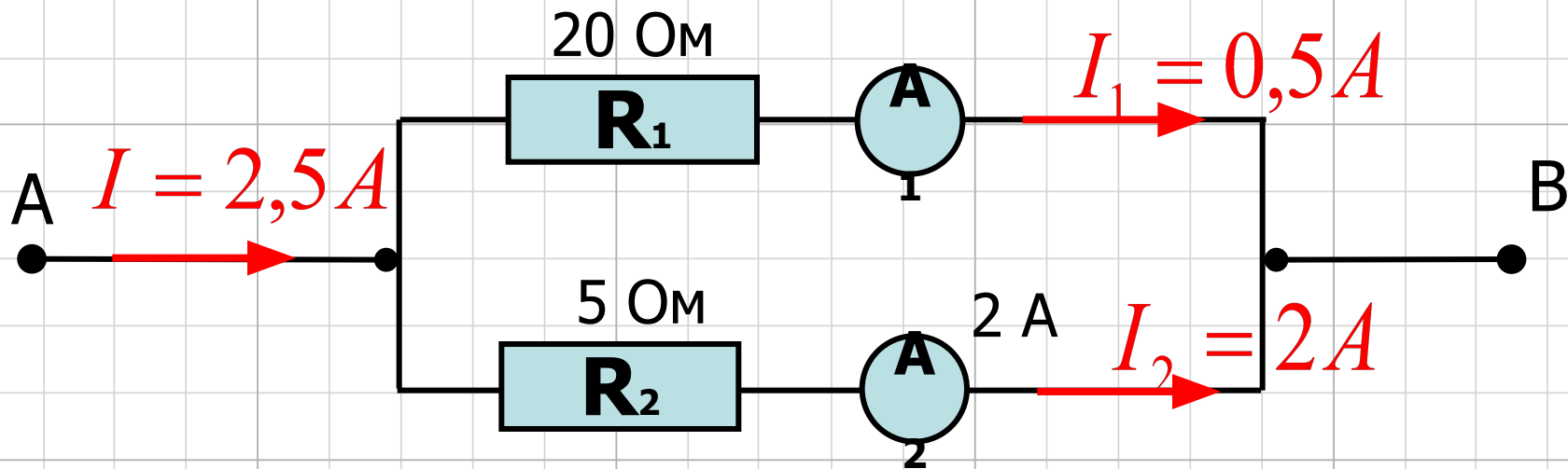
Сколько лампочек, рассчитанных на 4В, нужно взять, чтобы сделать гирлянду (напряжение в сети 220В)?



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

Что произойдет если одна лампочка в гирлянде перегорит?

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



$$U_{AB} = U_1 = U_2 = I_2 R_2 = 10 B$$

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

$$I = I_1 + I_2 = 2,5 A$$

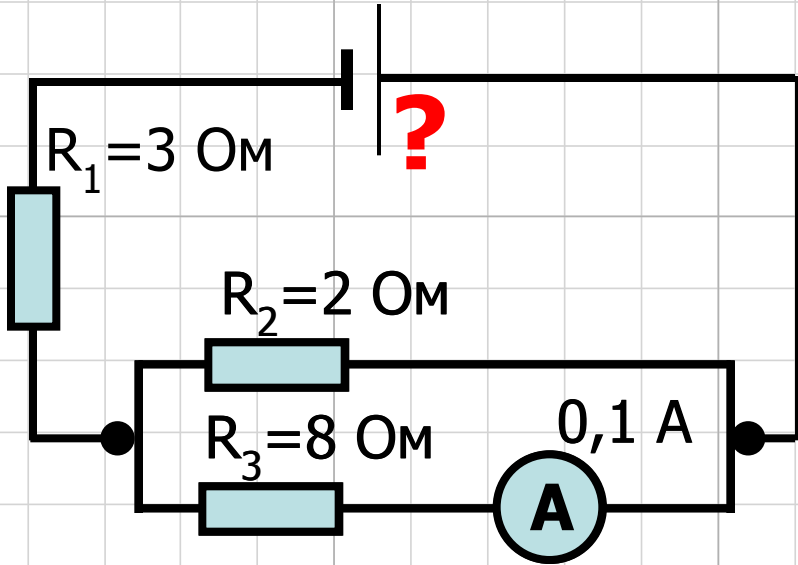
$$R = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{10 B}{2,5 A} = 4 \text{ Ом}$$

или

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

$$R = 4 \text{ Ом}$$

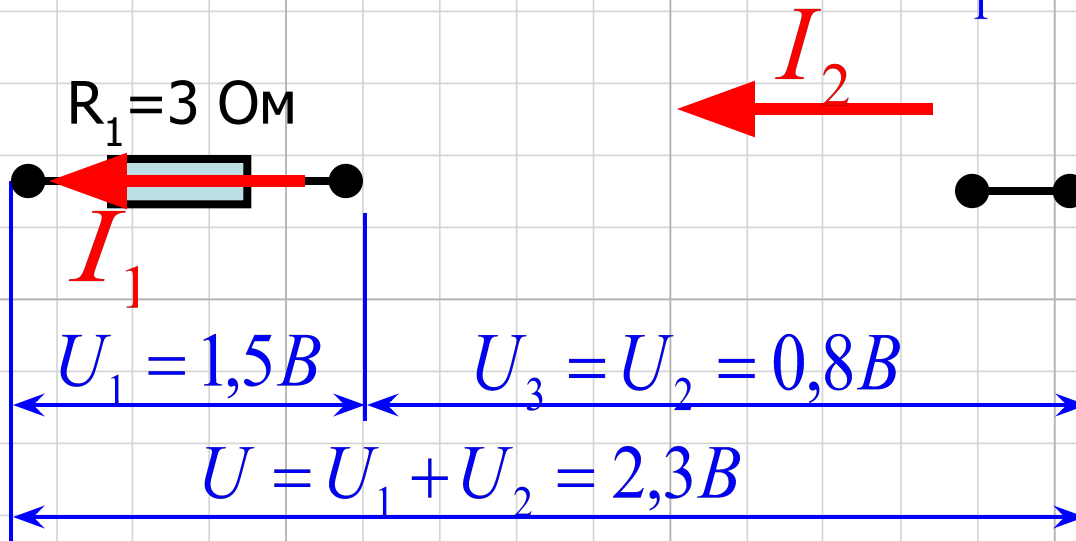
Чему равно напряжение источника, питающего цепь?



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

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,1 + 0,4 = 0,5 A$$

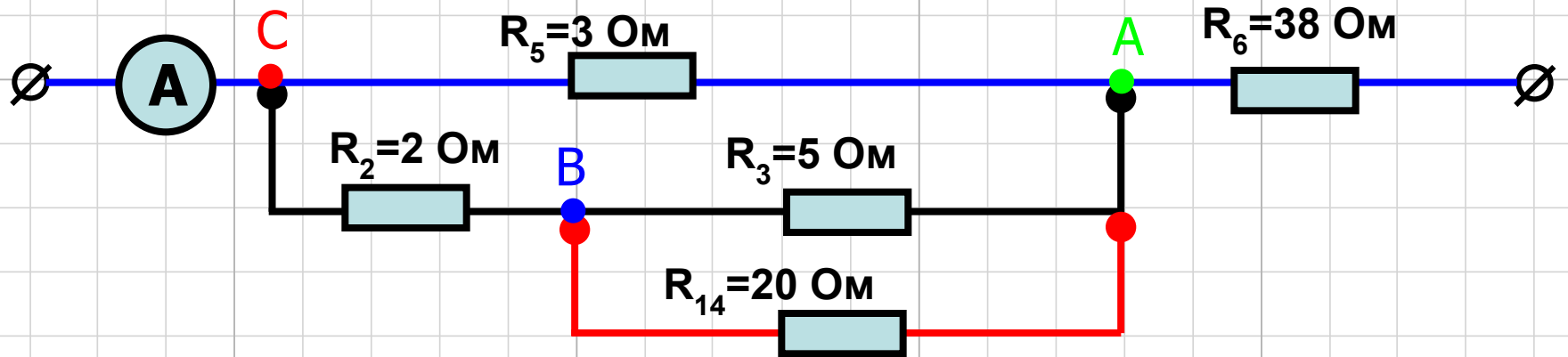
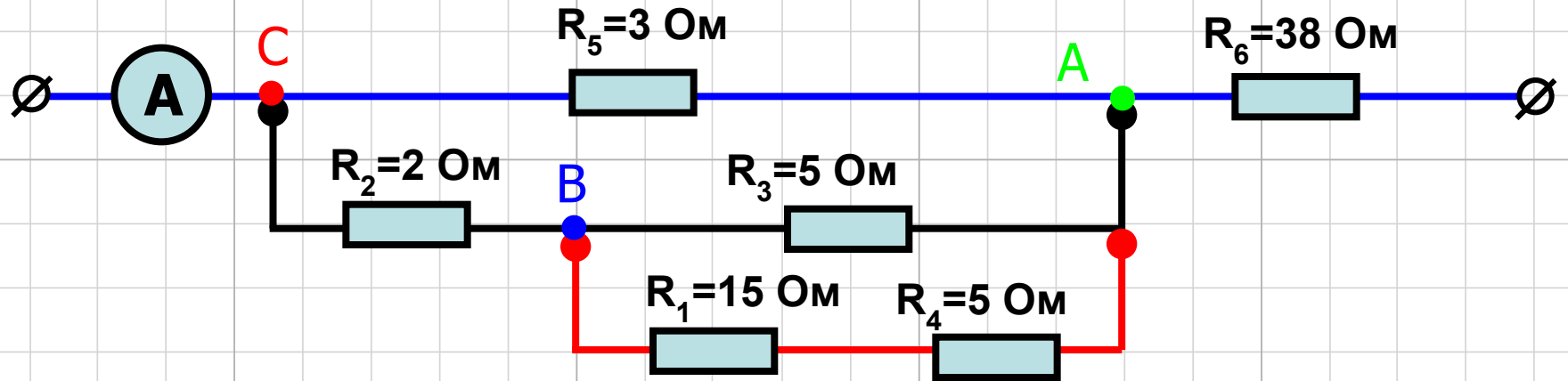
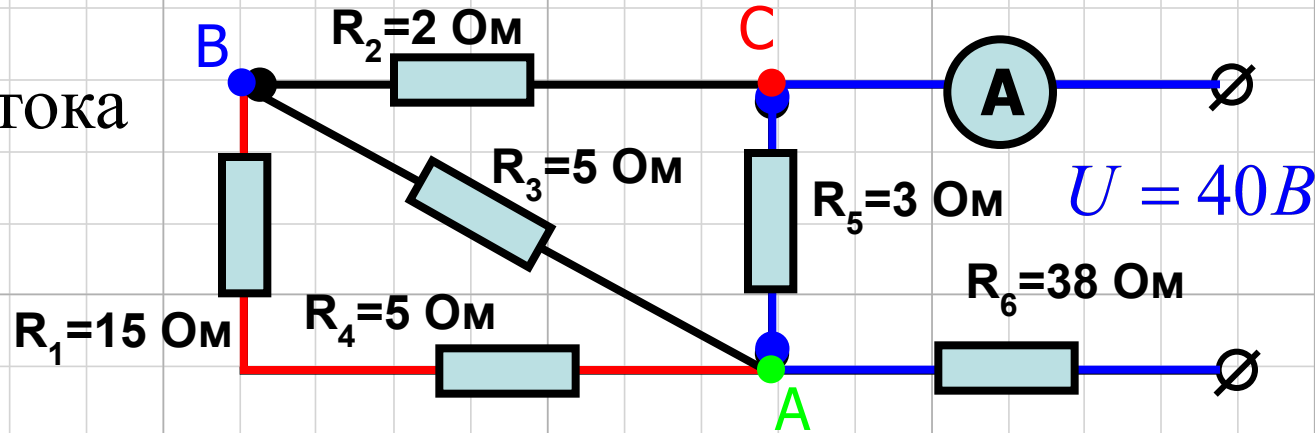
$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,5 \cdot 3 = 1,5 B$$

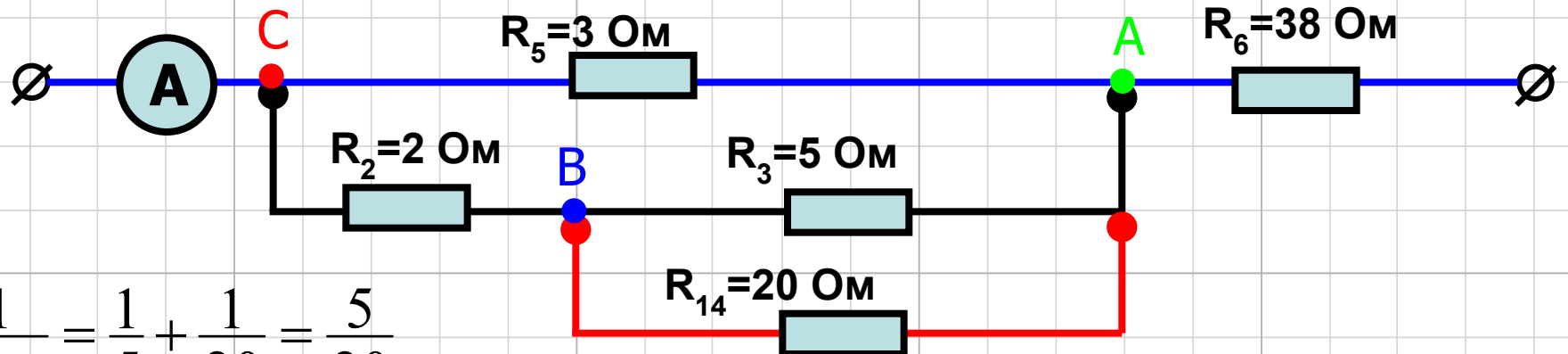


Ответ: $U=2,3B$

Чому равна сила тока
амперметра?

$$U = 40 \text{ В}$$





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

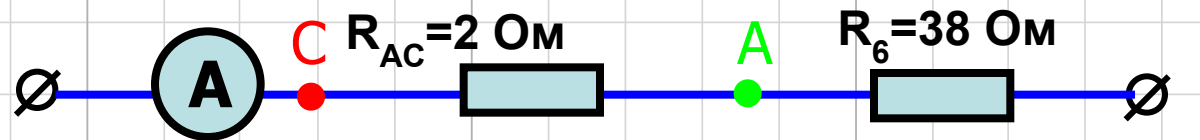
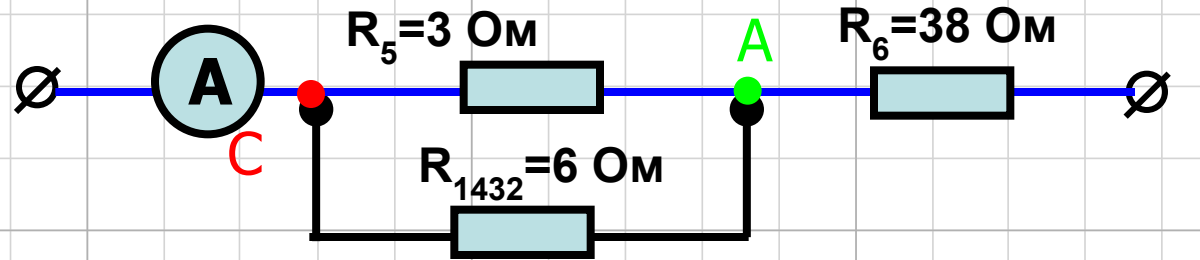
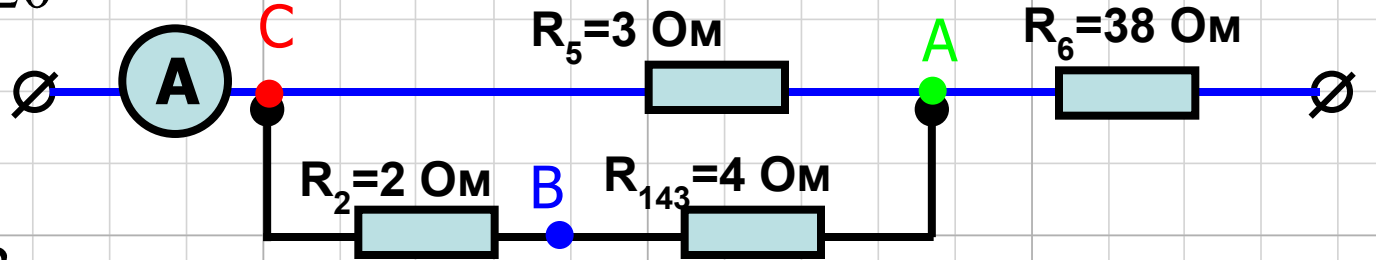
$$R_{143} = 4 \text{ Ohm}$$

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

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

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

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



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.

$$P = A/t = Uq/t = UI = I^2 R.$$

Единицей измерения мощности является ватт (Вт).

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

Коэффициент полезного действия

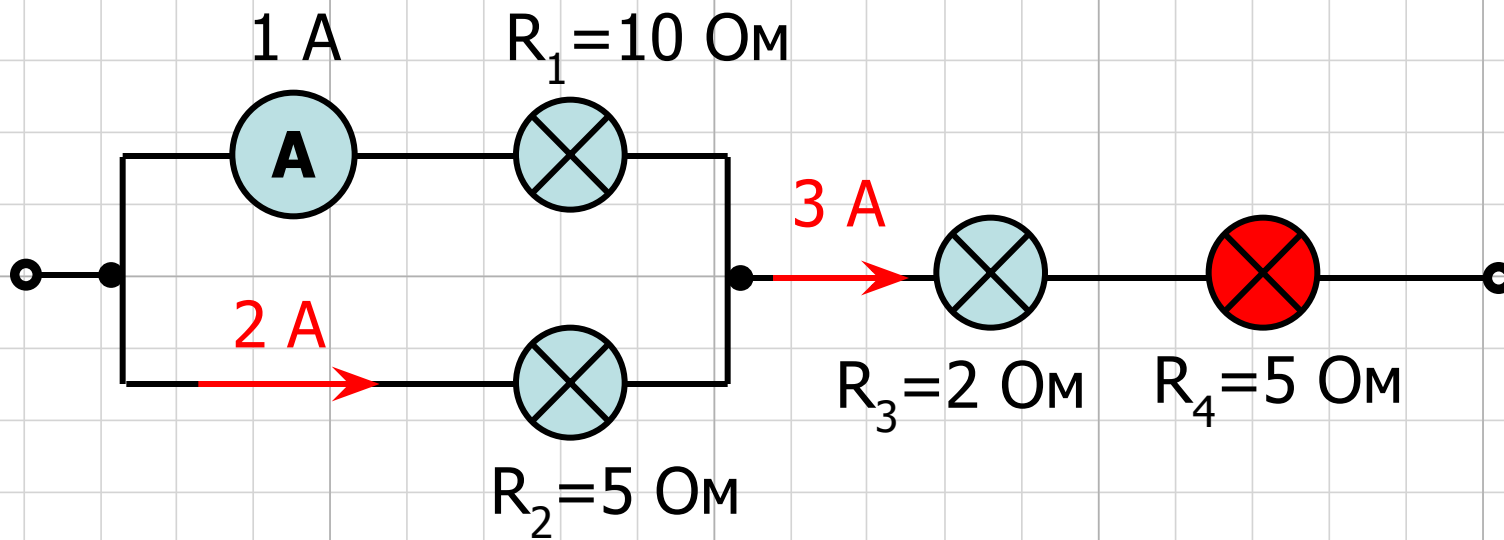
Для оценки источника или приемника электрической энергии служит **коэффициент полезного действия** (КПД), равный отношению полезной мощности источника или приемника к мощности, потребляемый им:

$$\eta = P_2 / P_1$$

Где P_2 – мощность, отдаваемая источником (полезная мощность);

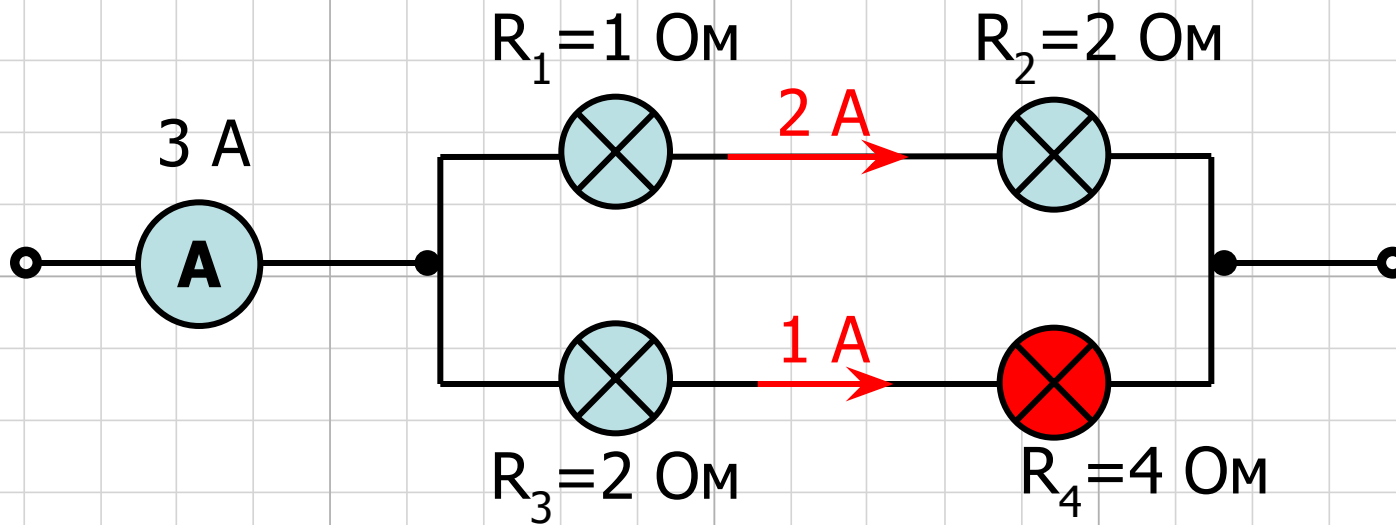
P_1 – мощность, получаемой из вне (потребляемой).

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



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

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

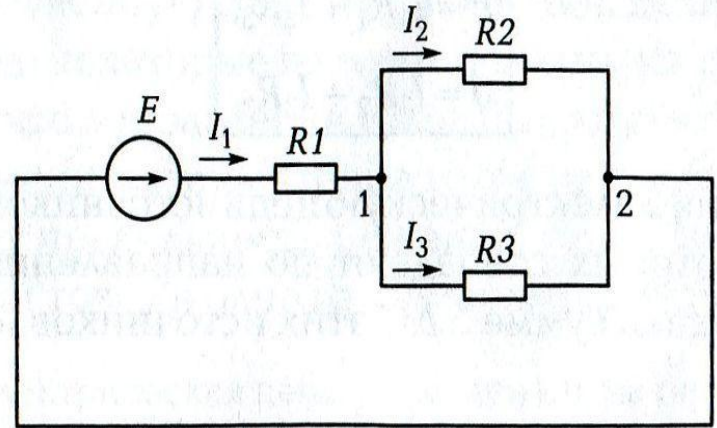
Электрическая цепь – это совокупность устройств, образующих замкнутый путь для электрического тока. Основными элементами ее должны быть:

- 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:

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

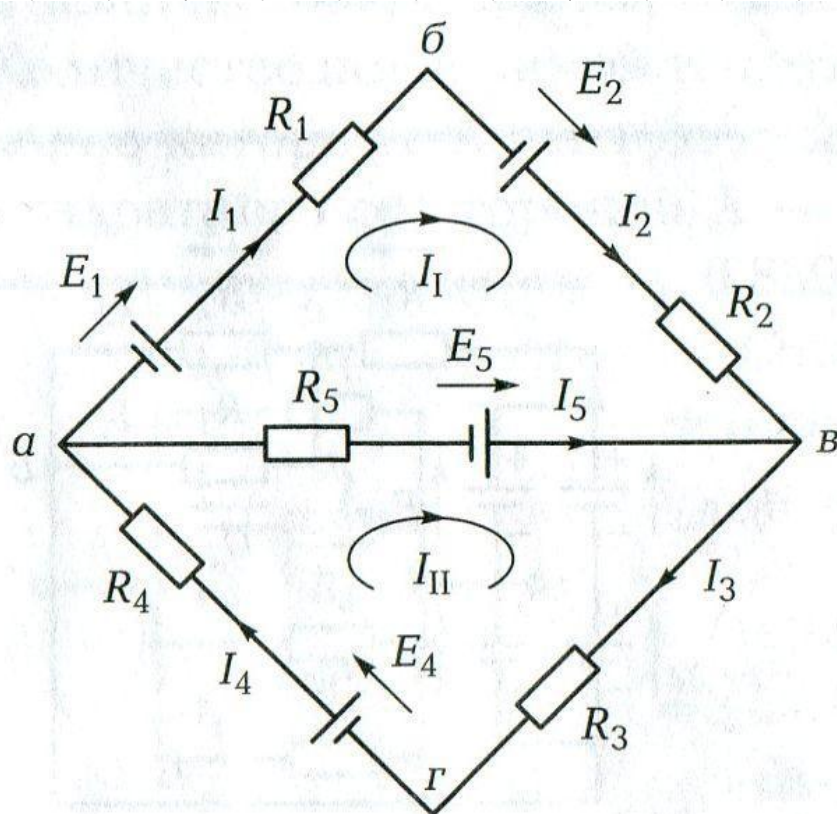
Закон сохранения энергии (баланс мощностей) – электрическая энергия (мощность), вырабатываемая источниками, равна энергии (мощности), потребляемое нагрузкой:

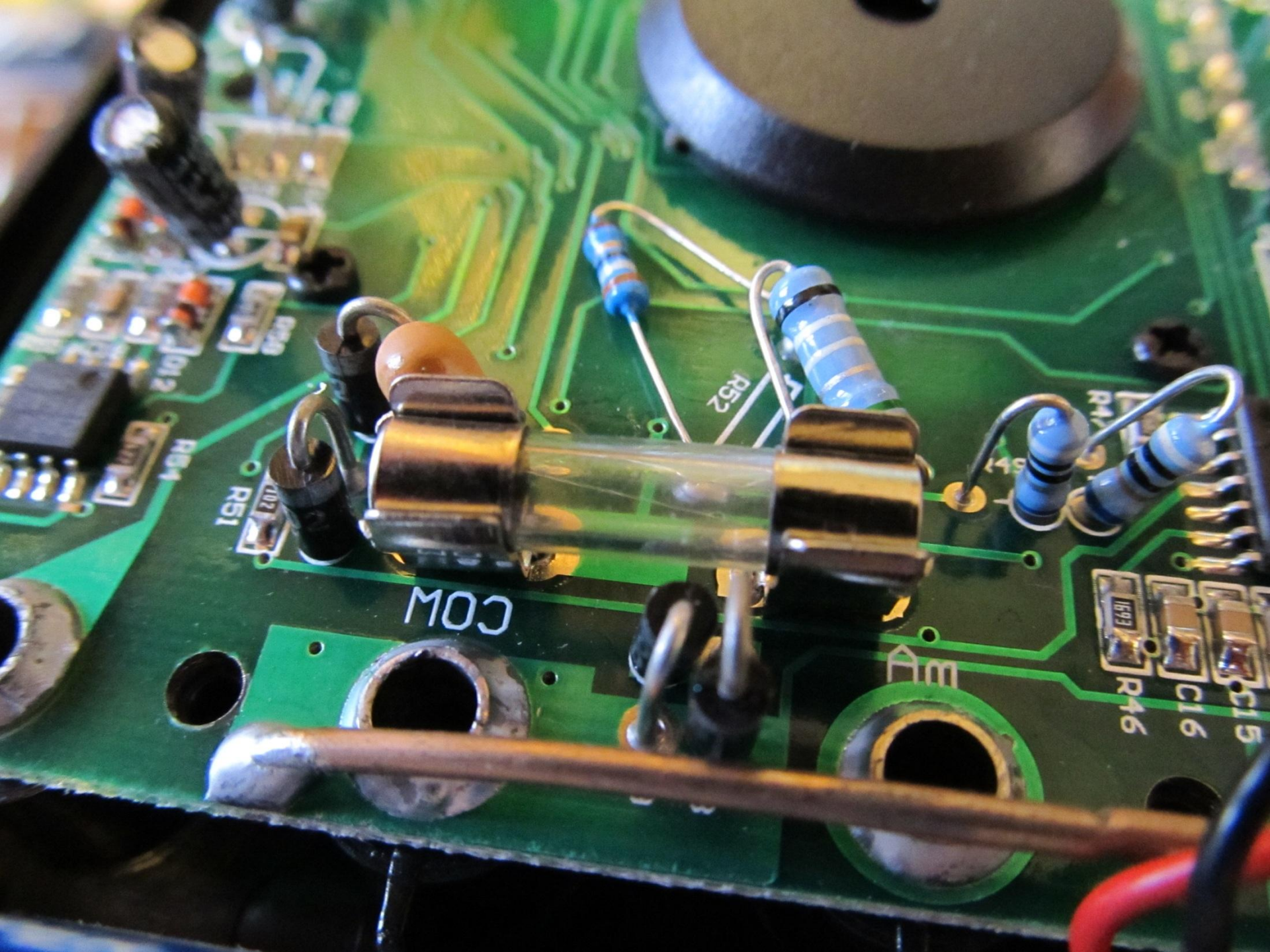
$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{нагр}}$$

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.





COM

R51

R52

R46

R46

C15

C16

1012

R64

III

R46

C15

C16