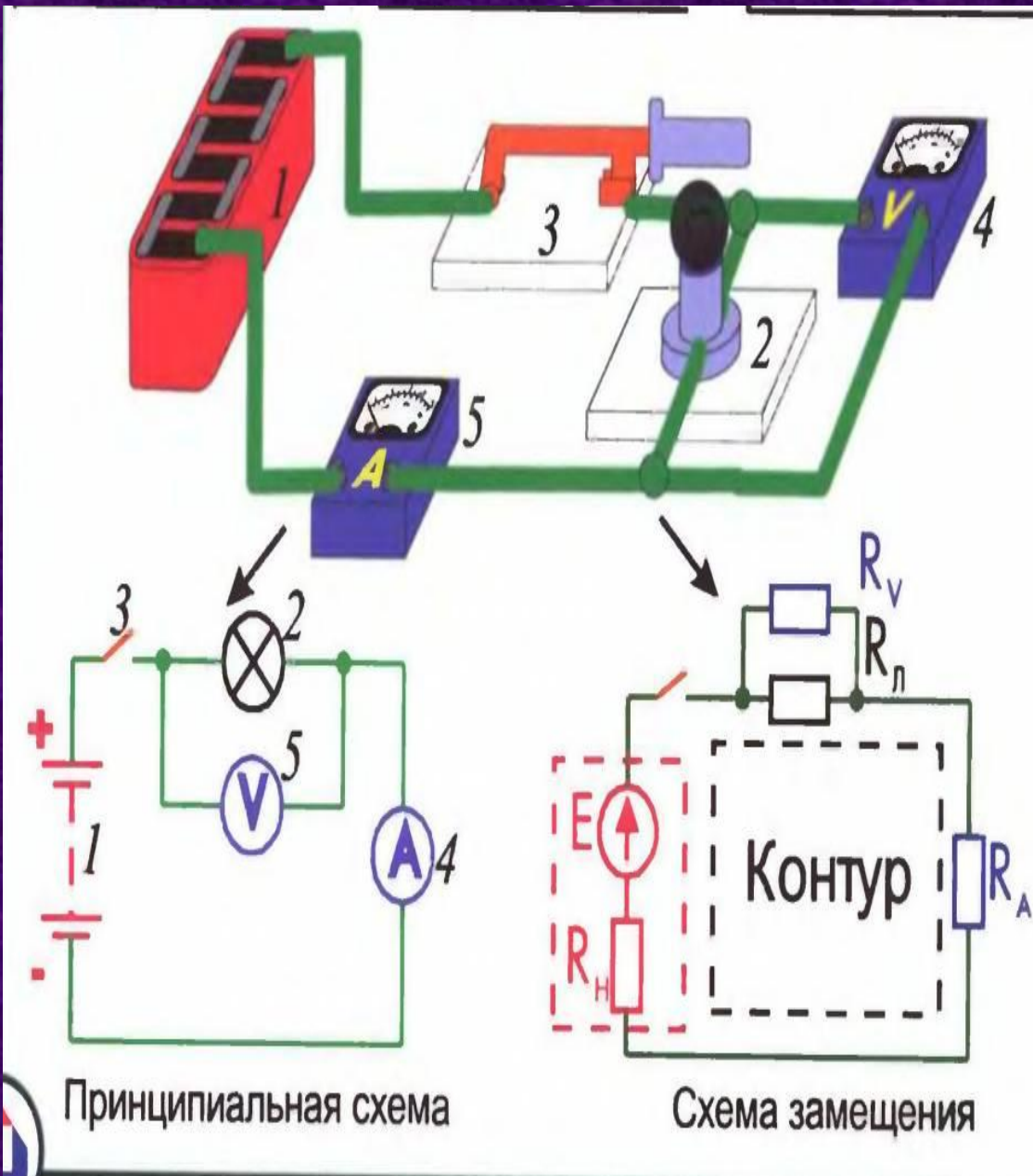


Тема 1.1

Электрическая цепь. Законы электрических цепей



Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока.

Обязательными элементами электрической цепи являются: источник, приёмник и соединительные провода.

Кроме этого цепь может содержать: измерительную, пускорегулирующую и защитную аппаратуру.

Электрической схемой называют графическое изображение электрической цепи, показывающее порядок и характер соединения элементов.

Электрическую цепь, условно, разбивают на внутреннюю и внешнюю часть.

Внутренняя - часть цепи, содержащая только источник питания.

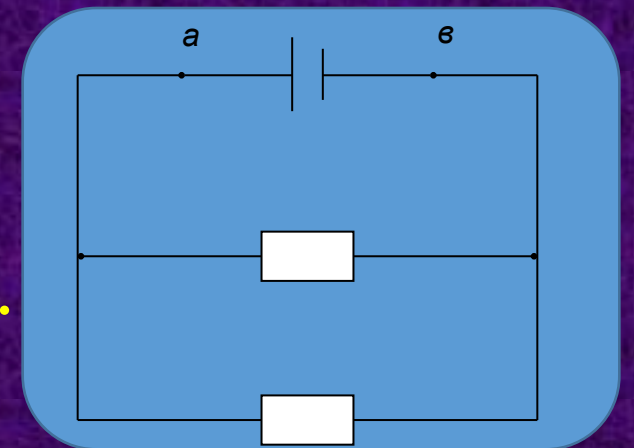
Внешняя – часть цепи, охватывающая все элементы цепи, кроме источника питания.

Участок цепи – часть цепи между двумя любыми точками.

Узел - точка цепи, в которой соединены три и более проводника.

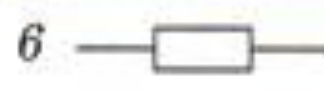
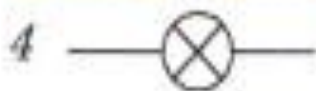
Ветвь - участок цепи между двумя узлами, по которому проходит один и тот же ток.

Контур - замкнутая часть цепи.



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ И СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ





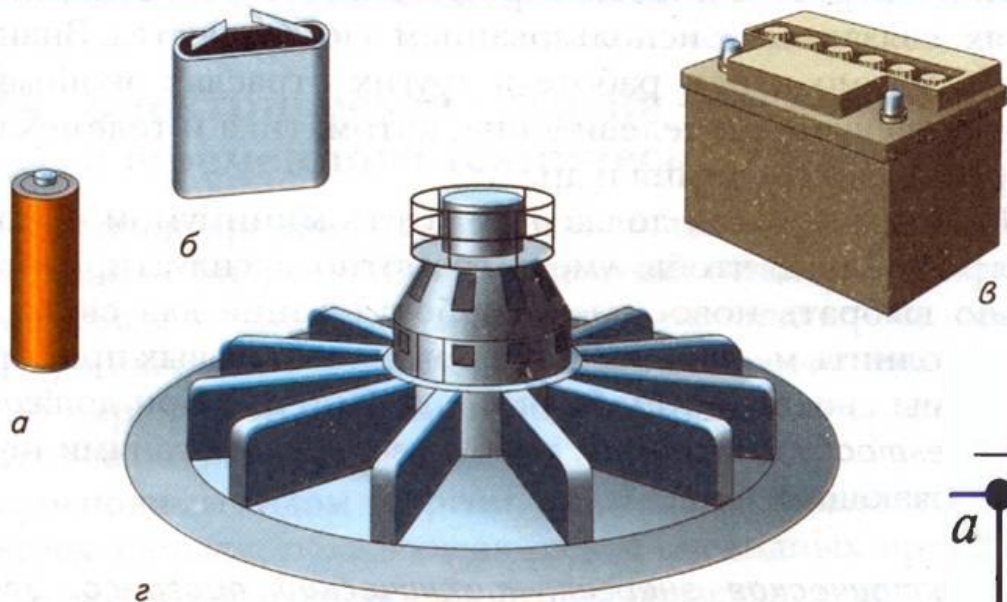
Условные обозначения, применяемые на схемах:

1 — гальванический элемент или аккумулятор; 2 — батарея элементов и аккумуляторов; 3 — ключ; 4 — электрическая лампа; 5 — электрический звонок; 6 — резистор (проводник, имеющий определённое сопротивление)

Условные обозначения элементов цепи



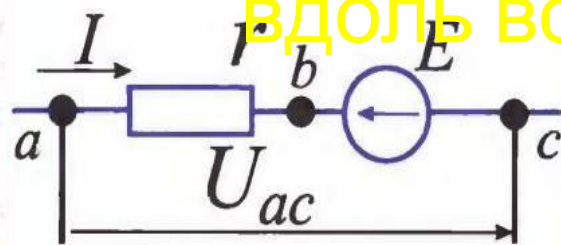
Источники электрической энергии



Источники электрической энергии: *а* — гальванический элемент, *б* — батарея гальванических элементов, *в* — аккумулятор, *г* — электрогенератор

ЭДС источника численно равна работе, совершаемой электрическим полем при перемещении единичного положительного заряда

вдоль всей цепи.



$$I = \frac{U_{ac} - E}{r}$$

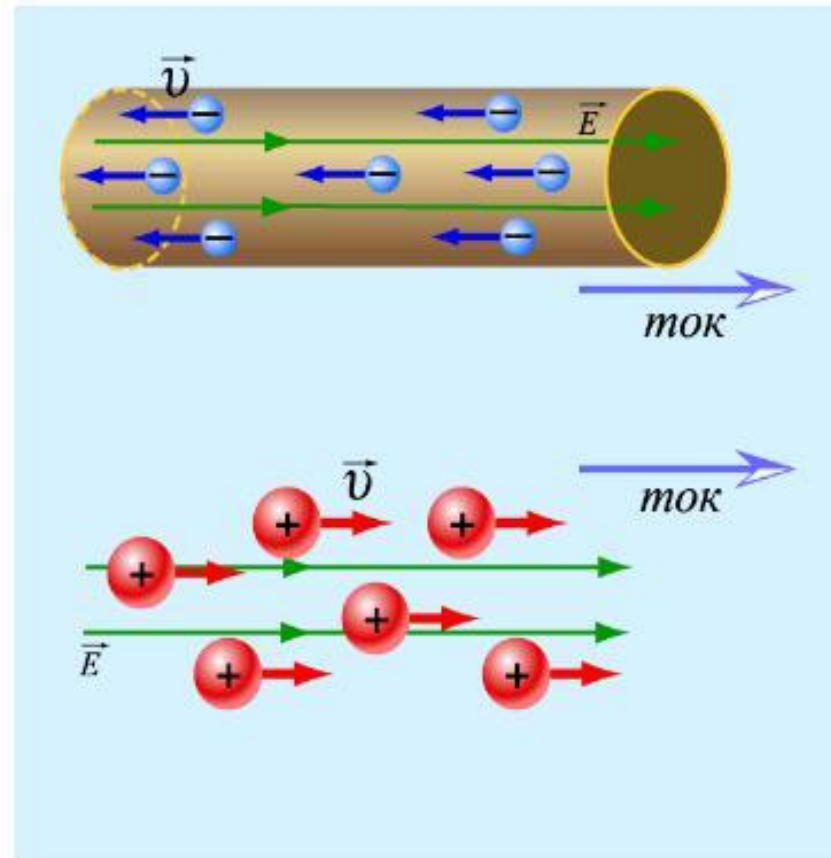
В потребителе ток направлен от (+) к (-)

Напряжение на зажимах потребителя больше его ЭДС на величину внутреннего падения напряжения $I \cdot r$

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц.

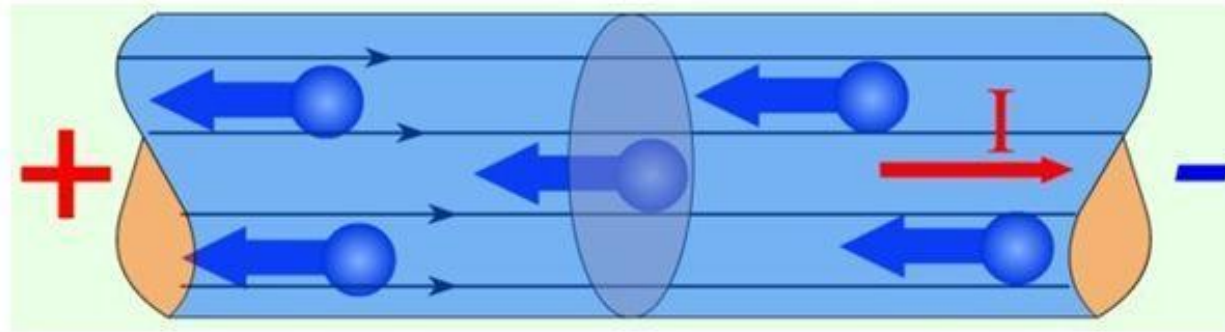
Условия для создания электрического тока:

- наличие свободных носителей заряда (электронов, ионов);
- наличие электрического поля;
- замкнутость цепи.



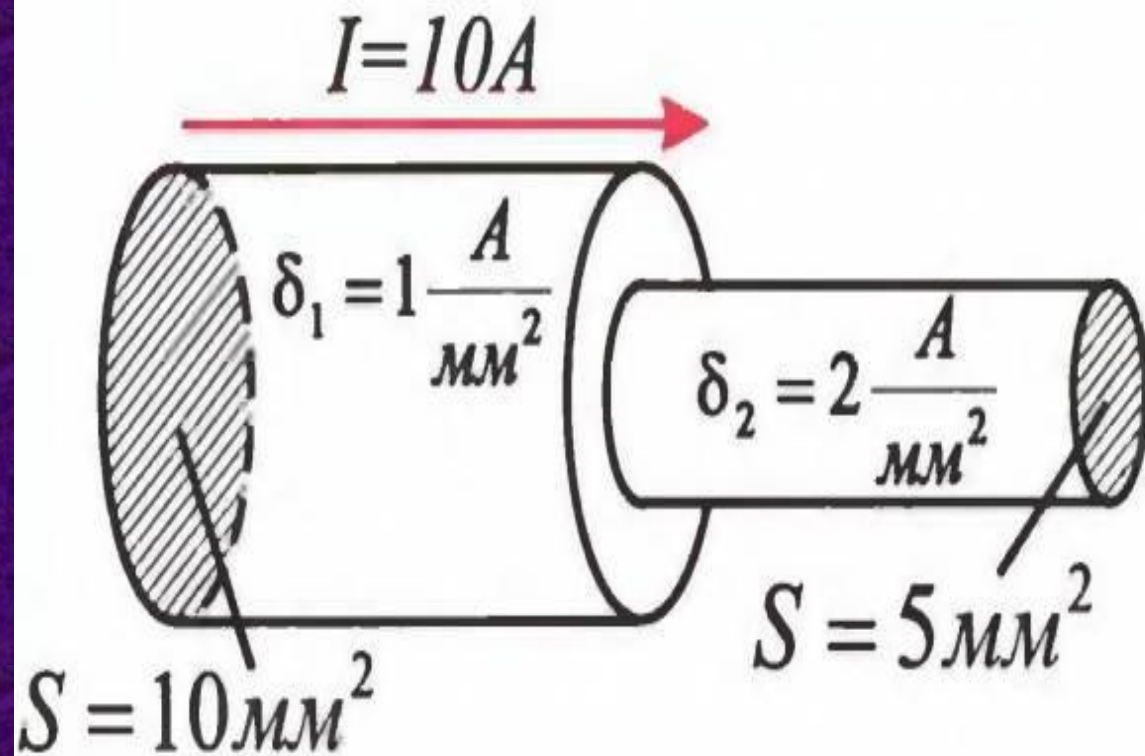
Определение силы тока

Электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника в 1 с, определяет силу тока в цепи.



Сила тока – физическая величина, равная отношению **заряда**, прошедшего через поперечное сечение проводника, ко **времени** его прохождения:

$$I = \frac{q}{t}$$



Плотность тока

$$\delta = \frac{I}{S} = (1 \dots 5) \frac{A}{\text{мм}^2}$$

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА В УЧАСТКЕ ЦЕПИ



- Для измерения силы тока существует измерительный прибор - амперметр.

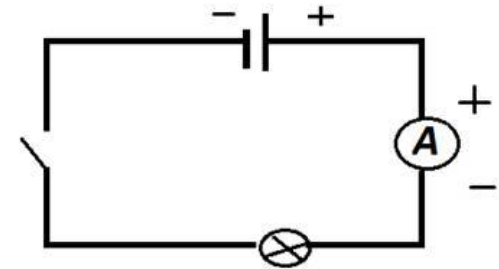


Условное обозначение амперметра на электрической схеме:



- При включении амперметра в электрическую цепь **необходимо знать** :

1 Амперметр включается в электрическую цепь **последовательно** с тем элементом цепи, силу тока в котором необходимо измерить.



2. При подключении надо **соблюдать полярность**: "+" амперметра подключается к "+" источника тока, а "минус" амперметра - к "минусу" источника тока.



ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ



- Для измерения напряжения существуют специальный измерительный прибор — вольтметр.

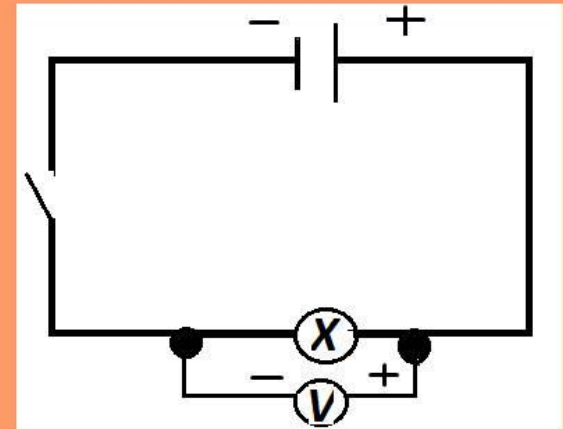
Условное обозначение вольтметра на электрической схеме:



При включении вольтметра в электрическую цепь необходимо соблюдать два правила:

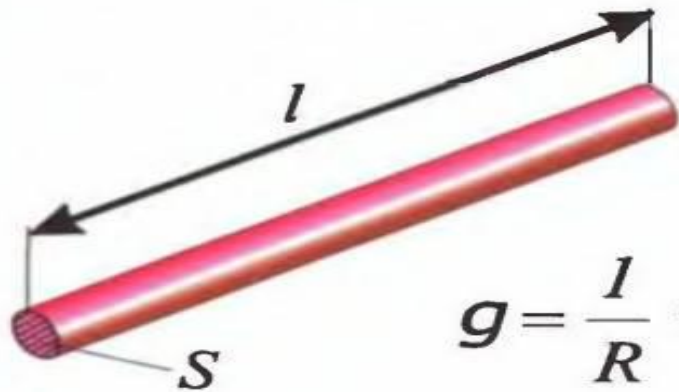


- 1. Вольтметр подключается **параллельно** участку цепи, на котором будет измеряться напряжение;



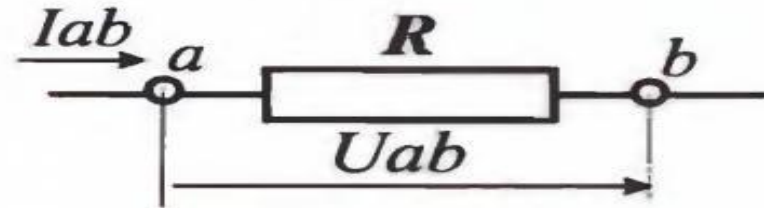
Электрическое сопротивление

Сопротивление - способность проводника оказывать противодействие направленному движению электрических зарядов.



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

$$g = \frac{1}{R} \text{ - проводимость}$$



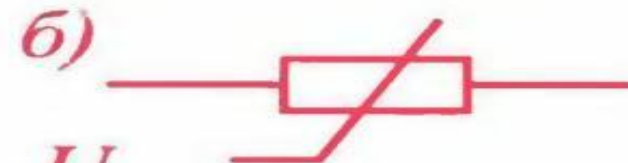
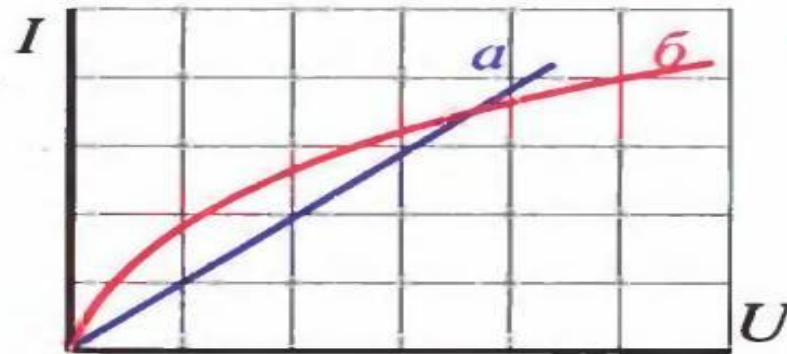
Закон Ома

$$U_{ab} = R \cdot I_{ab}$$



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

а-линейная



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

б-нелинейная

Удельное сопротивление проводника -

это физическая величина, показывающая, каково сопротивление проводника из данного вещества длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1мм²

Обозначение: ρ

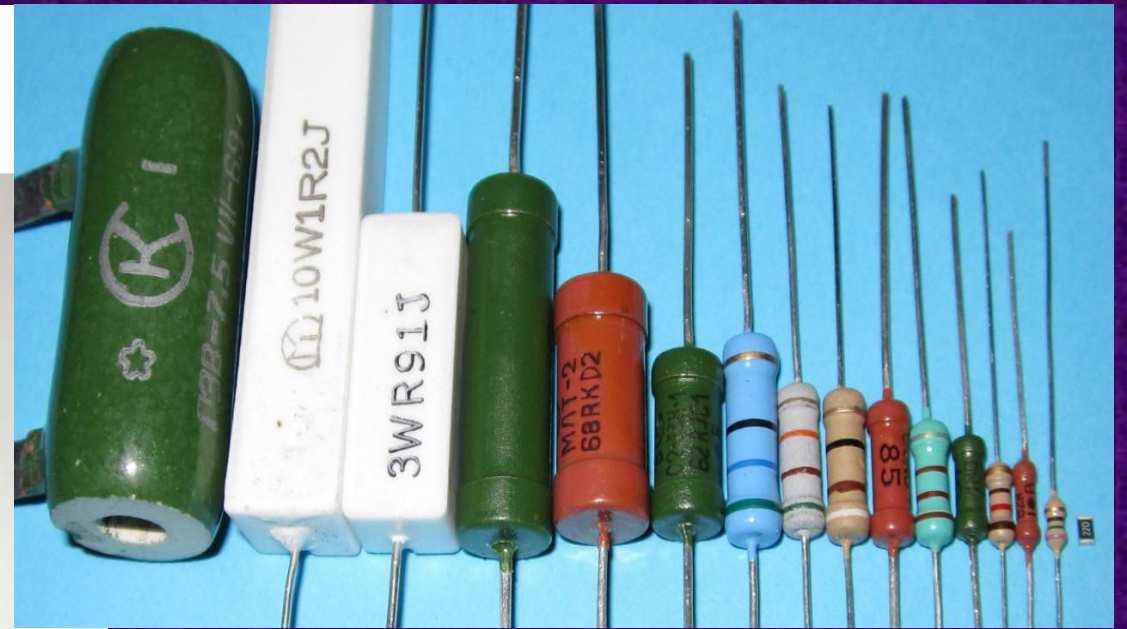
Единица удельного сопротивления:

$$[\rho] = \left[\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right]$$

Удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления некоторых веществ

Вещество	Удельное сопротивление, Ом·мм ² /м	Температурный коэффициент сопротивления, 10 ⁻³ град ⁻¹
Алюминий	0,028	
Вольфрам	0,055	4,2
Железо	0,098	6
Золото	0,023	
Константан	0,44-0,52	0,02
Латунь	0,025-0,06	
Манганин	0,42-0,48	
Медь	0,0175	4,1
Молибден	0,057	

ОММЕТР – прибор для измерения электрического сопротивления, позволяющий производить отсчёт измеряемого сопротивления непосредственно по шкале. В современных приборах для измерения сопротивления и других электрических величин используются другие принципы и выдаются результаты в цифровом виде.



Зависимость сопротивления
от температуры
 α - температурный
коэффициент сопротивления

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

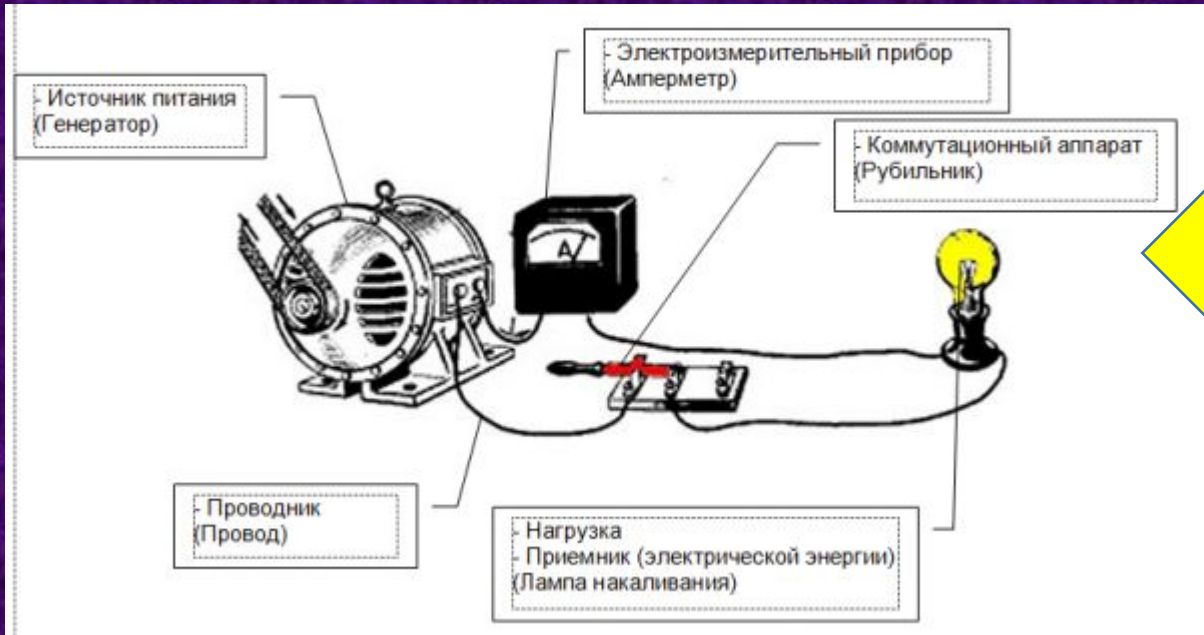
Проводимость – это величина, обратная сопротивлению:

$$G = \frac{1}{R} \quad (Om^{-1} = Cm)$$

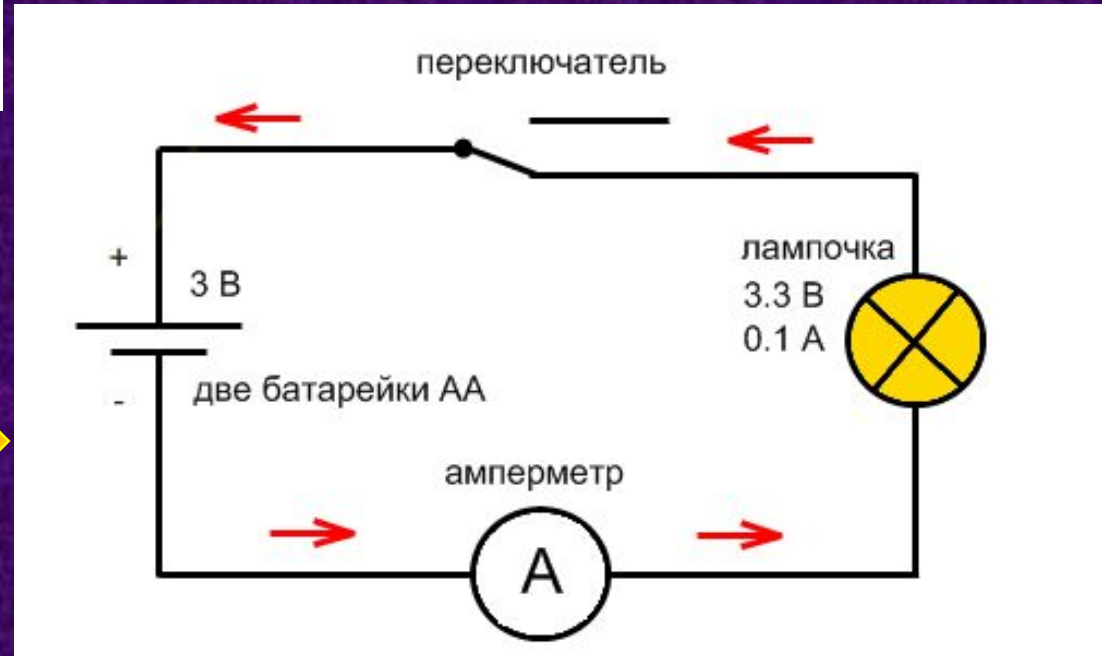
Величина, обратная удельному сопротивлению, называется **удельной проводимостью**:

$$\nu = \frac{1}{\rho} \left(\frac{Cm \cdot m}{mm^2} \right)$$

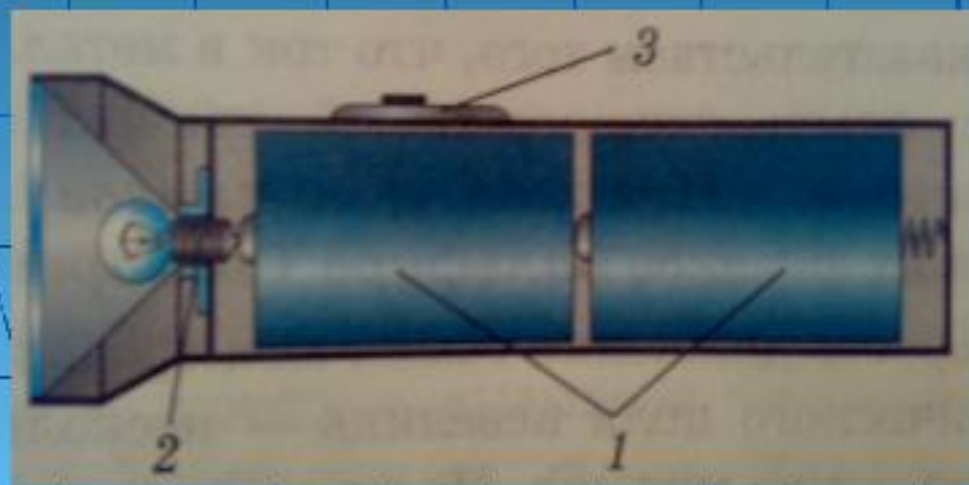
Электрическая цепь



Электрическая схема

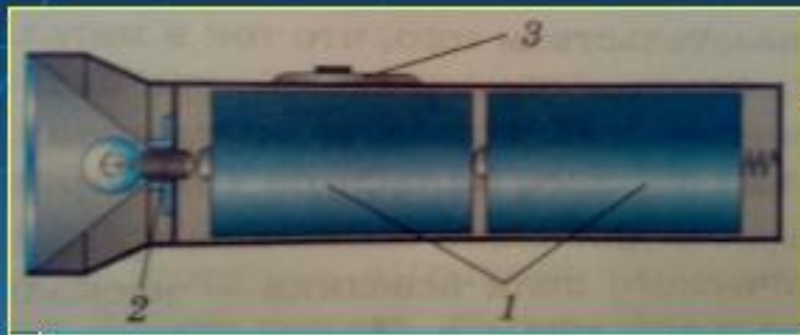


- Используя условные обозначения, начертите схему цепи карманного фонаря и назовите части этой цепи

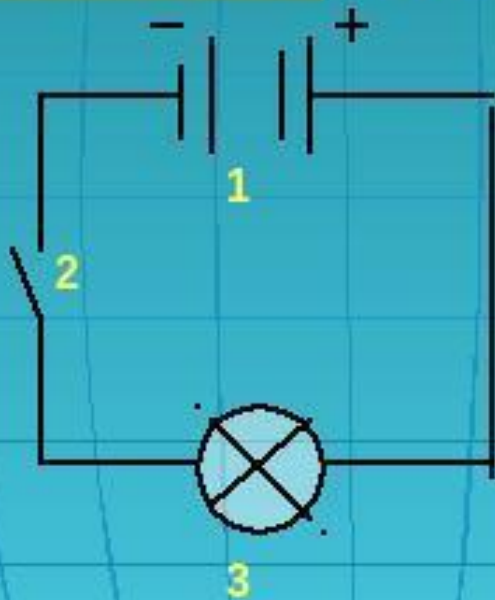


Проверь себя

Проверка выполнения задания



Фонарь состоит из:



- двух гальванических элементов (1);
- ключа (2);
- Лампочки (3)

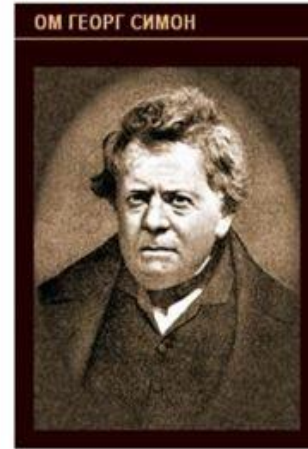
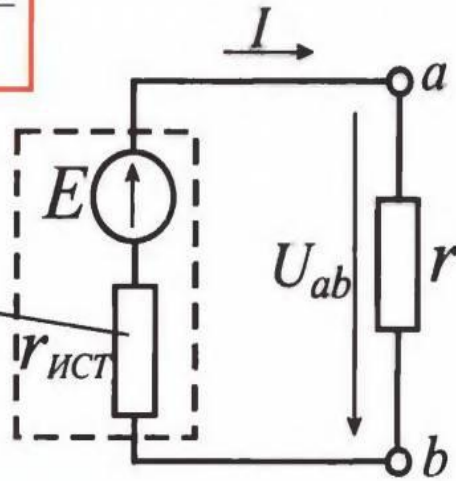
Ом Георг Симон

Закон Ома

Закон Ома для пассивного участка цепи.

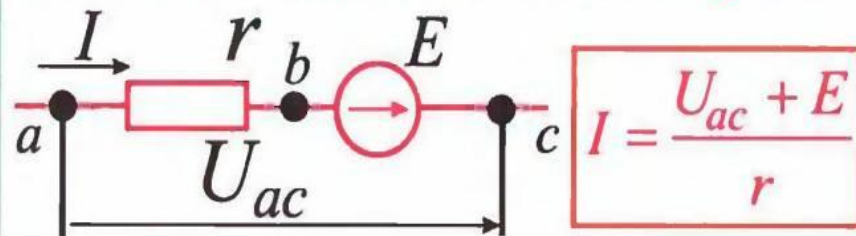
$$U_{ab} = I \cdot r \quad \text{или} \quad I = \frac{U_{ab}}{r} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{r}$$

Внутреннее
сопротивление
источника



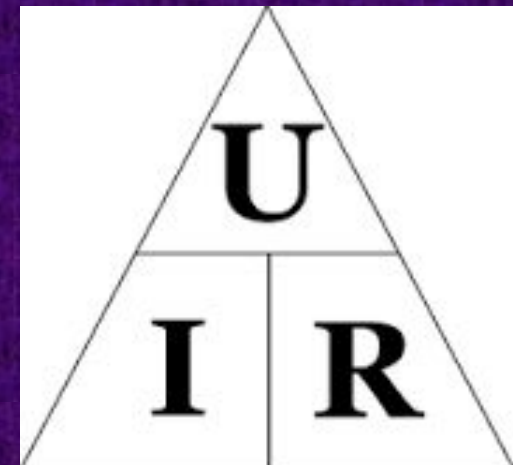
- (1787-1854) – немецкий физик.
- Он открыл теоретически и подтвердил на опыте закон, выражающий связь между силой тока в цепи, напряжением и сопротивлением.

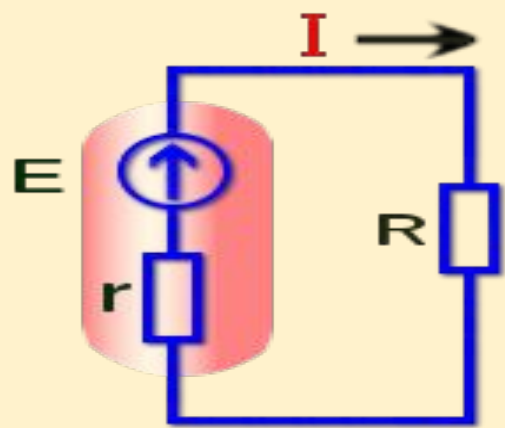
Закон Ома для активного участка



$$I = \frac{U_{ac} + E}{r}$$

В источнике ток направлен от (-) к (+)

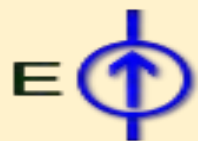




$$I = \frac{E}{r + R}$$

Закон Ома для полной цепи

где I - сила тока в цепи (Ампер)
 E - ЭДС источника тока (Вольт)
 r - внутреннее сопротивление источника тока E (Ом)
 R - общее активное сопротивление цепи (Ом)



Источник постоянного тока (ЭДС), который имеет внутреннее сопротивление r (выходной импеданс). Например, это может быть аккумуляторная батарея



Внутреннее сопротивление источника тока (ЭДС). Чем лучше источник тока, тем меньше его внутреннее сопротивление r . Зависит от действия сторонних сил



зависит от сторонних сил создающих ЭДС в источнике



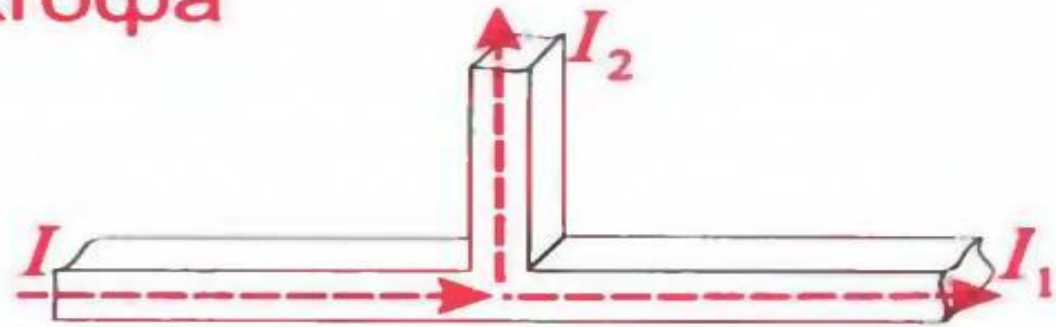
Активная омическая нагрузка R . В ней происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии. Обычно это тепло.



Законы Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$



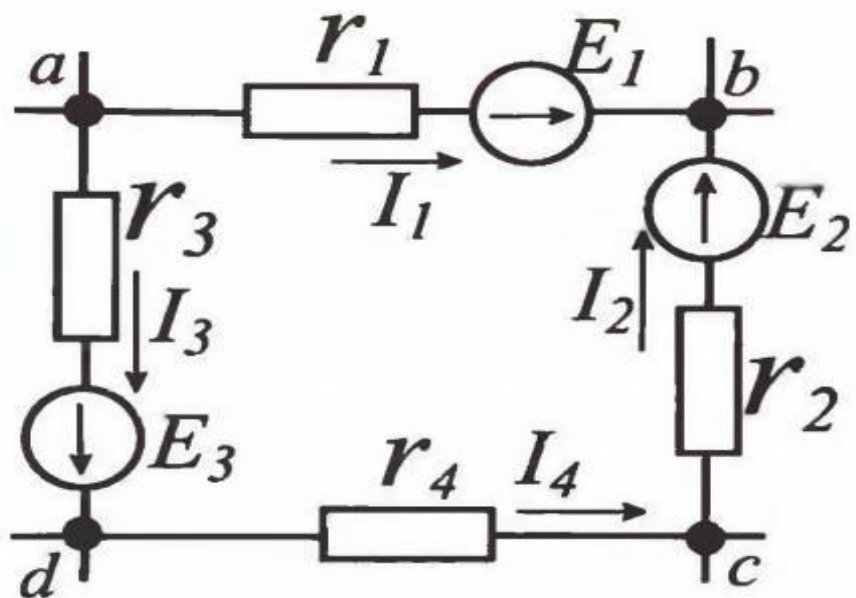
n - число токов в узле

$$I = I_1 + I_2$$

Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю

Сумма токов подтекающих к узлу равна сумме токов вытекающих

Второй закон Кирхгофа a-b-c-d-a - замкнутый контур в разветвленной цепи



$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m I_k \cdot r_k$$

n - число ЭДС в контуре

m - число сопротивлений в контуре

$$E_1 - E_2 - E_3 = I_1 \cdot r_1 - I_2 \cdot r_2 - I_4 \cdot r_4 - I_3 \cdot r_3$$

В замкнутом контуре алгебраическая сумма Э.Д.С. равна алгебраической сумме падений напряжений

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I = I^2 \cdot R$$

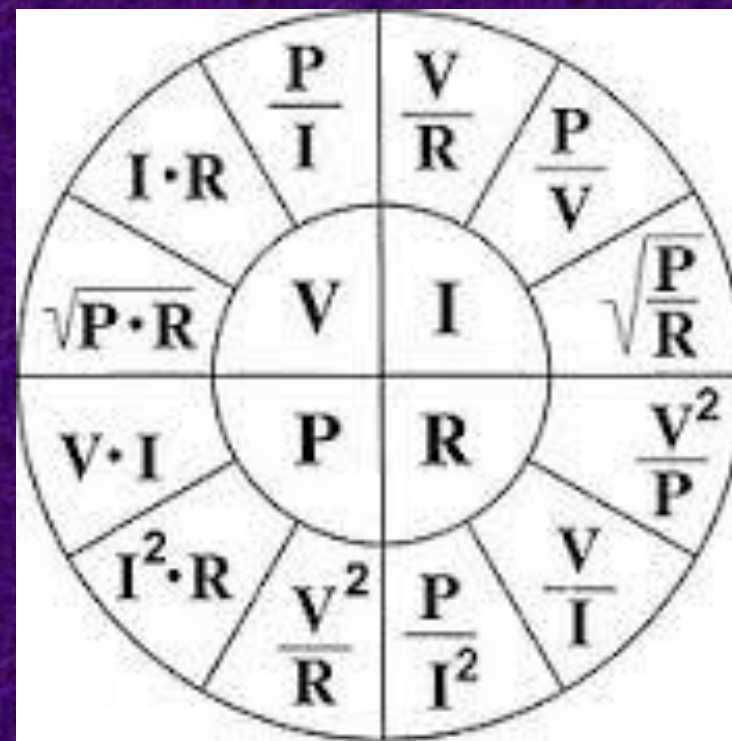
- Электрическая мощность
(секундный расход энергии)

Мощность это работа в единицу времени: $P=A/t$

Мощность – это скорость преобразования энергии: $P=W/t$

Единица измерения мощности – Ватт (Вт)

Электрическая энергия - $W = U \cdot I \cdot t$ Дж [Вт.с]



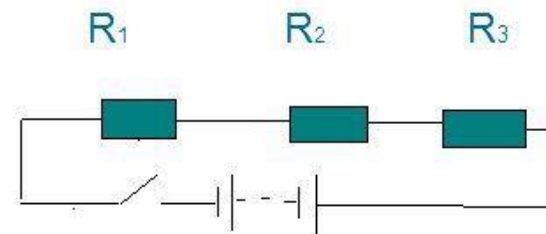
- V** - НАПРЯЖЕНИЕ
- I** - СИЛА ТОКА
- P** - МОЩНОСТЬ
- R** - СОПРОТИВЛЕНИЕ

Физический диктант (задания)

1. Закончите фразу: «Электрический ток –
2. Напишите единицы измерения:
 - силы тока
 - сопротивления
 - удельного сопротивления в СИ
 - напряжения
 - удельного сопротивления на практике
3. Напишите формулы для определения:
 - силы тока
 - напряжения
 - сопротивления
 - формулу закона Ома для участка цепи

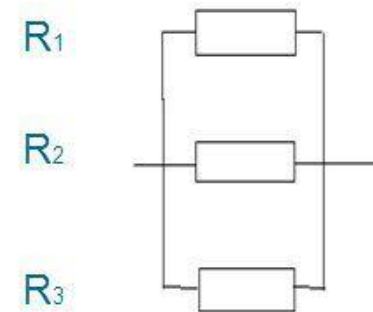
Проводники в цепи можно соединять последовательно.

Элементы цепи соединяются один за другим.

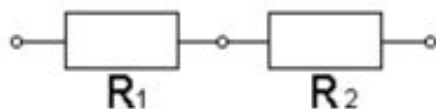


Проводники можно соединить параллельно

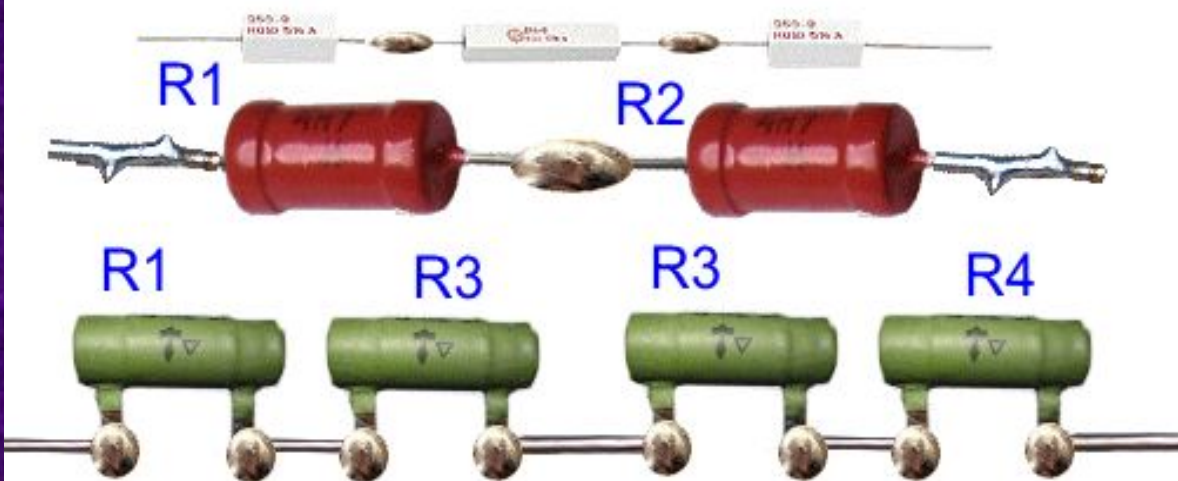
Электрическая цепь при этом разветвляется:



А) Последовательное соединение сопротивлений

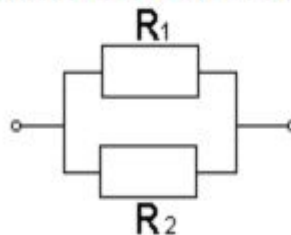


$$R_{\text{св.}} = R_1 + R_2$$



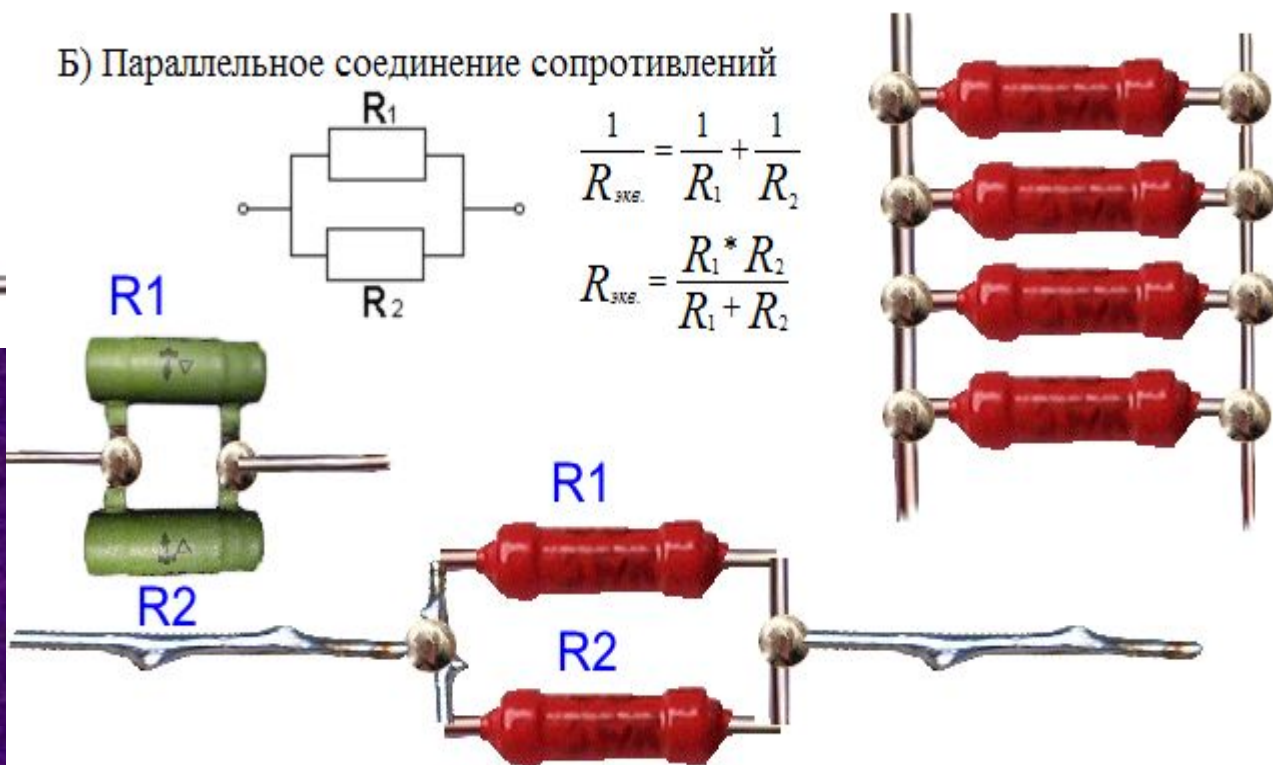
Это когда к концу предыдущего присоединяется начало последующего элемента и между ними нет узла

Б) Параллельное соединение сопротивлений



$$\frac{1}{R_{\text{св.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{св.}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$



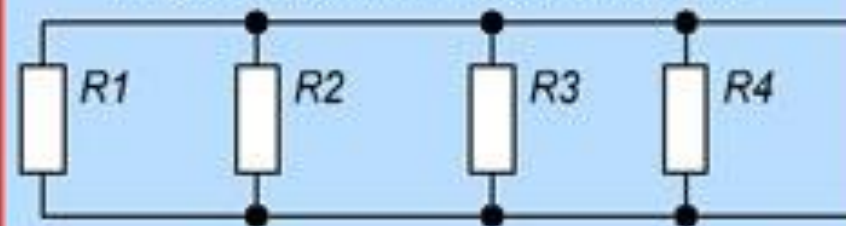
Это когда сопротивления присоединяются к одной паре узлов

Соединение резисторов

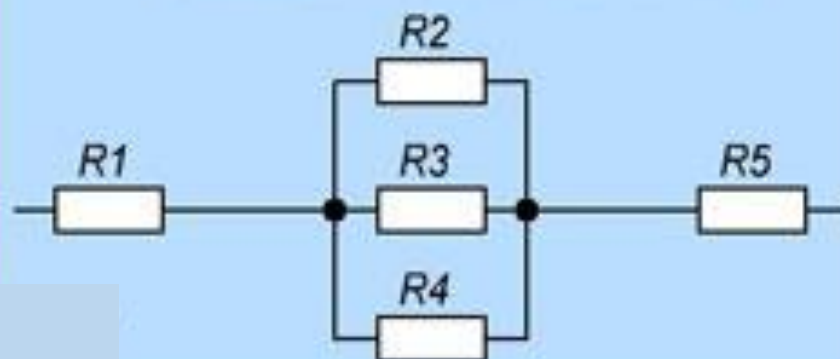
Последовательное соединение



Параллельное соединение



Смешанное соединение



При последовательном соединении проводников:

1. Сила тока в любой точке цепи неизменна:

$$I = I_1 = I_2$$

2. Напряжение равно сумме напряжений на участках цепи:

$$U = U_1 + U_2$$

3. Сопротивление равно сумме сопротивлений элементов цепи:

$$R = R_1 + R_2$$



Последовательное соединение – соединение, при котором конец проводника соединяется с началом только одного другого проводника

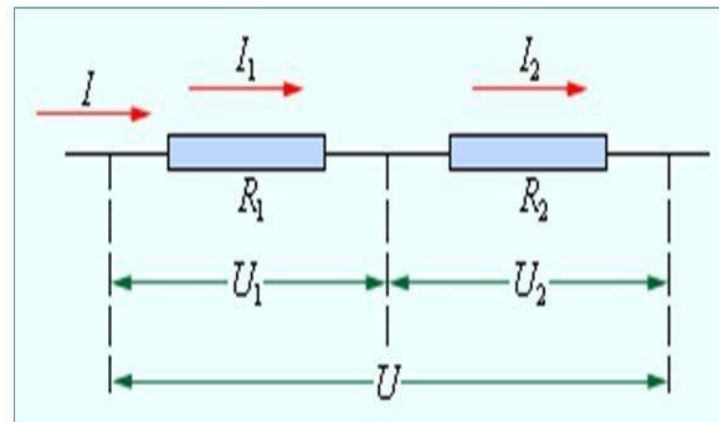
$$I = \frac{q}{t}$$

$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$IR = IR_1 + IR_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

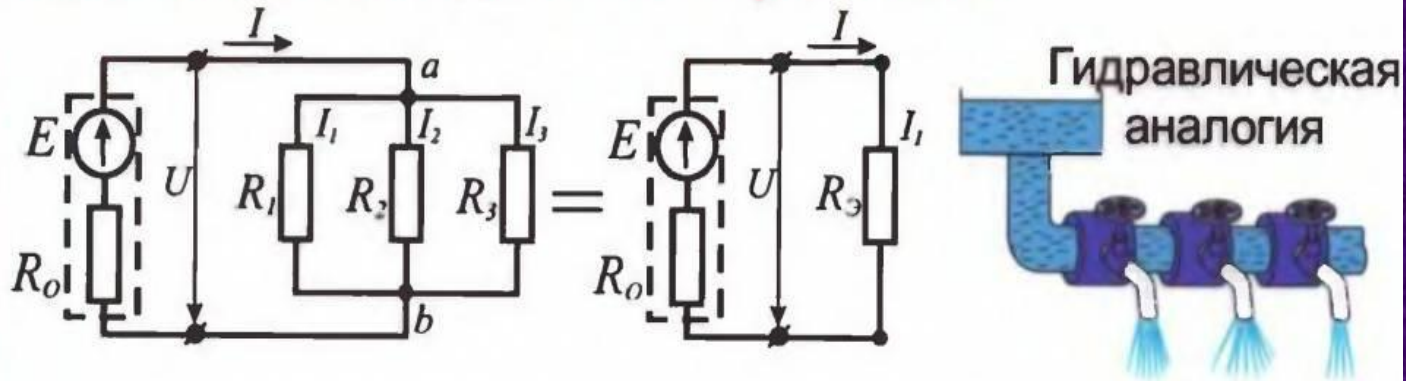


Если проводники одинаковые:

$$R_1 = R_1 = \dots = R_n$$

$$R = nR_1$$

Параллельное соединение потребителей

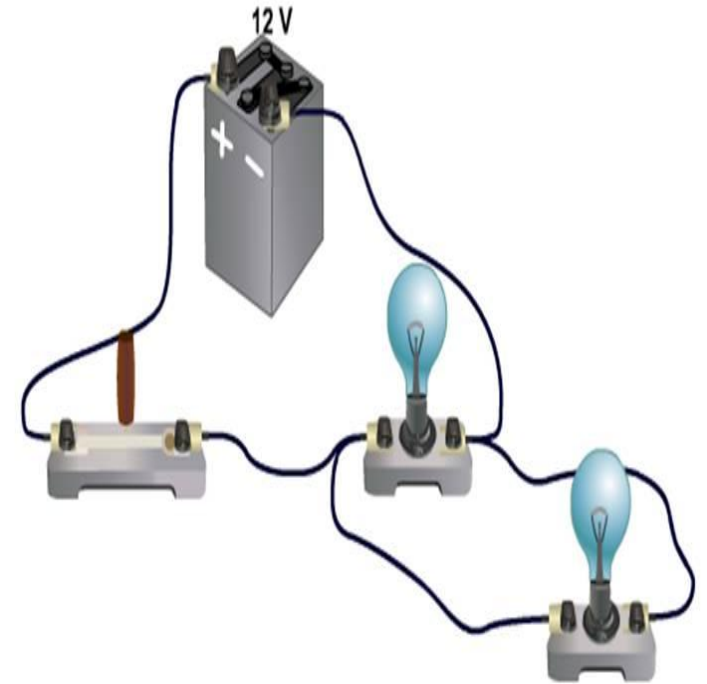
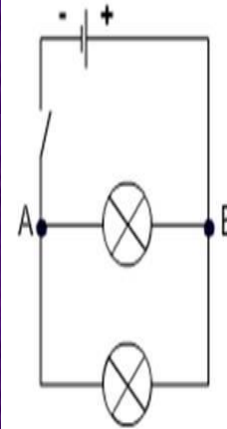


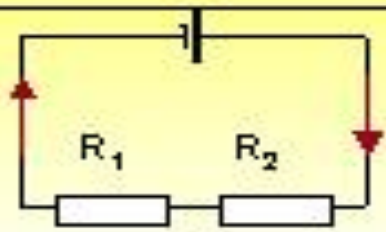
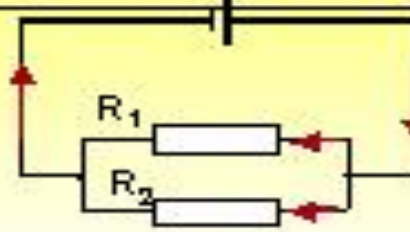
$$I = \frac{U}{R_3} = I_1 + I_2 + I_3 = \sum I_k; \quad \text{- общий ток}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = U \cdot g_1; \quad I_3 = \frac{U}{R_3} = U \cdot g_3; \quad \text{- токи потребителей}$$
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = U \cdot g_2;$$

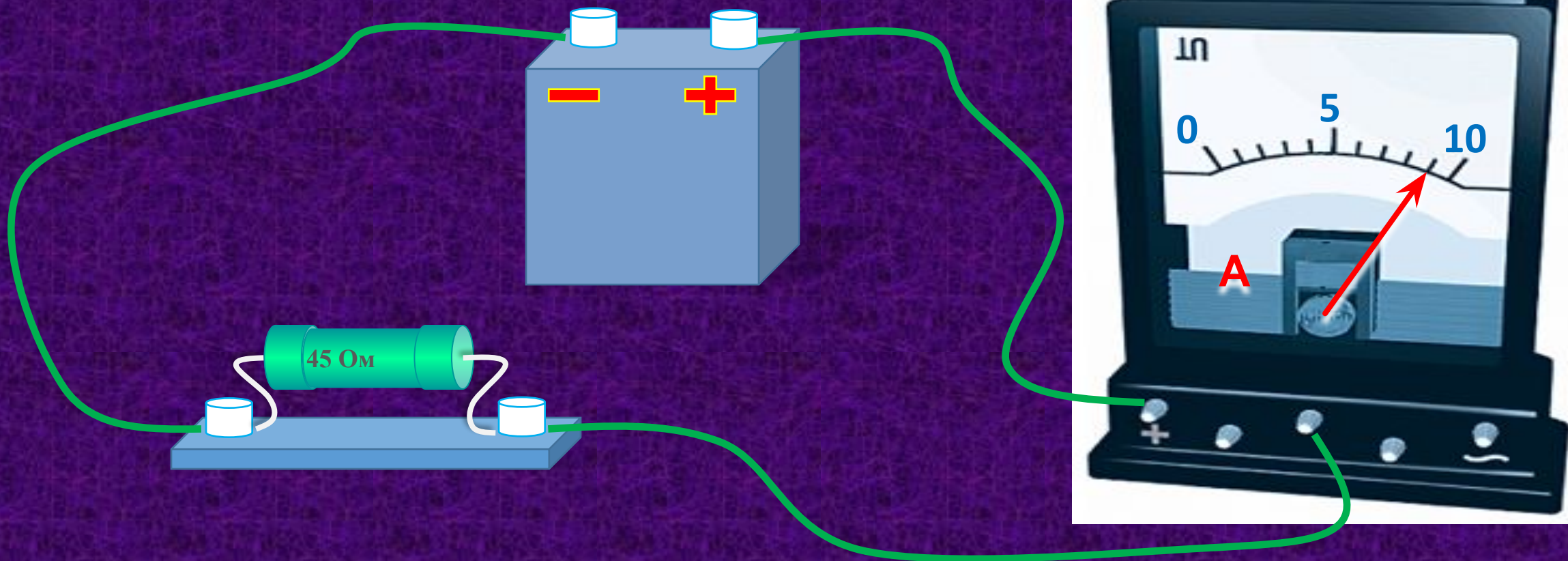
$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \sum \frac{1}{R_k}; \quad g_3 = g_1 + g_2 + g_3 = \sum g_k;$$

Параллельное соединение проводников - соединение, при котором все проводники подключаются к одной и той же паре точек.

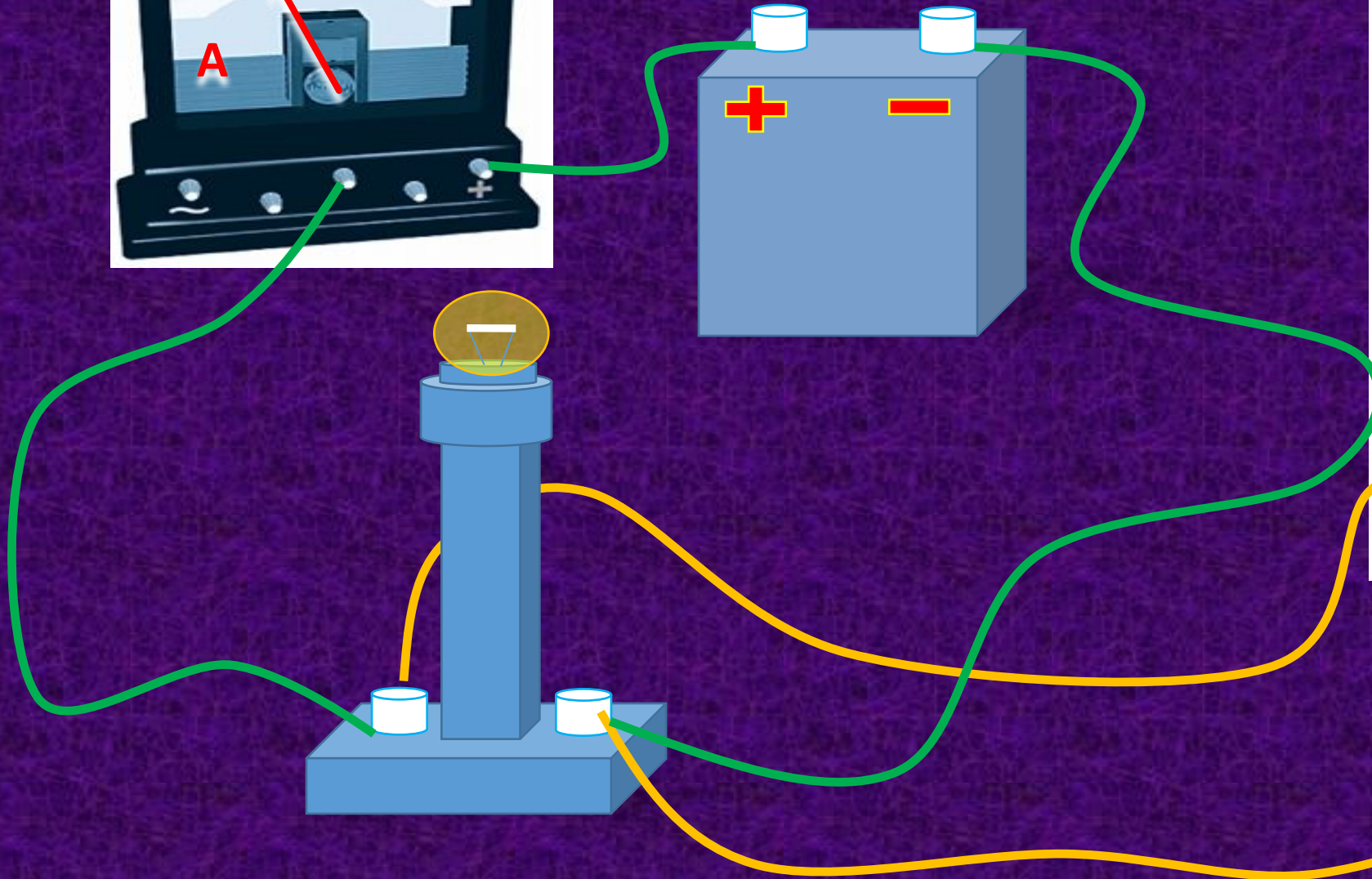
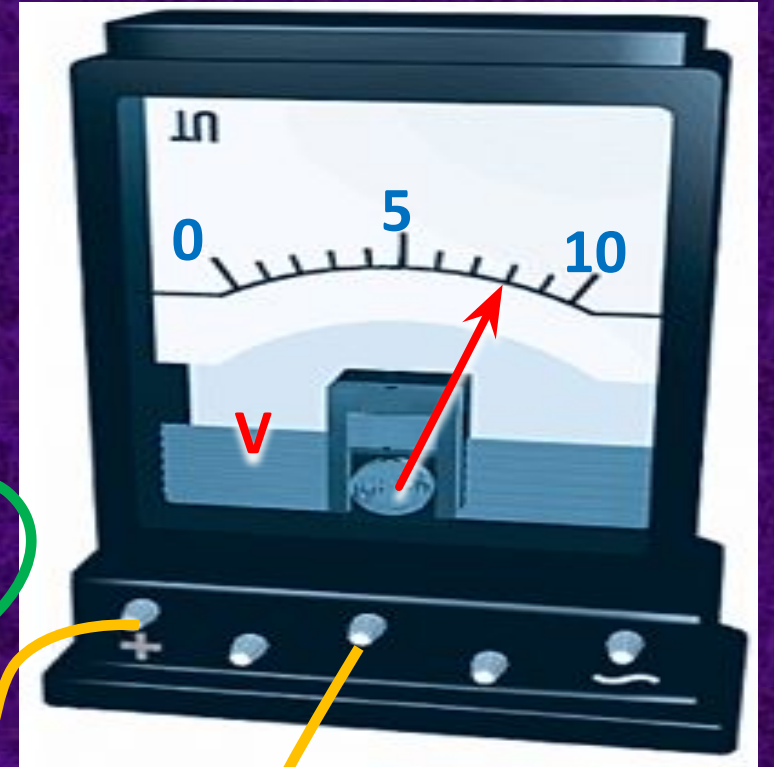
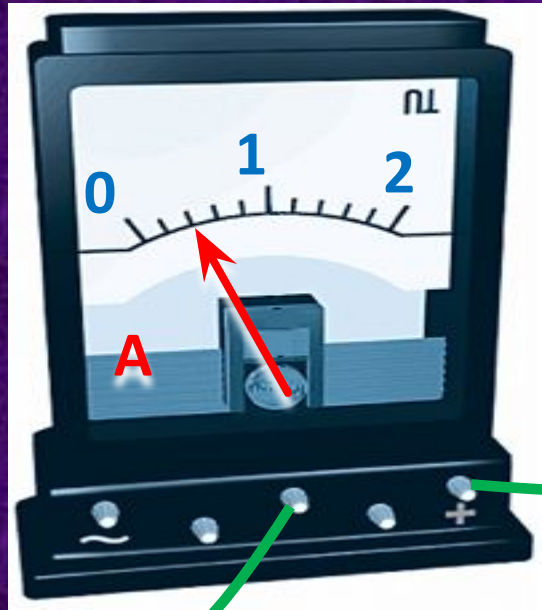


	<i>Последовательное соединение</i>	<i>Параллельное соединение</i>
Схема		
Сила тока	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Напряже- ние	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Сопротив- ление	$R = R_1 + R_2$ $R = nR_1$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $R = \frac{R_1}{n}$

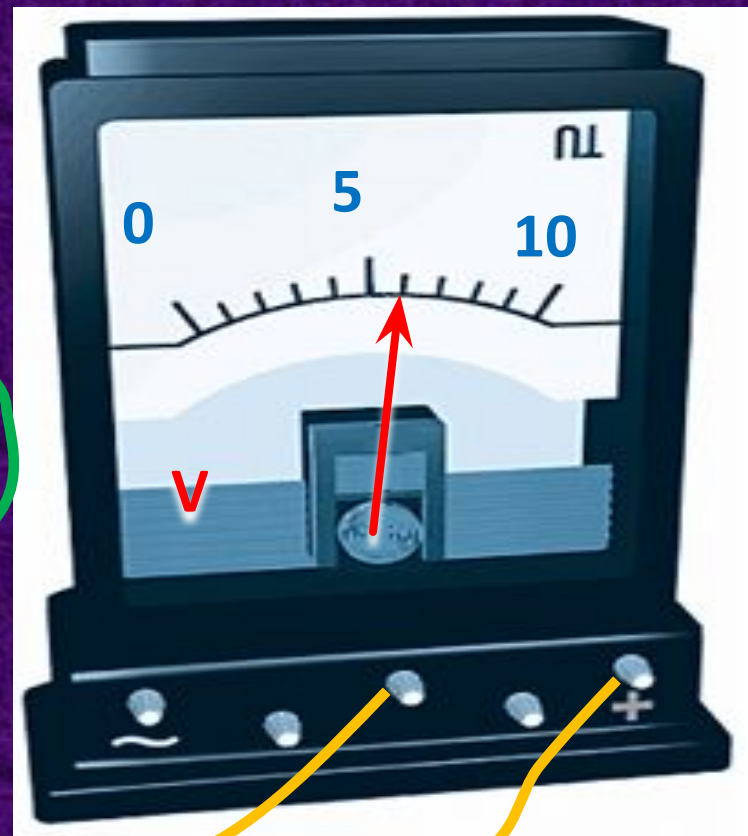
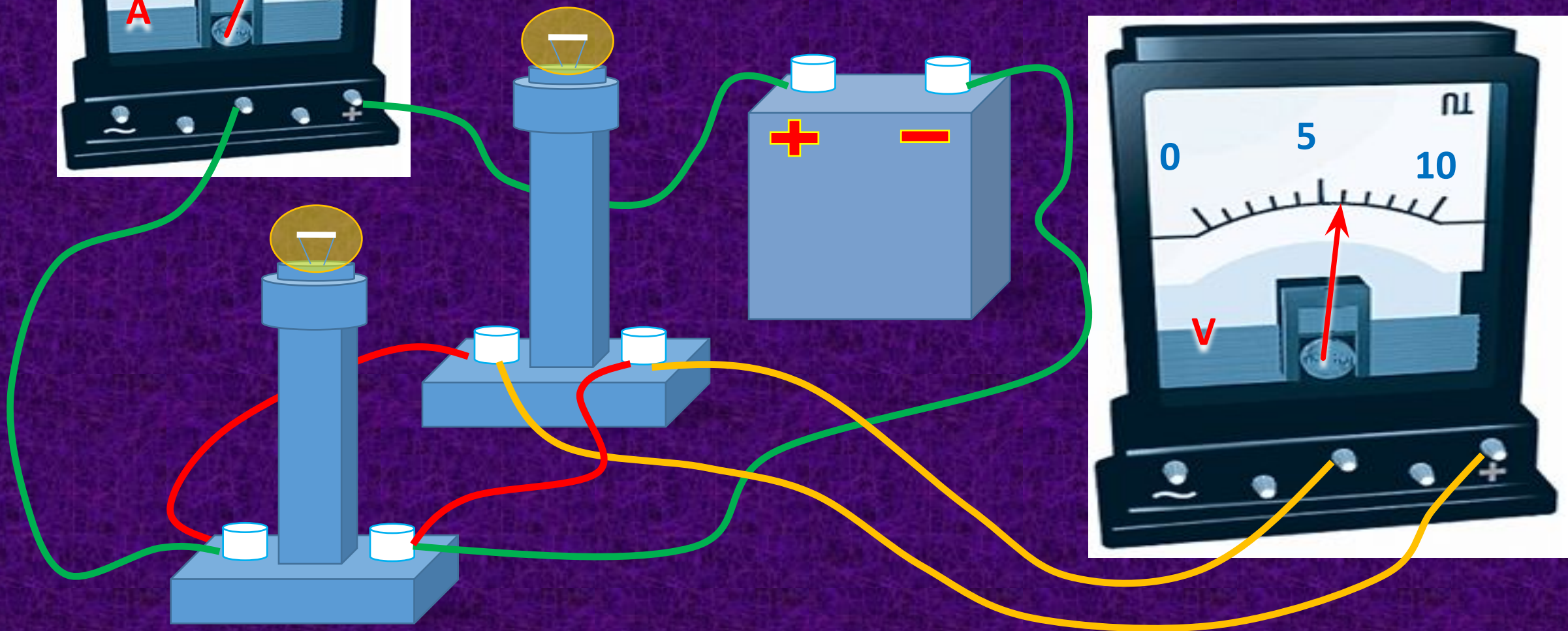
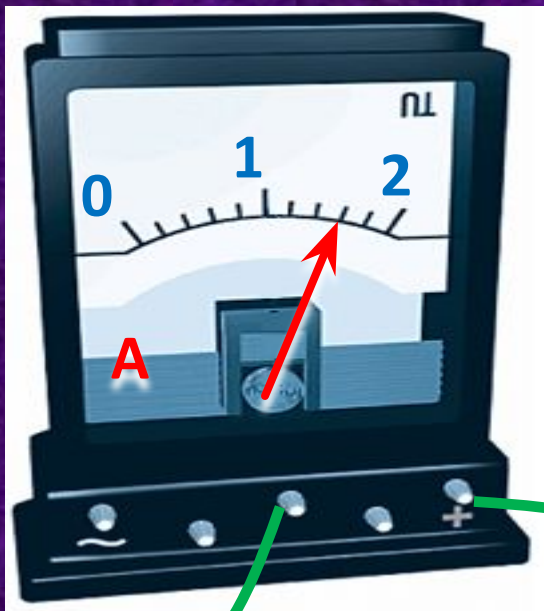
Начертите принципиальную схему этой цепи.



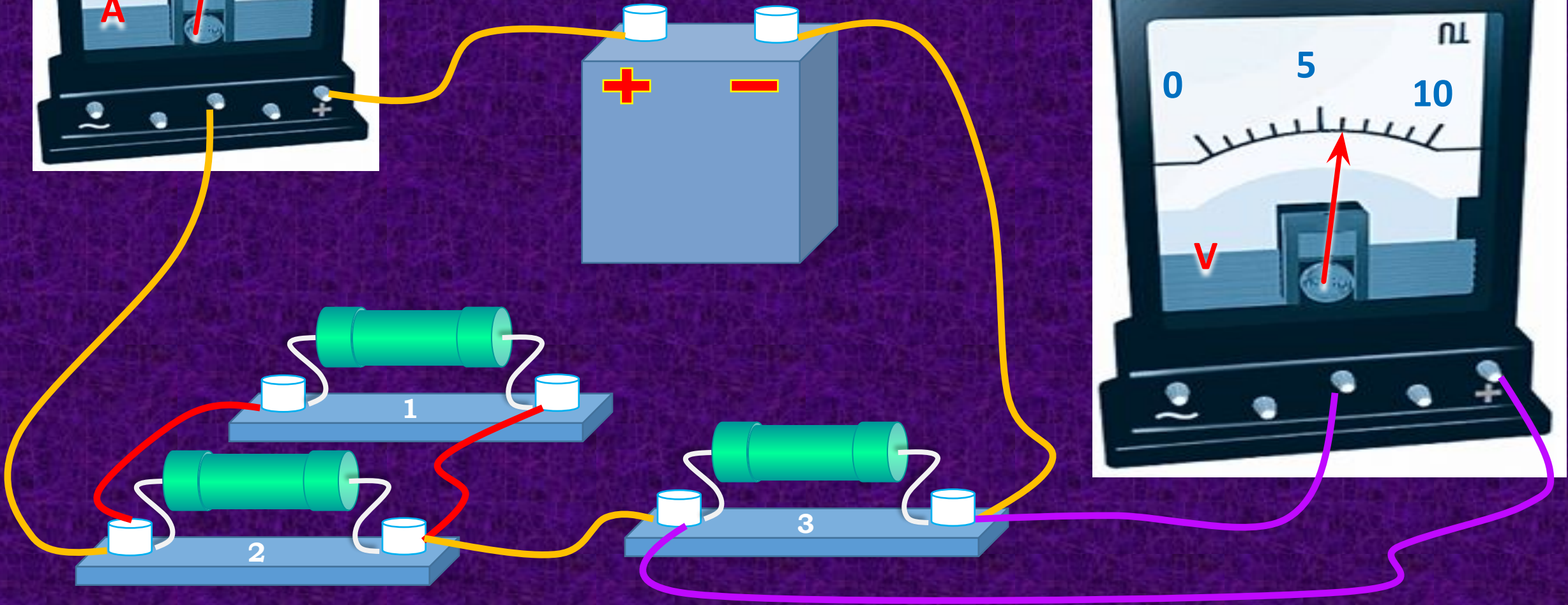
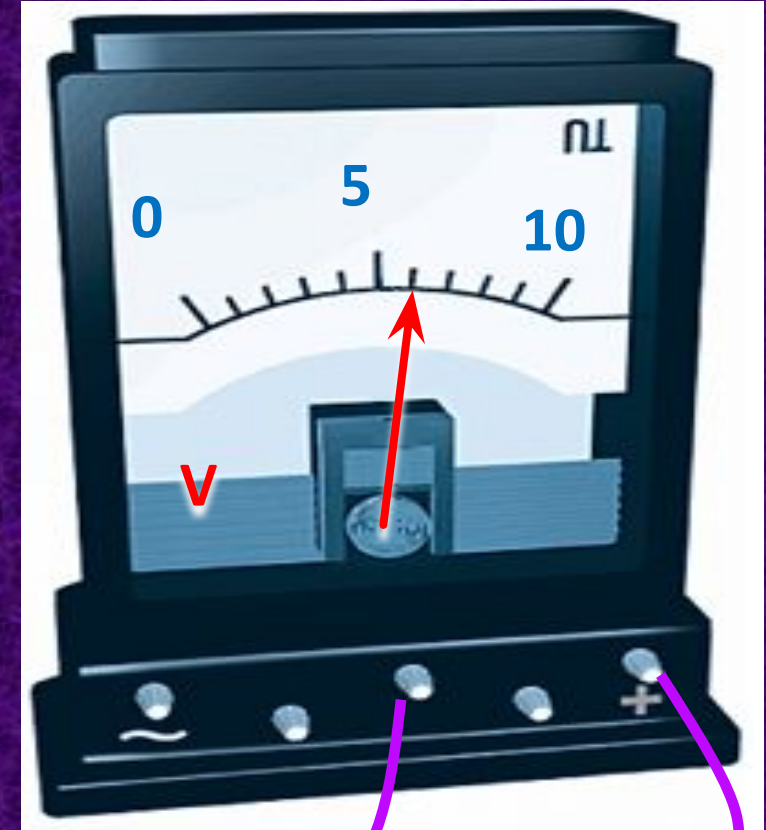
Начертите принципиальную схему этой цепи.



Начертите принципиальную схему этой цепи.



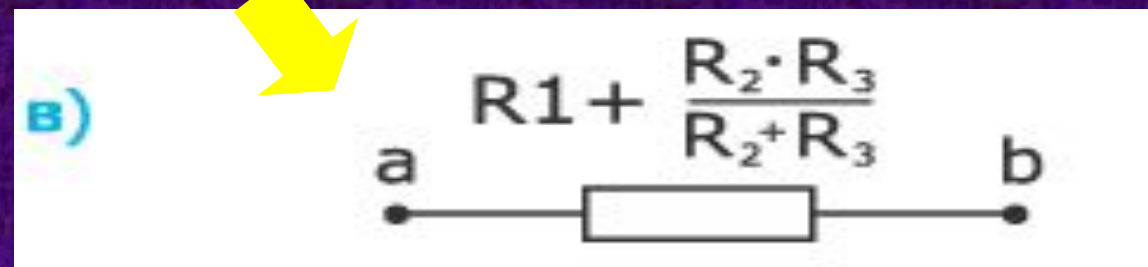
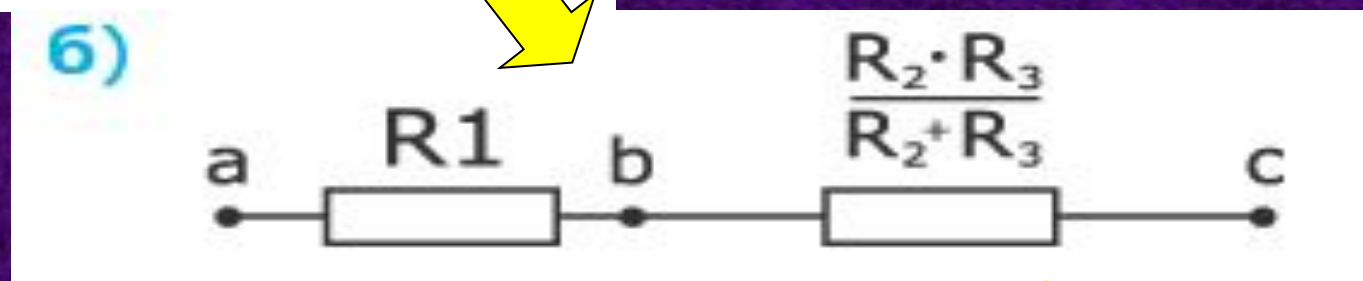
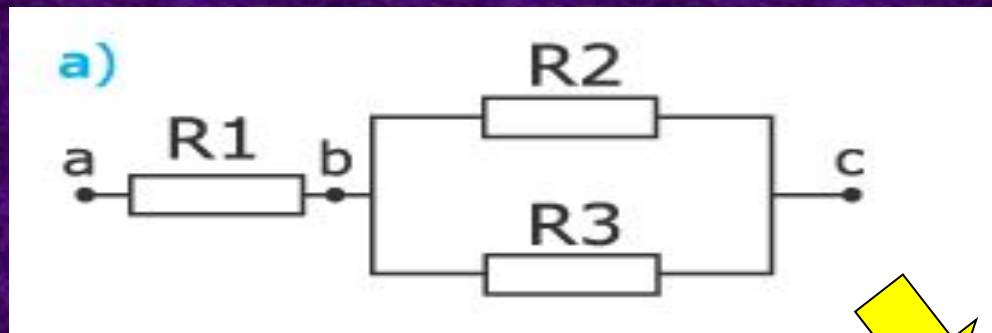
Начертите принципиальную схему этой цепи.



Физический диктант

- 1. Электрическим током называется...
- 2. Единица электрического сопротивления...
- 3. Формула закона Ома для участка цепи...
- 4. Действия электрического тока...
- 5. Мощность тока равна...
- 6. Закон о тепловом действии тока открыл...
- 7. Чему равно общее сопротивление при последовательном соединении...
- 8. Причиной сопротивления является...
- 9. Электрическое сопротивление зависит от...
- 10. Все потребители находятся под одним и тем же напряжении при...
- 11. Электрическое напряжение измеряется..
- 12. Работа тока равна..
- 13. Амперметр включается в цепь...
- 14. Закон Джоуля- Ленца..
- 15. Формула сопротивления проводника...

Замена данной цепи на эквивалентную ей для расчета полного сопротивления цепи



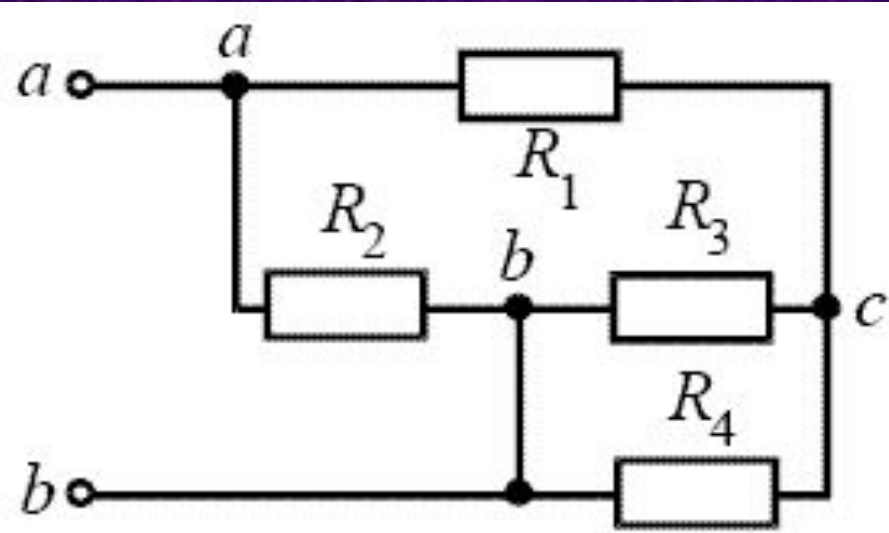


Рисунок 20

Задача 1.2.1 (рисунок 20),
определить
эквивалентное
сопротивление.

Дано:

$$R_1 = 10 \text{ (Ом)},$$

$$R_2 = R_3 = R_4 = 20 \text{ (Ом)}.$$

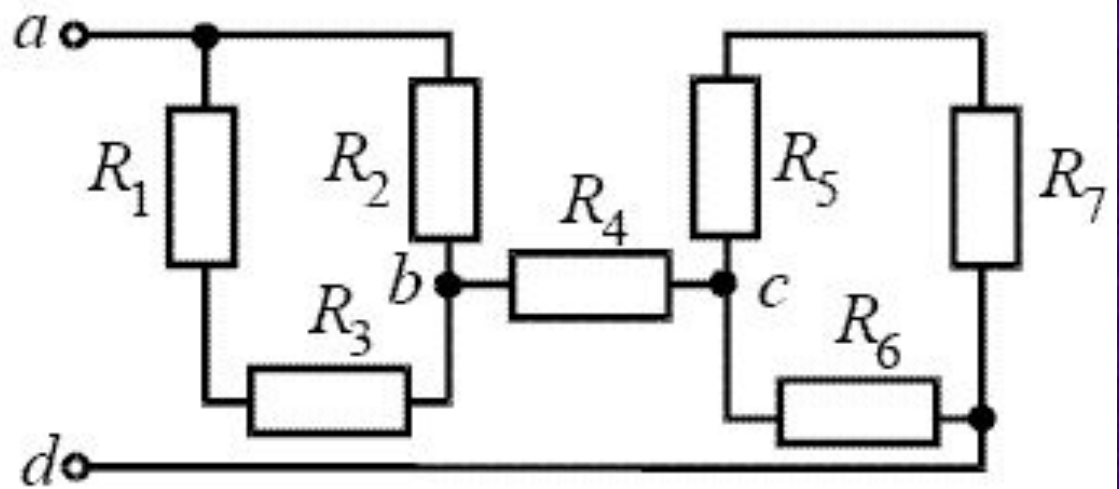


Рисунок 21

Задача 1.2.2 Для цепи (рисунок
21), найти эквивалентное
сопротивление.

Дано: $R_1 = 7 \text{ (Ом)}$, $R_2 = 10 \text{ (Ом)}$,
 $R_3 = 3 \text{ (Ом)}$, $R_4 = 5 \text{ (Ом)}$, $R_5 = 2 \text{ (Ом)}$,
 $R_6 = 8 \text{ (Ом)}$, $R_7 = 6 \text{ (Ом)}$.