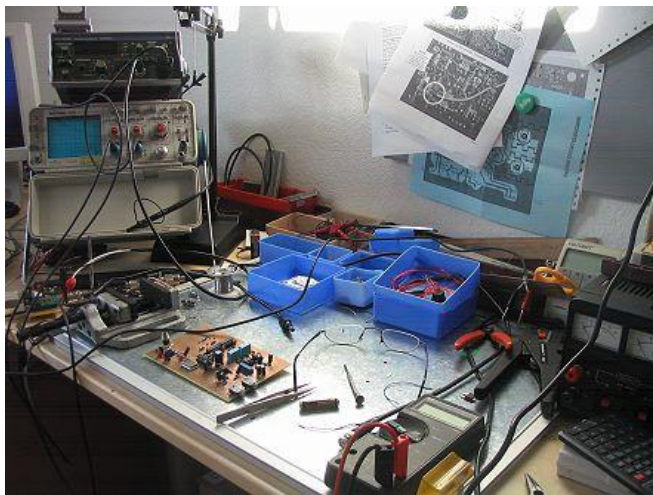


Закон Ома для полной цепи



Презентация О.А.Катуниной

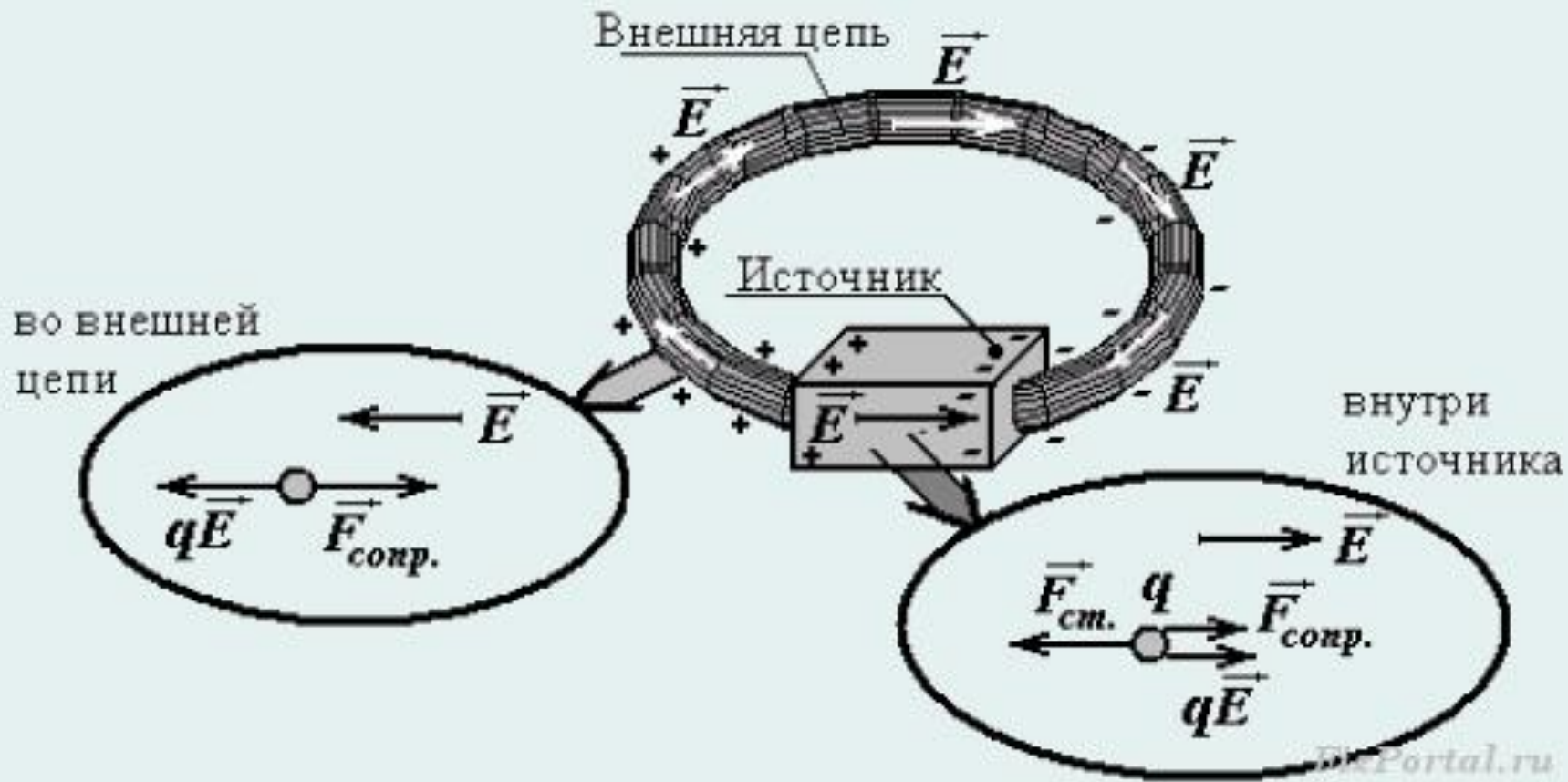
Задачи урока:

Осмыслить применение изученных величин и связывающих их формул;

Обобщить знания об ЭДС и законе Ома для полной цепи

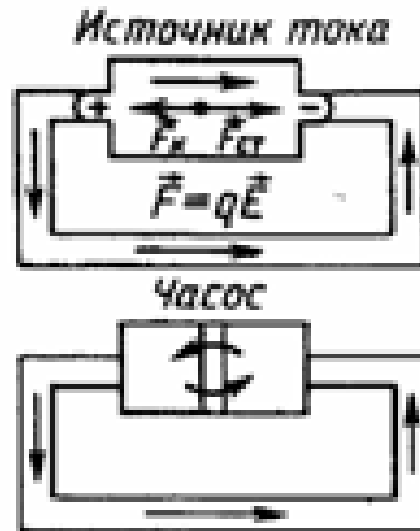
Электрическая цепь - замкнутый путь, по которому происходит перемещение электрических зарядов, состоящий из **источника питания** (например, аккумулятора), **приемника энергии** (например, лампы накаливания) и двух соединяющих их проводов. По одному из проводов заряды поступают от источника к приемнику, по другому возвращается от приемника к источнику.

Скорость распространения электрической энергии в цепи достигает 300 000 км/с



Роль источника тока: разделить заряды за счет совершения работы сторонними силами. Любые силы, действующие на заряд, за исключением потенциальных сил электростатического происхождения (т. е. кулоновских) называют **сторонними силами**.

(Сторонние силы объясняются электромагнитным взаимодействием между электронами и ядрами)



Электрическая энергия вырабатывается за счет механической, химической и других видов энергии. Источник энергии имеет два полюса: положительный и отрицательный. На этих полюсах получаются разные уровни электрических зарядов, которые стремятся выровняться через электрическую цепь, как, к примеру, выравниваются уровни воды в сообщающихся сосудах. **Напряжение** - это сила, с которой заряды стремятся к выравниванию.

Если проводником соединить два тела с разными зарядами (к примеру, обкладки заряженного конденсатора), то под действием напряжения по проводнику будет протекать ток, до тех пор, пока заряды не уравниваются.

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

**ЭДС — энергетическая характеристика источника. Это физическая величина, равная отношению работы, совершенной сторонними силами при перемещении электрического заряда по замкнутой цепи, к этому заряду:
Измеряется в вольтах (В).**

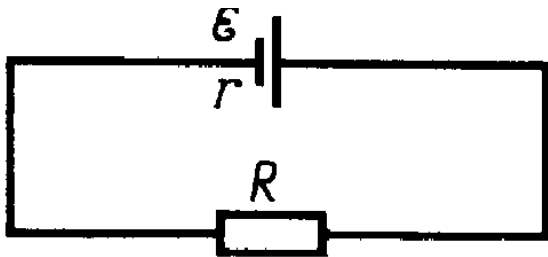
Электродвижущая сила (ЭДС) – это напряжение на зажимах источника при отсутствии тока в цепи, то есть при разомкнутой внешней цепи. $E[V]$



Закон Ома для полной цепи.

Энергетические преобразования в цепи:

$$\left. \begin{aligned} A &= I \varepsilon t \\ A_{\text{внеш}} &= I^2 R t \\ A_{\text{внутр}} &= I^2 r t \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = A_{\text{внеш}} + A_{\text{внутр}}$$



$$\varepsilon = IR + Ir$$

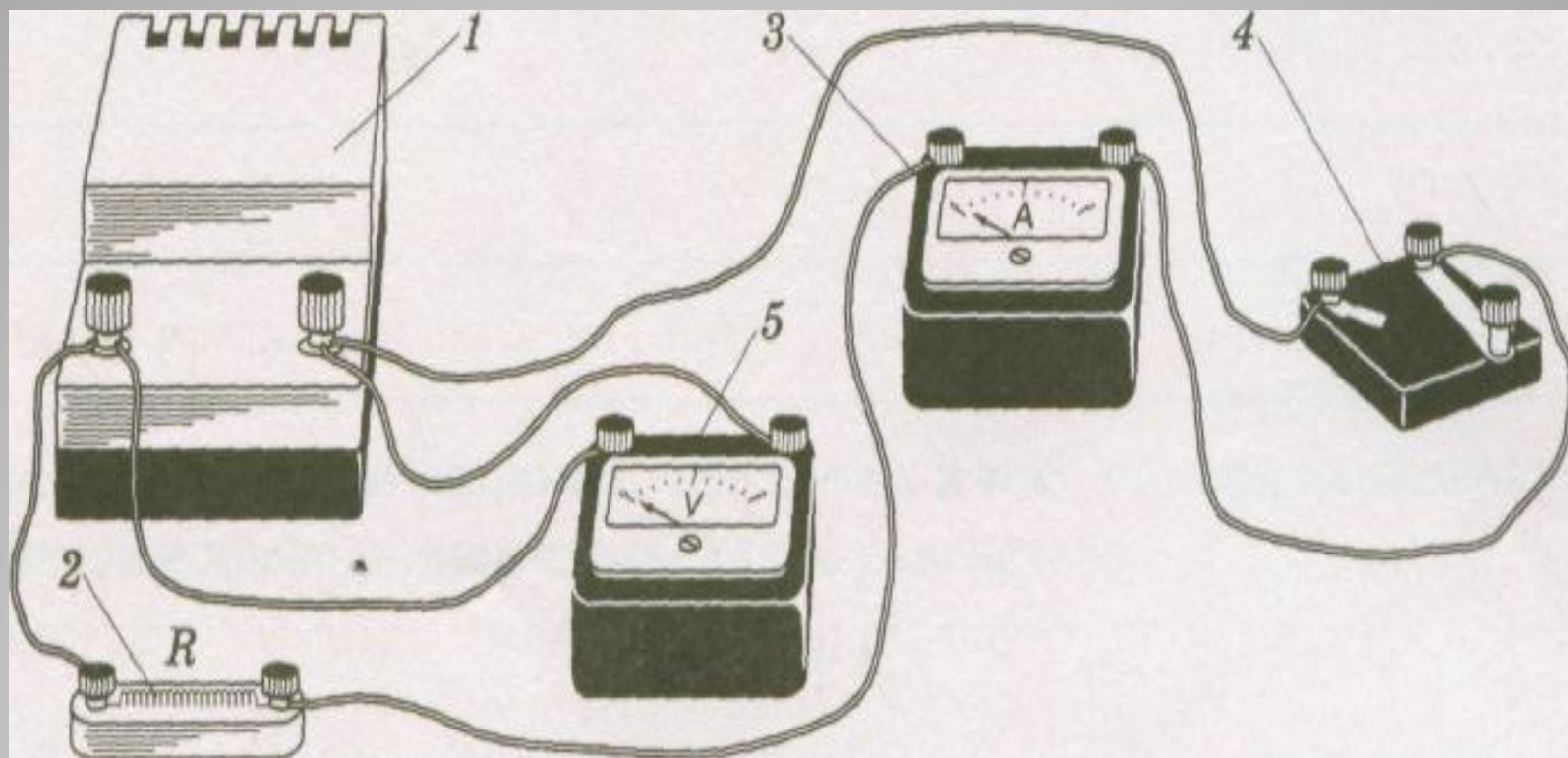
A - работа сторонних сил;

A_{внеш.} - работа тока на внешнем участке цепи сопротивлением **R**;

A_{внутр.} - работа тока на внутреннем сопротивлении источника **r**.

Закон Ома: Сила тока в цепи постоянного тока прямо пропорциональна ЭДС источника тока и обратно пропорциональна полному сопротивлению электрической цепи.

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



Проверка закона Ома на практике

В источниках энергии, разница на уровнях зарядов постоянно поддерживается, поэтому ток в цепи протекает постоянно, до тех пор, пока цепь тока замкнута. Направление тока во внешней цепи считают от положительного (+) к отрицательному (-). Сила тока в цепи одинакова на всех участках и зависит от сопротивления и величины ЭДС источника.

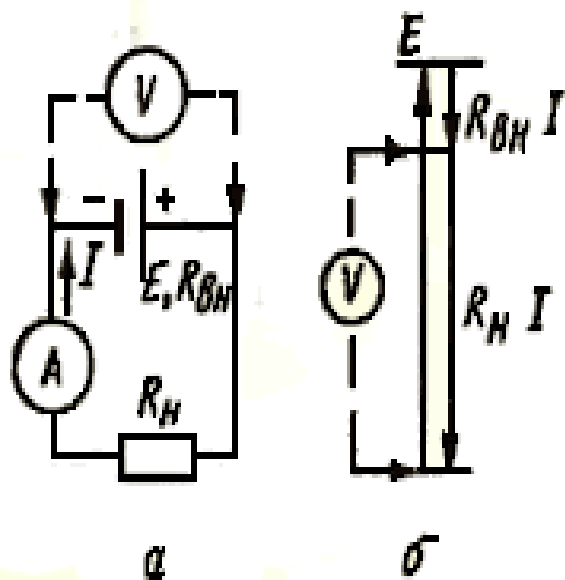
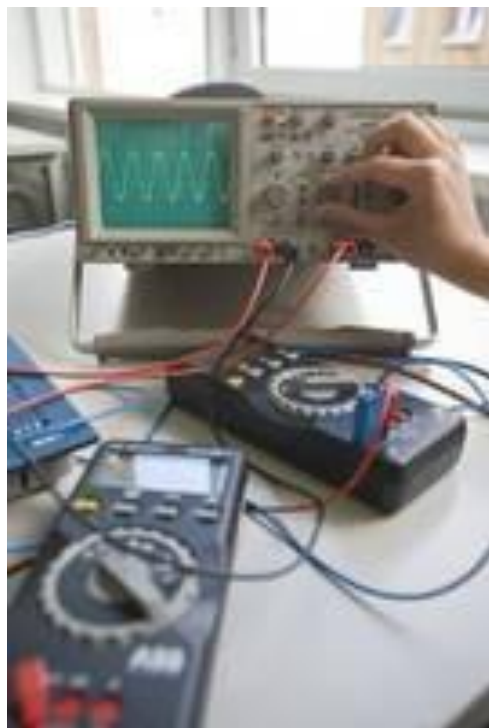


РИСУНОК 1

Замкнутая цепь (а) и графическое изображение распределения напряжений и ЭДС (б);
 E - ЭДС источника; $R_{н}$ - внешнее сопротивление цепи; $R_{вн}$ - внутреннее сопротивление источника тока; V - вольтметр; A - амперметр.

Сопротивление – величина, которая характеризует противодействие электрической цепи току. Обозначается буквой R , и измеряется в Омах [Ом]. Определяется сопротивления **законом Ома**, который выражает зависимость между напряжением, силой тока и сопротивлением:



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

Сопротивление всей цепи (R) равняется сумме сопротивления внешнего участка цепи (R_H) и внутреннего сопротивления источника тока (R_{BH}):

$$\mathbf{R = R_H + R_{BH}}$$

Как видно из формулы, ток преодолевает не только сопротивление внешнего участка цепи, но и внутреннее сопротивление самого источника, при переходе между полюсами этого источника.

Закон Ома может применяться как ко всей части цепи, так и к отдельным ее участкам. Для данной электрической цепи (рисунок), можно написать:

$$I = \frac{U_1}{R_1}; \quad I = \frac{U_2}{R_2}; \quad I = \frac{U_3}{R_{\text{вн}}}$$

I – сила тока в цепи;

U_1 – напряжение (или падение напряжения) на сопротивлении R_1 ;

U_2 – напряжение на сопротивлении R_2 ;

U_3 – падение напряжения на внутреннем сопротивлении источника тока $R_{\text{вн}}$

Сумма напряжений на отдельных участках цепи равна ЭДС источника

$$(U_1 + U_2 + U_3 = E)$$

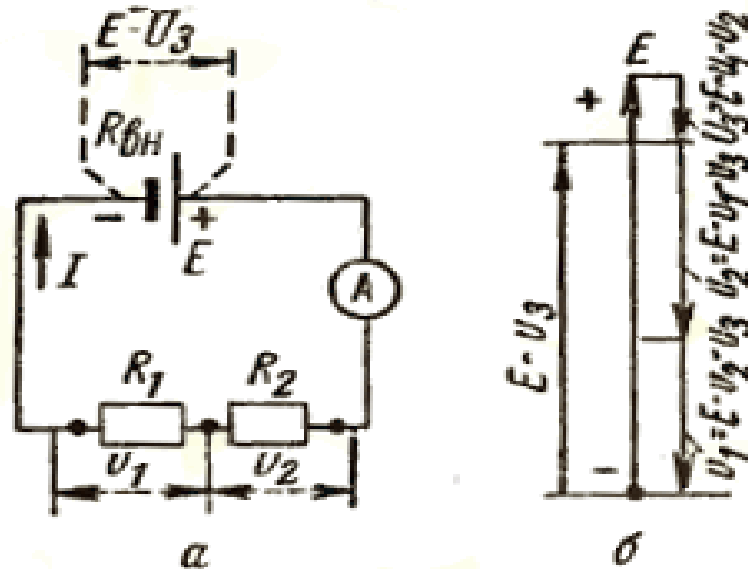


РИСУНОК 2

Замкнутая цепь (а) и графическое изображение распределения напряжений на элементах цепи (б).

На рисунках 1,б и 2,б показаны графические изображения действующих в цепи напряжений, причем длина отрезков, представляющих напряжения, пропорциональна их величинам. Стрелками указано направления действия напряжений.

Такие направленные отрезки, взятые в масштабе, называются - **векторы**. Графическое изображение напряжений и токов, действующих в цепи, с помощью векторов, называют - **векторная диаграмма**.

Если сопротивление внешней цепи по сравнению с внутренним сопротивлением становится небольшим, и можно считать, что оно равно нулю, то в цепи возникает **режим короткого замыкания источника энергии**. Сила тока I_k при этом может достигнуть очень высоких значений, т.к. $R_{вн}$ во много раз меньше сопротивлений токоприемников.

Сила тока короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_k = \frac{E}{R_{вн}}$$

Короткое замыкание - это соединение двух точек электрической цепи с разными по значению потенциалами. Не предусмотренное конструкциями устройства состояние, нарушающее нормальную работу этого устройства. Короткое замыкание может возникнуть при повреждении изоляции, когда провода, идущие от источника тока к приемнику, соединяются (замыкаются) между собой.

При коротком замыкании резко и многократно возрастает сила тока, протекающего в цепи, что, согласно закону Джоуля — Ленца приводит к значительному тепловыделению, и, как следствие, расплавлению электрических проводов, с последующим возникновением возгорания и распространением пожара.

Сила тока короткого замыкания – максимальная сила тока, которую можно получить от данного источника с электродвижущей силой и внутренним сопротивлением r .

У источников с малым внутренним сопротивлением ток короткого замыкания может быть очень велик и вызывать разрушение электрической цепи или источника.

Например, у свинцовых аккумуляторов, используемых в автомобилях, сила тока короткого замыкания может составлять несколько сотен ампер.

Особенно опасны короткие замыкания в осветительных сетях, питаемых от подстанций (тысячи ампер).

Чтобы избежать разрушительного действия таких больших токов, в цепь включаются предохранители или специальные автоматы защиты сетей.

В ряде случаев для предотвращения опасных значений силы тока короткого замыкания к источнику последовательно подсоединяется некоторое внешнее сопротивление.

Тогда сопротивление r равно сумме внутреннего сопротивления источника и внешнего сопротивления, и при коротком замыкании сила тока не окажется чрезмерно большой



Возникновение пожара вследствие замкнутых электрических проводов

Методы защиты

Для защиты от короткого замыкания принимают специальные меры:

Ограничивающие ток короткого замыкания:

устанавливают токоограничивающие электрические реакторы;

применяют распараллеливание электрических цепей, то есть отключение секционных и шиносоединительных выключателей;

используют понижающие трансформаторы с расщеплённой обмоткой низкого напряжения;

используют отключающее оборудование — быстродействующие коммутационные аппараты с функцией ограничения тока короткого замыкания - плавкие предохранители и автоматические выключатели;

Применяют устройства релейной защиты для отключения поврежденных участков цепи



Фотография шкафа
релейной защиты
действующей тяговой
подстанции

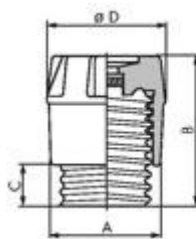
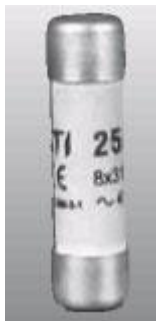


Электрический автомат также срабатывает при протекании через него тока большего, чем номинальный (уставка) и отключается. После срабатывание его легко можно вернуть во включенное состояние, что является основным преимуществом перед предохранителем.

Предохранитель - это простейшая защита. Работает он следующим образом: когда ток, протекающий через предохранитель, превысит номинальное значение, предохранитель перегорит и разорвет цепь, защитив оборудование. Отсюда и основной недостаток: предохранитель одноразовый.



Плавкие предохранители широко применяют в электротехнических установках для защиты электрооборудования от токов перегрузки и коротких замыканий. Это аппараты однократного действия, требующие замены плавкого элемента после каждого срабатывания. При токах, несущественно превышающих номинальное значение, нагрев вставки имеет установившийся характер, при котором все выделяемое в ней тепло отдается в окружающую среду. При этом, кроме вставки, приблизительно до этой же температуры нагреваются все элементы предохранителя. Температура нагрева при этом такова, что плавкая вставка не расплавляется. В аварийном режиме при быстром и значительном увеличении тока, проходящего через плавкий элемент, последний плавится, разрывая электрическую цепь.

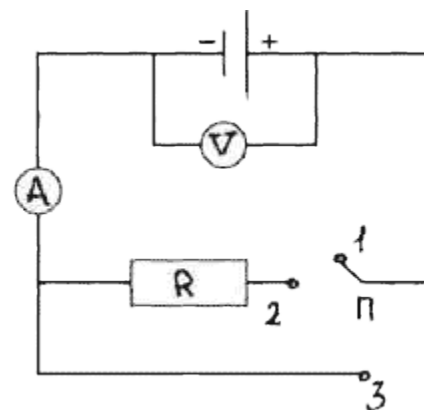


В реальной электрической цепи, ток не может возрасти до бесконечности при снижении сопротивления нагрузки до нуля (например, при коротком замыкании).

А, ограничивается сопротивлением источника тока - r .
Иначе, аккумуляторы бы просто взрывались, от мгновенного выделения огромной мощности. Что, справедливости ради, стоит заметить, иногда бывает, в ноутбуках и прочих современных устройствах с мощными аккумуляторами. Там, конечно, сопротивление - r не равно нулю, но имеет довольно низкое значение, и, в случае КЗ выделяется много тепла. Это приводит к тому, что корпус аккумулятора как-бы лопается, от резкого выделения газов в нем. Что можно назвать, в какой то мере – «взрывом»

Задание 1.

На рисунке изображена электрическая цепь. Определить показания амперметра и вольтметра для положений 1 и 2 переключателя П. ЭДС источника $1,5\text{В}$, его внутреннее сопротивление $r = 0,50\text{м}$, сопротивление $R = 2,50\text{м}$. Сопротивление амперметра и подводющих проводников ничтожно мало, а сопротивление вольтметра очень велико. Каковы будут показания амперметра и вольтметра, если переключатель окажется на контакте 3?



Положение 1:

$$U_1 = \varepsilon = 1,5B; \quad I_1 = 0.$$

Положение 2:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{1,5B}{2,50M + 0,50M} = 0,5A.$$

$$U_2 = I_2 R = 0,5A \cdot 2,50M = 1,25B.$$

Положение 3:

$$R = 0; \quad I_3 = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{1,5B}{0,50M} = 3A; \quad U_3 = 0.$$

Как вы думаете, какое напряжение может представлять опасность для жизни человека?

(Подсказка: опасная для жизни человека сила тока равна 0,05 А).

Сопротивление человеческого тела между его руками изменяется в зависимости от его самочувствия, опускаясь до 800 Ом.

Следовательно, человек может погибнуть при напряжении уже в 40В!

С током лучше не шутить!

До новых встреч!