

Часть I

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

# Электрический заряд

- Если мы проведём пластмассовой расчёской по сухим волосам, а затем снова поднесём расчёску к волосам, то заметим, что волосы как бы притягиваются к расчёске.
- Причина этого явления в том, что происходит электризация – т.е. образование на поверхности тел(расчёски и волос) электрических зарядов. Опыт показывает, что посредством трения можно зарядить любое тело, хотя существуют и другие способы сообщить телу заряд.
- В нашем случае тела, после того как зарядились, начали притягиваться. Но если мы, возьмём другую пластмассовую расчёску, и проведём по другим волосам, а затем поднесём первые волосы ко вторым, то увидим, что между ними происходит отталкивание.
- **Заряды которые отталкиваются друг от друга, имеют одинаковые знаки.(+ и +, либо – и – ). А заряды которые притягиваются, имеют разные знаки (+ и – ).**

# Электрический заряд и конденсатор

- Величина накопленного заряда напрямую зависит от размеров тел, на которых скапливается заряд.
- Если мы возьмём две металлические пластины и расположим их на некотором небольшом расстоянии друг от друга, зарядим одну пластинку “+” зарядом, а другую “--” зарядом, и подсоединим проводами лампочку к пластинам, то лампочка кратковременно вспыхнет и погаснет.

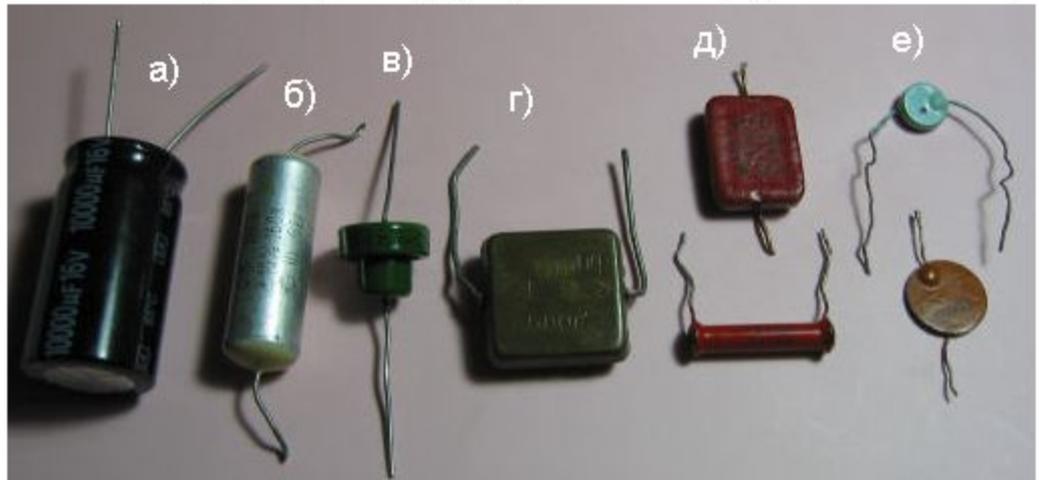


# Конденсатор

- В приведённом выше примере мы использовали простейший конденсатор. На практике, для увеличения поверхности обкладок (пластин), а следовательно и количества накапливаемого заряда, используют конструкцию, где два слоя фольги, разделённые бумагой, смотаны в плотный рулон.
- Существуют и другие конструкции конденсаторов, например, электролитический конденсатор, - там в роли одной из обкладок выступает электролит, другой - алюминиевый корпус, оксидная плёнка на его поверхности - в роли изолятора.
- Более современные варианты – танталовые конденсаторы. В качестве обкладки – пористый металл, увеличивающий площадь поверхности соприкосновения, а следовательно и величину накапливаемого заряда.

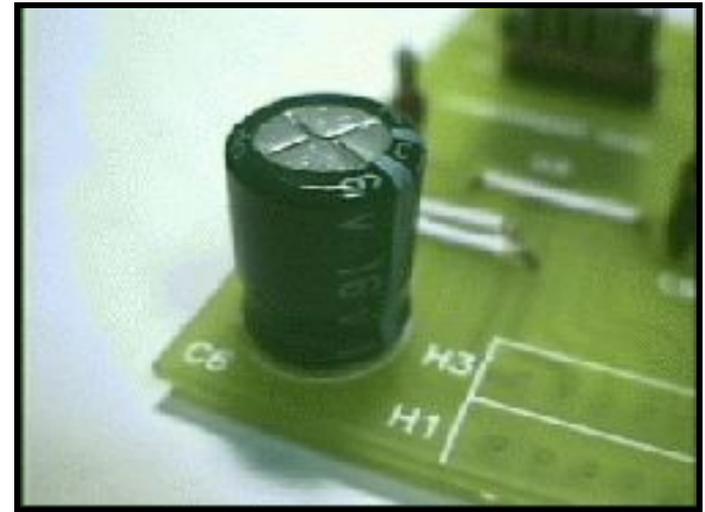
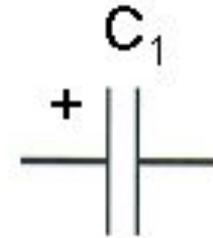


Виды конденсаторов: а) электролитический, б) бумажный, в) танталовый, г) слюдяной, д) керамический, е) сегнетоэлектрики



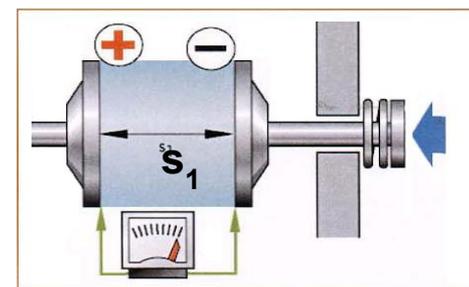
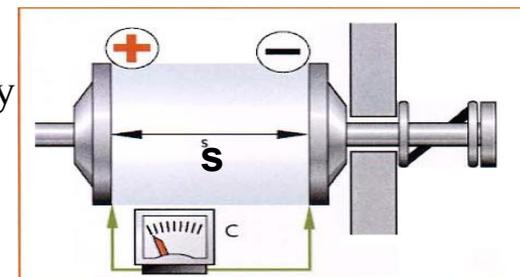
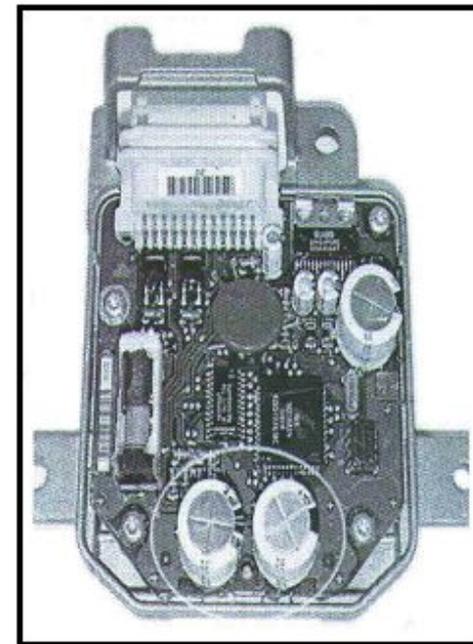
# Конденсатор-обозначение на схемах и единицы измерения

- На электросхемах конденсатор обозначается символом и буквой “С” с индексом. Также указывается как подключен конденсатор (ориентация “+” обкладки)
- Максимальное количество заряда, которое способен накопить конденсатор на своих обкладках называется **ёмкостью** и измеряется в Фарадах, или в десятых долях Фарада, что встречается чаще, т.к. 1Ф достаточно большая величина.
- **$1\text{мкФ}=10^{-6}\text{Ф}$**  (микрофарад)
- **$1\text{пФ}=10^{-12}\text{Ф}$**  (пикофарад)
- площади пластин и



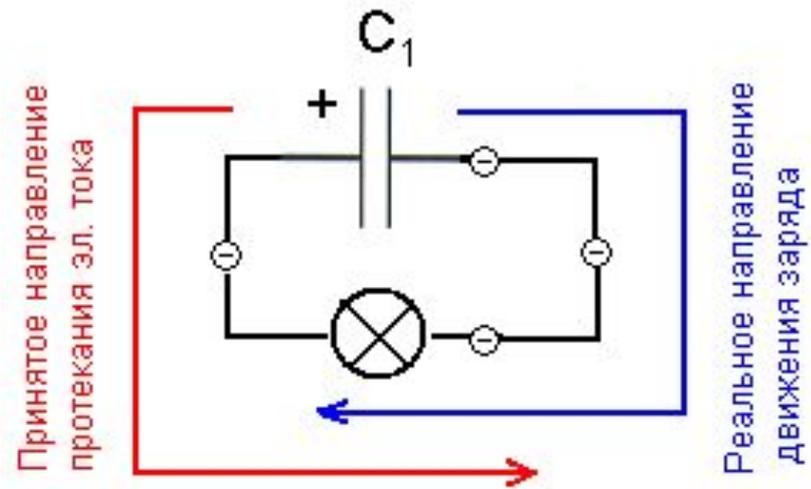
# Применение конденсаторов

- В автомобиле конденсаторы используются во многих местах.
- Наиболее часто в RC цепях в роли частотных фильтров и цепях задержки.
- В чистом виде свойство конденсатора – сохранять какое то время заряд, используется в системе SRS airbag.- В блоке управления подушками безопасности и преднатяжителями ремней стоят конденсаторы большой ёмкости, энергия которых используется при обрыве провода питания во время аварии.
- Другой пример использования свойств конденсатора – изменяющаяся в зависимости от расстояния между пластинами, ёмкость конденсатора.
- Действительно, если мы приблизим одну из пластин конденсатора, к другой, то обнаружим, что количество заряда которое сможет накопить конденсатор, увеличится. На этом принципе работает датчик системы ESP, измеряющий усилие воздействия водителя на педаль тормоза. Представляет собой два керамических диска, между которыми силикон.
- Изменение частоты колебательного контура за счёт изменение площади перекрытия пластин осуществляется в подстроечных цепях радиопередатчиков.
- Преимущества ёмкостных датчиков– отсутствие механического контакта частей, а следовательно отсутствие искрения и влияния изнашивания и окисления.



# Электрический ток

- В опыте с конденсатором, в то время когда горела лампочка, по проводам протекал электрический ток.
- Что же такое электрический ток?
- Если мы, не заряжая конденсатор, опять подключим лампочку, то лампочка гореть не будет, потому что заряд который был на обкладках израсходовался –переместился (отрицательные заряды притягиваются к положительным) и вызвал нагрев нити.
- **Упорядоченное движение отрицательных частиц(электронов) внутри тела называется электрическим током.**
- Исторически, **за направление протекания эл. тока принято движение(от большего “+” к меньшему “--”).**



# Внешние проявления протекания электрического тока

О наличии эл. тока судят по его внешним проявлениям.

Более того, процессы, вызывающие возникновения эл. тока, обратимы и управляемы-т. е. при необходимости, пропуская эл. ток можно получить определённый эффект.

Тепловое  
действие

При протекании эл. тока в проводниках с большим сопротивлением, проводники нагреваются  
Примеры: Лампы накаливания, прикуриватель, нить обогрева заднего стекла

Электро  
химическое

Химическая энергия преобразуется в электрическую, и наоборот.  
Примеры: Аккумуляторная батарея

Электро  
магнитное

При протекании эл. тока по проводнику, вокруг проводника образуется электромагнитное поле. и наоборот.  
Примеры: Стартер, генератор, эл. приводы

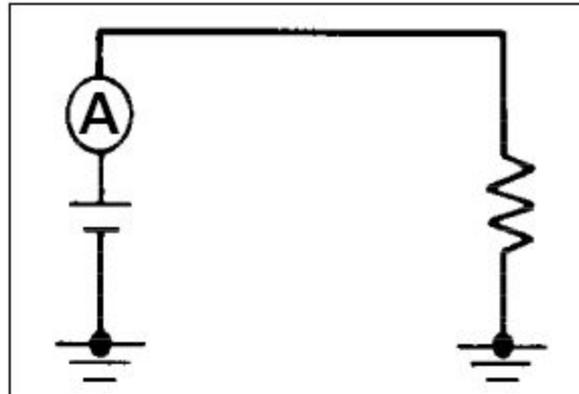
# Сила тока

- Одна из характеристик эл. тока – сила тока  $I$ .
- **Заряд** или количество частиц-носителей заряда, проходящих через проводник **в единицу времени**, описывается величиной названной **силой тока**.
- Чем больше частиц прошло, тем больше сила тока и наоборот.
- Единица измерения силы тока – ампер, А
- На практике оперируют как целыми значениями, так тысячными и миллионными долями А.

$$1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A (миллиампер)}$$

$$1\text{mA} = 10^{-6} \text{ A (микроампер)}$$

- Практически, силу тока измеряют амперметром.
- **Амперметр** в цепь, где необходимо измерить силу тока, **включают последовательно**.

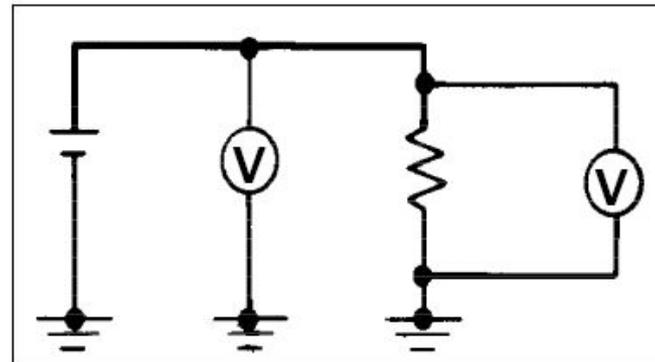


# Напряжение

- Так как ничего само по себе не происходит, то совершенно очевидно, что для переноса заряда из одной точки в другую (протекания эл. тока) необходима некая внешняя сила.
- В примере с конденсатором, мы сообщали обкладкам заряд (прикладывали силу для электризации). И конденсатор стал обладать энергией. За счёт взаимного притяжения разноимённых зарядов, после соединения обкладок проводником, в цепи потёк ток.
- Так как носители заряда перемещаются из одной точки в другую, то считают что точка откуда заряды перемещаются обладает потенциалом большим, чем точка куда заряды переместились.
- **Разность потенциалов между двумя точками относительно третьей точки называется напряжением.**
- Напряжение обозначается буквой  $U$ , измеряется в **В** (вольт).
- На практике оперируют как целыми значениями, так тысячными долями **В**.
- **$1\text{кВ} = 10^3\text{В}$**
- **$1\text{мВ} = 10^{-3}\text{В}$**
- В автомобильных электрических цепях напряжение **12В** или **24 В**.

# Измерение напряжения

- Практически, напряжение измеряют вольтметром.
- **Вольтметр включают параллельно** участку цепи на котором хотят померить напряжение или его падение.
- Как говорилось ранее, напряжение-это разность потенциалов. В случае автомобильной АКБ “+” клемма обладает потенциалом +12 В, а “-” клемма потенциалом 0 В.
- “-” клемма АКБ также соединена с корпусом автомобиля, являющимся как бы общей точкой с 0-м потенциалом для всех потребителей, и потому часто называется “массой”.



# Проводники, диэлектрики, полупроводники.

## Электрическое сопротивление.

- Все металлы и некоторые другие вещества могут пропускать через себя электроны т.е. являются **проводниками**.
- Большинство пластмасс, стекло, а также керамика, сухая древесина, бумага не пропускают через себя электрический ток, хотя и скапливают заряд на своей поверхности, и называются **диэлектриками**.
- Есть ещё и третий класс веществ называемых **полупроводниками**, сочетающих в себе свойства двух предыдущих. Эти свойства проявляются при определённых условиях.
- Свойство ограничивать прохождение заряда через себя(«создавать помехи») называется **электрическим сопротивлением**.
- Электрическое сопротивление зависит от материала, длины проводника и площади его поперечного сечения. – Чем больше длина проводника и меньше площадь его поперечного сечения, тем больше электрическое сопротивление, и наоборот.



Электроны



Электрическое сопротивление

$$R = \rho * \frac{L}{S}$$

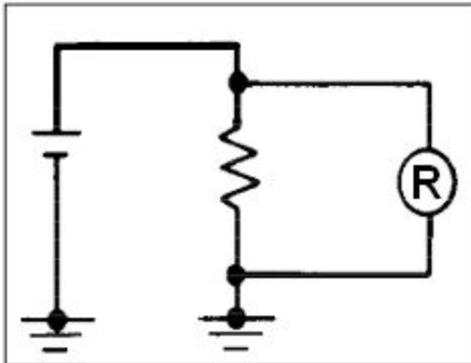
L - длина проводника, м

S - площадь поперечного сечения проводника, мм<sup>2</sup>

ρ - удельное сопротивление, Ом \* мм<sup>2</sup>/м

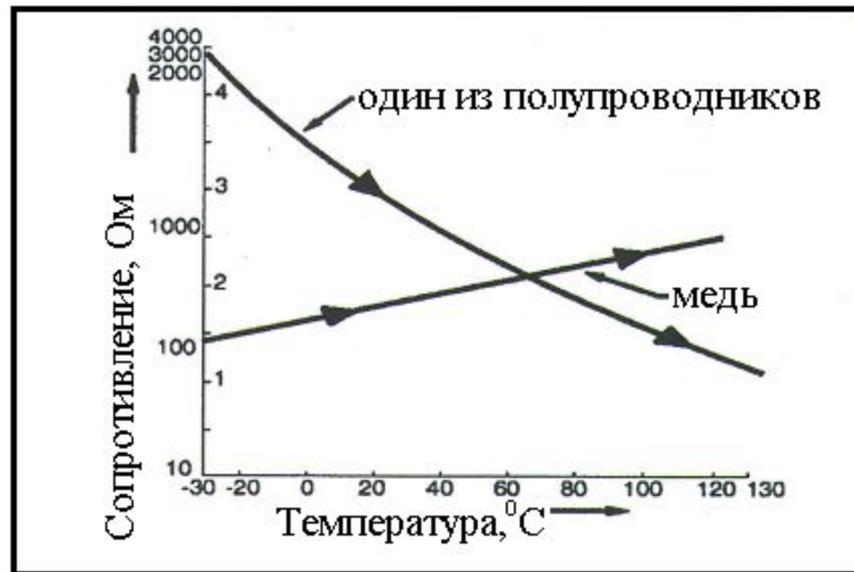
# Электрическое сопротивление. Измерение электрического сопротивления

- Даже любой проводник обладает тем или иным сопротивлением.
- Единица измерения сопротивления **Ом**.
- Сопротивлением в 1 Ом обладает проводник через который протекает ток в 1 А при разности потенциалов на его концах в 1 В.
- В практике чаще всего сталкиваются со значениями от долей и единиц до  $10^6$  Ом.
- **1кОм=1000 Ом = $10^3$  Ом**
- **1мОм=1000000 Ом= $10^6$  Ом**
- Измерение эл. сопротивления производится омметром.
- Омметр подключается параллельно участку, сопротивление которого измеряется.



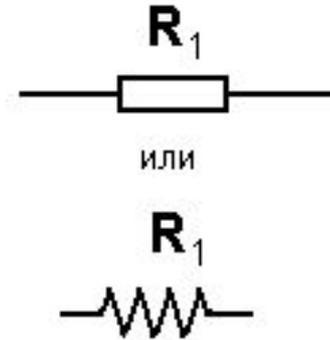
# Зависимость электрического сопротивления от температуры

- Электрическое сопротивление напрямую зависит от температуры.
- Сопротивление всех металлических проводников и большинства сплавов увеличивается с ростом температуры
- Сопротивление полупроводников уменьшается
- Сопротивление сплава константан мало зависит от изменения температуры в достаточно широких пределах, поэтому он широко используется в измерительных приборах.
- Сопротивление некоторых диэлектриков также может меняться в зависимости от температуры. Так при нагреве стекла до температуры близкой к плавлению, оно начинает проводить ток.

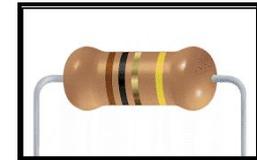
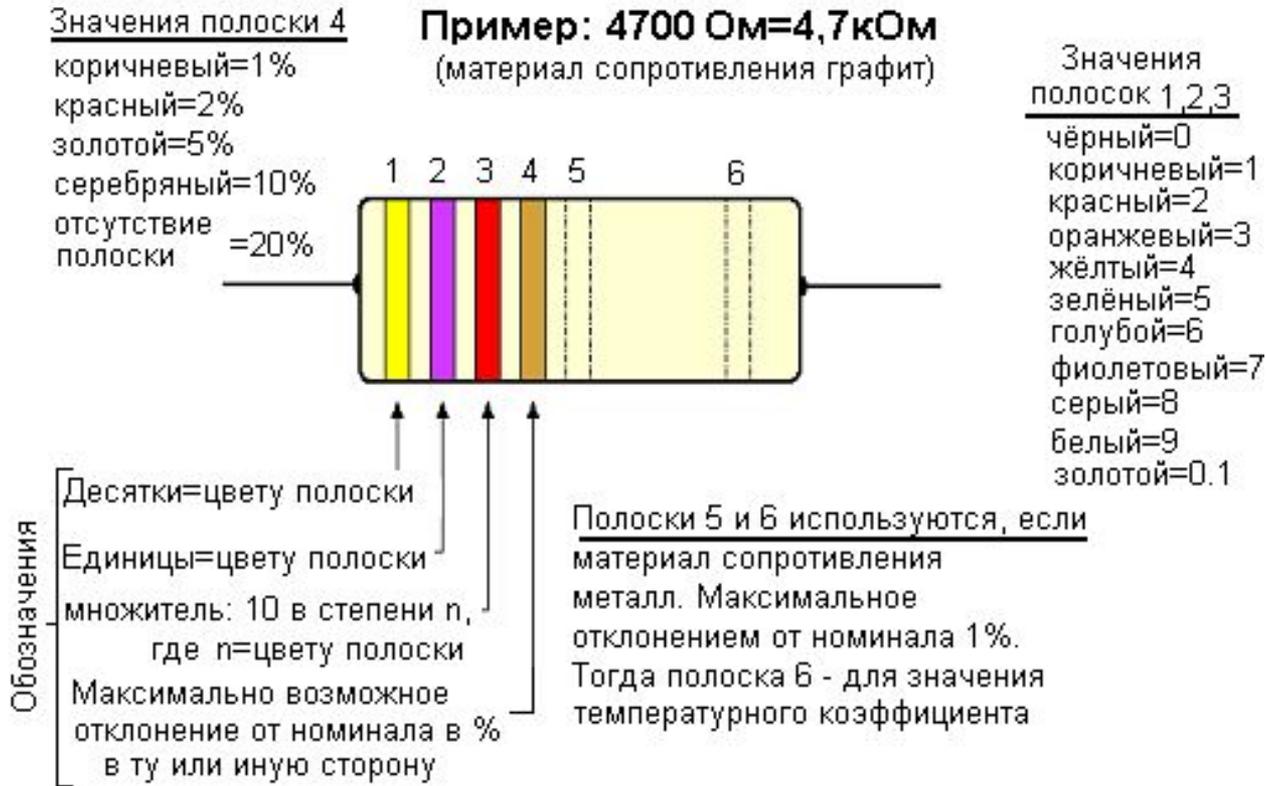


# Резисторы-обозначение на схемах и единицы измерения

- Элементы назначение которых изменять значения токов и напряжений в эл. цепях называются резисторами.
- Резисторы бывают:
- постоянные и переменные.
- рассчитанные на большие или малые токи.
- графитовые, металлические
- На электросхемах постоянные резисторы обозначаются символом и буквой “R” с индексом.
- Как правило, значения сопротивления от долей до десятков **Ом** имеют нити ламп накаливания, десятки и сотни **Ом** -обмотки реле и электромоторов исполнительных механизмов, в несколько **кОм** – высоковольтные провода, в **МОм** – изоляция проводов.
- **1кОм=1000 Ом =10<sup>3</sup> Ом**
- **1МОм=1000000 Ом=10<sup>6</sup> Ом**
- Общее правило: мощные потребители имеют низкое сопротивление, слабые –большое.
- “Отсутствие” сопротивления в цепи, или его очень маленькие значения называется **коротким замыканием**.



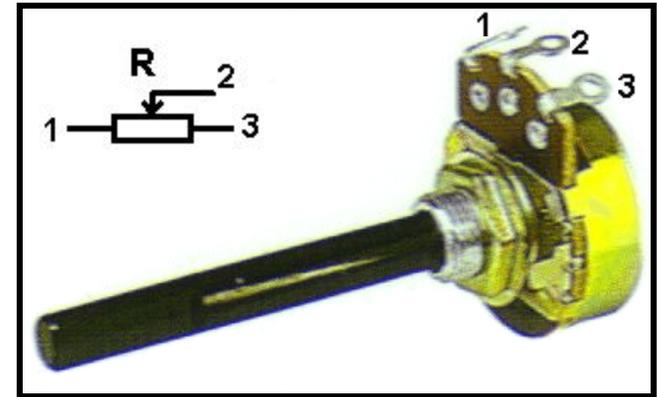
# Считывание значений



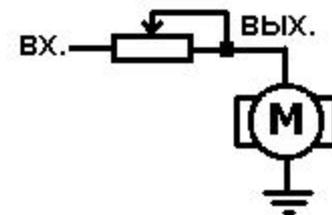
- Значения сопротивлений, или по другому резисторов, нанесены на них самих в виде цветных полосок. Для их расшифровки пользуются декодером. Чтение производится слева направо.

# Переменные сопротивления (реостаты)

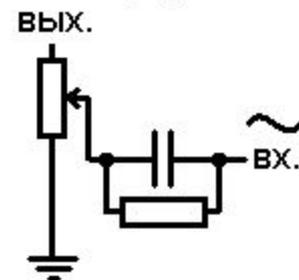
- До этого мы рассматривали постоянные резисторы, сопротивление которых при условии относительно постоянной температуры не может изменяться.
- Активно используется и другой тип резисторов, конструкция которых даёт возможность изменения величины эл. сопротивления в достаточно широких пределах. Они называются переменными сопротивлениями или реостатами.
- Традиционно их конструкция представляет собой дугу окружности с намотанной нихромовой проволокой, либо графитовым напылением и скользящий по её поверхности контакт (движок). Три вывода реостата используются для разных вариантов включения в цепь:
- Для силовых схем используется вариант с общей выходной точкой реостата и движка.
- В схемах управления один из выводов реостата соединён с "--", другой является выходной точкой, движок – входная точка.



В силовых схемах



В схемах управления



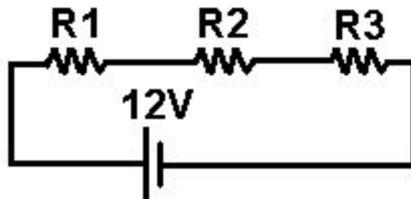
# Применение резисторов

- Области применения резисторов чрезвычайно широки. Перечислим лишь некоторые примеры.
- Постоянные сопротивления:
  - элементы разнообразных схем (до 80% числа всех элементов).
  - делители напряжений
  - мостовые измерители
  - RC цепи
  - добавочные сопротивления для регулирования оборотов эл. двигателя отопителя
- Переменные сопротивления:
  - для подстройки эл. схем
  - датчики положений
  - салонные регуляторы освещения и подсветки приборной панели

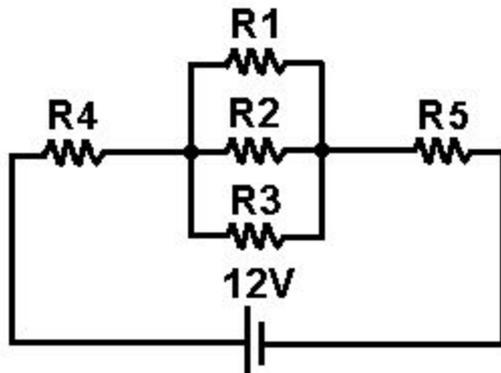
# Электрические цепи

- Любая электрическая цепь включает в себя, нагрузку источник питания и соединительные проводники, сопротивлением которых пренебрегают.
- В роли нагрузки могут выступать любые потребители: лампы, эл. моторы, электронные устройства и т.д.
- По состоянию цепи делятся на замкнутые и разомкнутые.
- По соединениям проводников на цепи: с последовательным соединением, параллельным соединением, и комбинированные(сочетания последовательных и параллельных соединений).

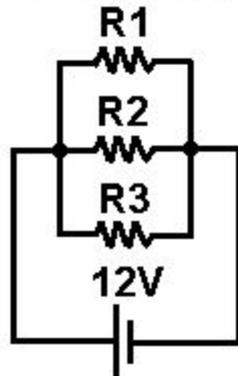
Последовательное  
соединение



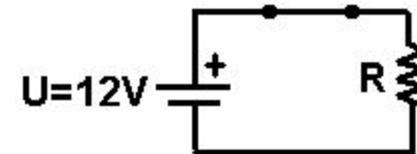
Комбинированное  
соединение



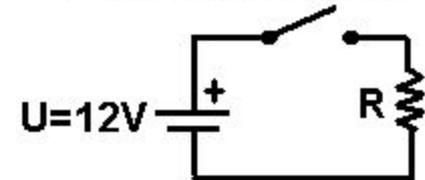
Параллельное  
соединение



Замкнутая цепь

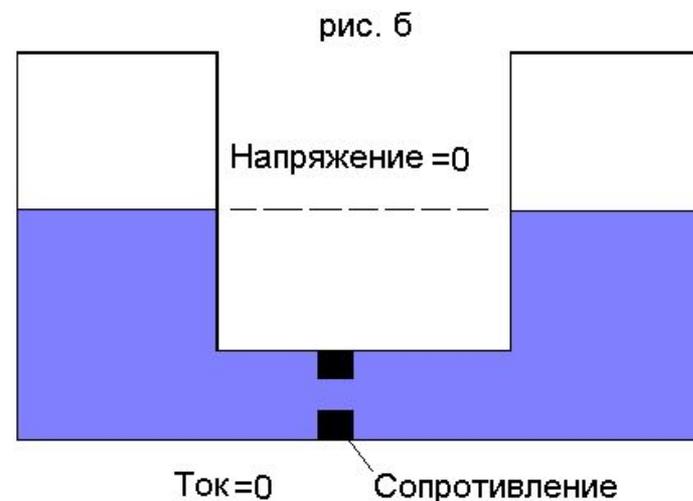
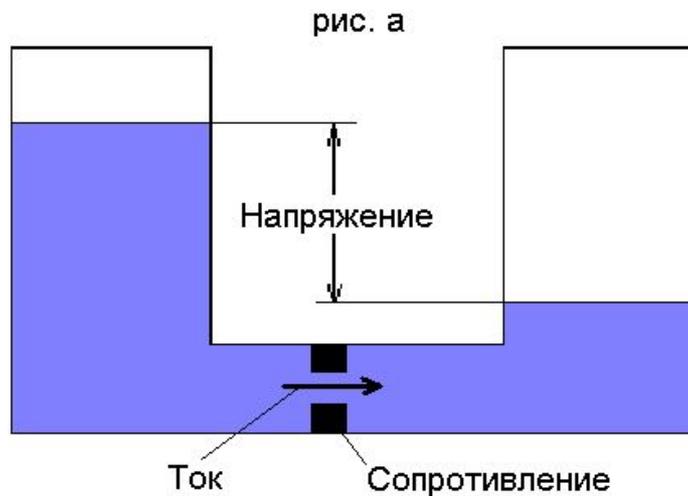


Разомкнутая цепь



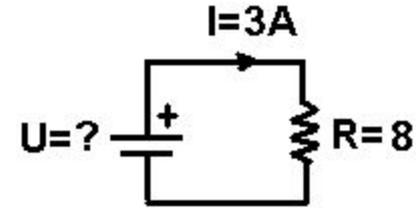
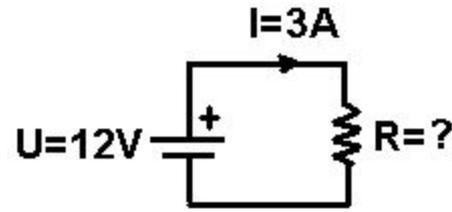
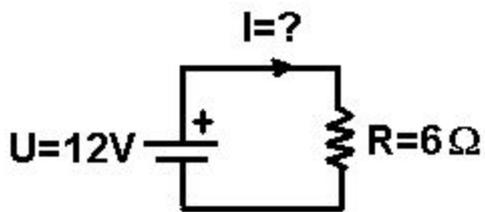
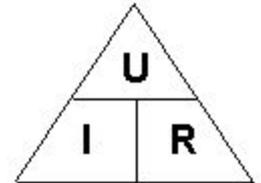
# Гидравлические аналоги напряжения, силы тока, сопротивления

- Очень хорошими иллюстрациями для понимания физического смысла напряжения, силы тока и сопротивления а также процессов протекающих в эл. цепях являются гидравлические аналогии.
- Аналогом напряжения является перепад уровней (давление).
- Аналогом тока – движущаяся жидкость.
- Аналогом силы тока – количество проходящей через жиклёр жидкости.
- Сам жиклёр – аналог электрического сопротивления: больше отверстие жиклёра – меньше гидравлическое сопротивление.
- Взаимосвязь этих величин: при большем давлении и меньшем гидравлическом сопротивлении жиклёра, большее количество жидкости за меньшее время сможет перетечь из одного сосуда в другой (рис.а).
- Отсутствует давление - отсутствует и ток жидкости (рис. б).



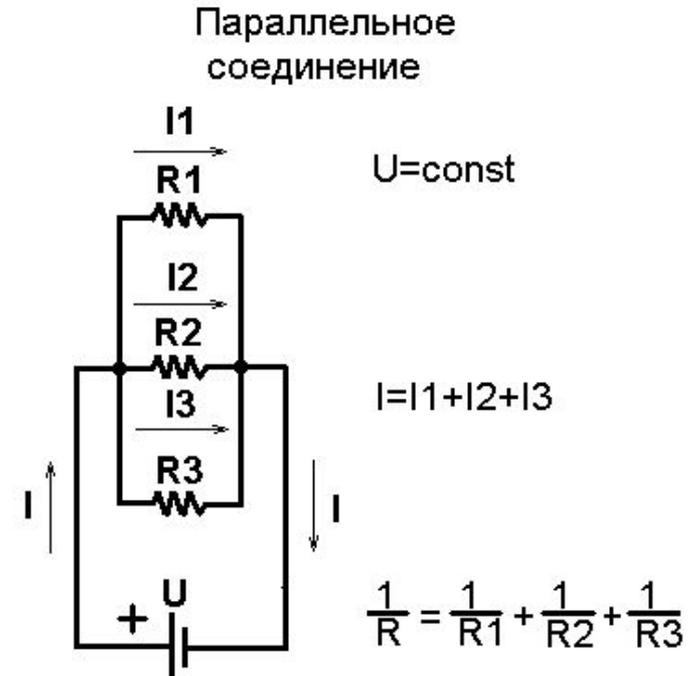
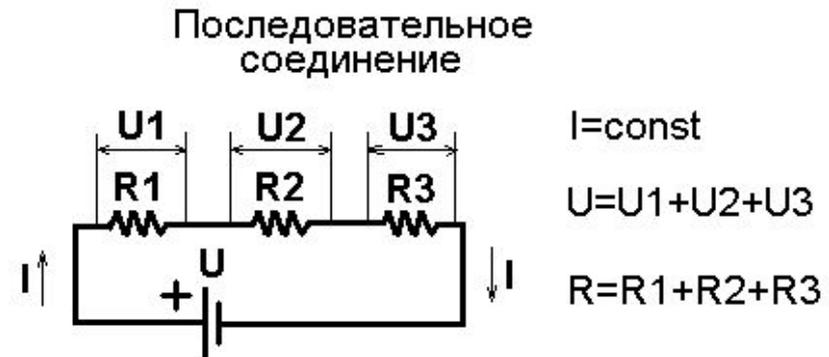
# Закон Ома

- Теперь мы вплотную подошли к основному закону эл. цепей. Дело в том, что как и в гидравлике, в электричестве все три величины: сила тока, напряжение и сопротивление тесно и логично связаны.
- Закон, описывающий эту взаимосвязь в твёрдых и жидких телах, называется законом Ома:
- **Сила тока  $I$ , протекающая в проводнике, прямо пропорциональна напряжению  $U$ , и обратно пропорциональна сопротивлению  $R$ .**
- $I=U/R$
- Удобно держать в голове следующий треугольник. Если закрыть пальцем искомую величину, то оставшиеся две по горизонтали, будут перемножаться, а по вертикали-делиться.
- *Задачи:*



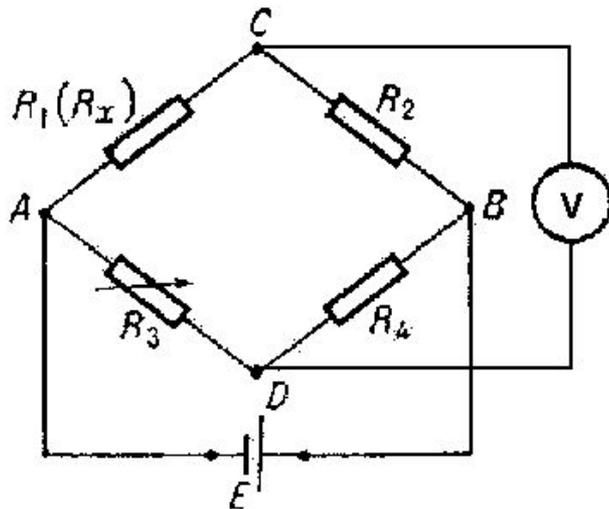
# Закон Ома для последовательных и параллельных соединений

- При последовательном соединении напряжение на каждом из сопротивлений пропорционально его сопротивлению.
- Сила тока в последовательной цепи постоянна в любой точке.
- Общее сопротивление равно сумме всех сопротивлений.
- При параллельном соединении величины сил токов в каждом из резисторов обратно пропорциональны величинам их сопротивлений.
- Напряжение на каждом из участков параллельного соединения одинаково.
- Общая проводимость (величина обратная сопротивлению  $1/R$ ) равна сумме проводимостей всех участков.



# Мостовые измерители

- Принцип работы мостовых измерителей – сравнение измеряемой величины с образцовой мерой.
- Мост представляет из себя квадрат сторонами которого чаще всего бывают резисторы, но также могут быть и ёмкости и индуктивности.
- На одну из диагоналей (AB) моста подают напряжение питания, с другой (CD) снимают результаты измерений.
- При  $R_1=R_2=R_3=R_4$ , потенциал точек C и D относительно источника питания E одинаков, а разность потенциалов U между точками C и D,  $U=0$  – мост уравновешен.
- Когда значение сопротивления  $R_x$  отличается от  $R_1$ , то между т. C и D возникает разность потенциалов или напряжение, по величине которого судят об изменении параметра.
- $R_3$  выступает в роли подстроечного резистора – для уравновешивания моста.
- Эти схемы удобны тем, что не зависят от напряжения источника питания, обладают достаточно высокой точностью измерений и возможность настройки.

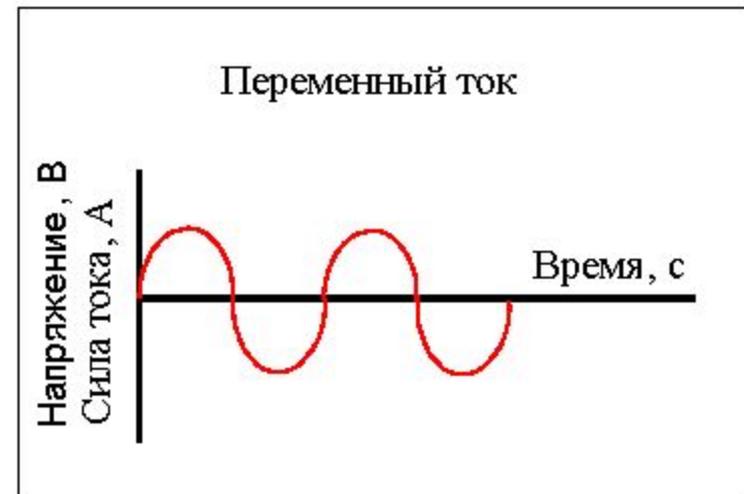


$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$$

# Задачи на закон Ома для последовательно-параллельных соединений

# Постоянный/переменный ток

- В постоянном эл. токе заряды движутся всё время в одном направлении, и как говорилось ранее, считается, что от “+” к “--”.
- Если в цепи постоянно менять полярность источника питания,(например подсоединяя батарейку то одним образом , то другим), то в цепи будет протекать переменный эл. ток, частота которого равна частоте смены полярности.
- Другими словами, эл. ток, величина которого и направление не меняются с течением времени называется постоянным.
- Электрический ток, периодически изменяемый по величине и направлению (в основном синусоидально), называется переменным электрическим током.



# Тепловое действие эл. тока

- Используя атомную теорию строения вещества легко понять смысл электрического сопротивления. Так как электрический ток есть упорядоченное движение заряженных частиц среди других многочисленных частиц, не принимающих в этом участие, то это движение сопровождается многочисленными столкновениями. Эти столкновения, затрудняющие перемещение, и являются причиной сопротивления проводника.
- Кроме того, эти столкновения вызывают нагрев проводника, который тем выше, чем выше число столкновений или, как мы уже сказали, сопротивление.
- Увеличивая напряжение прикладываемое к концам проводника, мы тем самым, согласно закону Ома, увеличим ток, проходящий через проводник, что в свою очередь увеличит количество столкновений и тоже приведёт к увеличению нагрева проводника.
- Совершенно понятно, что чем дольше мы будем пропускать ток, тем больше тепла выделиться.
- Зависимость количества тепла, выделяемого проводником от силы тока, сопротивления и времени была выведена экспериментально и носит название закона Джоуля-Ленца.

$$Q = c * R * I^2 * t$$

**Q** – количество тепла , калорий

**c** – коэфф. пропорциональности =0.24

**I** – сила тока, А

**R** – сопротивление, Ом

**t** – время , с

# Электрическая мощность

- Мерой работы которую совершает эл. ток за время  $t$  является эл. мощность  $P=A/t$ .
- Если мы говорим о работе эл. тока затраченной только на нагрев неподвижного проводника (в электромоторах совершается ещё и механическая работа), то

$$P = \frac{A}{t} = U * I$$

- **Мощность постоянного тока на любом участке цепи выражается произведением величины тока на напряжение между концами участка.**
- Единица измерения мощности **Ватт**.
- На практике пользуются и более крупными единицами **1кВт=1000Вт**, например, для обозначения мощности эл. мотора стартера, хотя потребляемая мощность подавляющего большинства других компонентов автомобильной эл. сети не превышает этой величины.
- *Задача: Потребляемая мощность эл. мотора усилителя руля на Getz составляет 530 Вт. Предохранитель какого ближайшего номинала необходимо установить в цепь питания эл. мотора?*

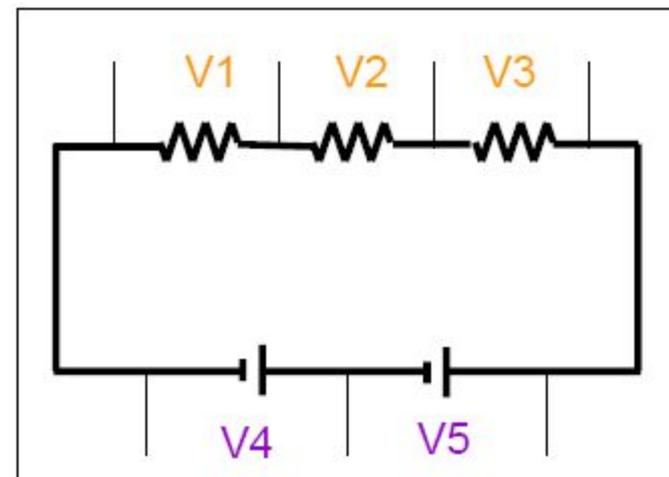
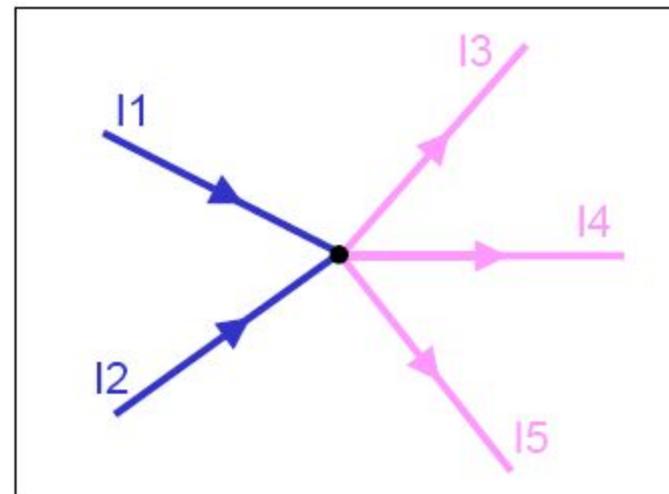
# Законы Кирхгофа

- В любых эл. цепях есть узловые точки (точки в которых соединяются несколько проводников по которым протекают токи).
- Так для каждой такой точки, сумма втекающих токов равна сумме вытекающих токов. Это утверждение носит название 1-го закона Кирхгофа.

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

- Для любого замкнутого контура разветвлённой цепи алгебраическая сумма всех падений напряжений на участках цепи равна алгебраической сумме ЭДС источников в этом контуре. Это 2-ой закон Кирхгофа.

$$V_1 + V_2 + V_3 = V_4 + V_5$$



# Электромагнитное взаимодействие

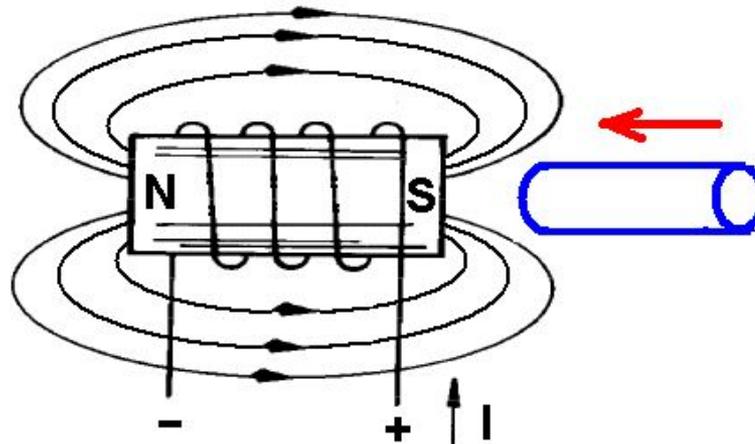
- Если проводник расположить в середине куска картона на который равномерно насыпаны железные опилки, а затем пропустить через проводник постоянный эл. ток, то можно наблюдать расположение опилок в виде концентрических окружностей с центром в проводнике. Это линии магнитного поля. Если поменять полярность источника питания, а опилки заменить маленькими магнитными стрелками, то форма линий останется прежней, а вот ориентация стрелок тоже поменяется.
- Приведённый опыт иллюстрирует сразу 2 факта:  
электрическое поле порождает магнитное поле  
направление магнитного поля зависит от направления тока.
- Взаимную связь между направлением тока и направлением магнитного поля выражает правило буравчика:
- **Если ввинчивать буравчик (правый винт) так, чтобы он шёл по направлению тока, то направление вращения его ручки указывает направление поля (направление силовых линий)**



# Соленоиды

- Свойство проводника создавать вокруг себя магнитное поле при протекании эл. тока используется в электромагнитах и **соленоидах**, представляющих собой длинную цилиндрическую катушку, состоящую из некоторого числа витков намотанной проволоки. По правилу буравчика линии магнитного поля будут обращены внутрь витка. Совершенно очевидно, что сила воздействия магнитного поля на железный сердечник, помещённый внутрь соленоида будет тем больше, чем большее число витков у соленоида (силы одинаково направлены и суммируются) и чем больший ток протекает через катушку.
- У электромагнита сердечник неподвижен, а у соленоида перемещается.
- В автомобилях соленоиды применяются в реле, топливных форсунках, клапанах ABS, АКПП...

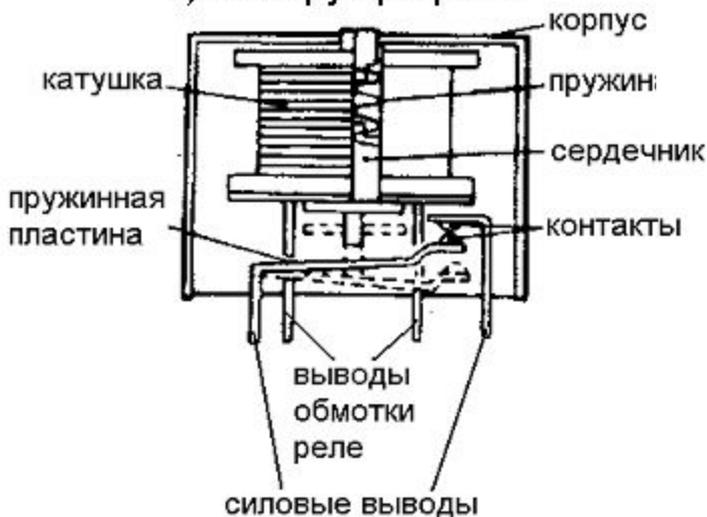
Втягивание железного сердечника  
за счёт воздействия на него  
магнитного поля соленоида



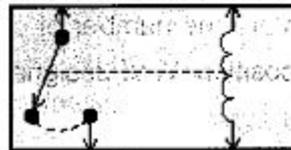
# Реле

- Примером использования соленоидов, как уже говорилось, являются реле.
- Типовая конструкция реле включает в себя соленоид, сердечник которого связан с пружинной пластиной на которой закреплён один из контактов.
- При подаче на обмотку реле питающего напряжения сердечник втягивается и силовые контакты мгновенно замыкаются.
- Применение реле связано во-первых с необходимостью быстро и надёжно замкнуть контакты, т.к. при медленном включении или при неплотном прилегании контактов из-за больших величин токов во вторичной цепи, будет происходить подгорание контактной группы, и во-вторых, с необходимостью разделить цепь управления и силовую цепь, т.к. для питания обмотки соленоида требуются токи на порядок меньшие. Т.е. здесь мы имеем ещё и дистанционное управление подачей питания.
- В автомобилях реле используются очень широко, например, в цепях питания эл. моторов, мощных соленоидов, обогрева стекол, включения головного света и т.д.

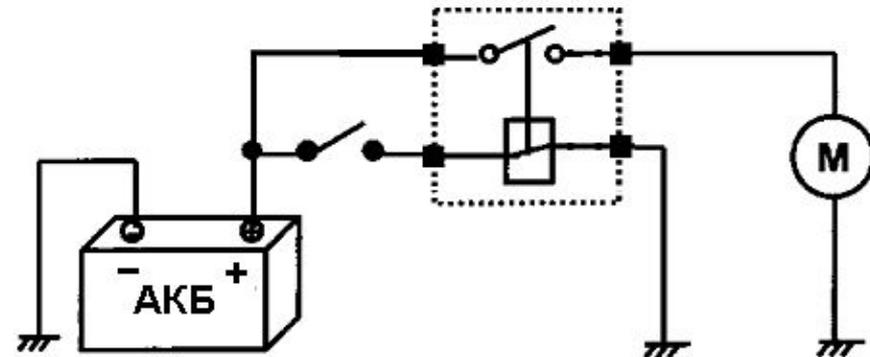
а) конструкция реле



в) обозначение на эл. схемах

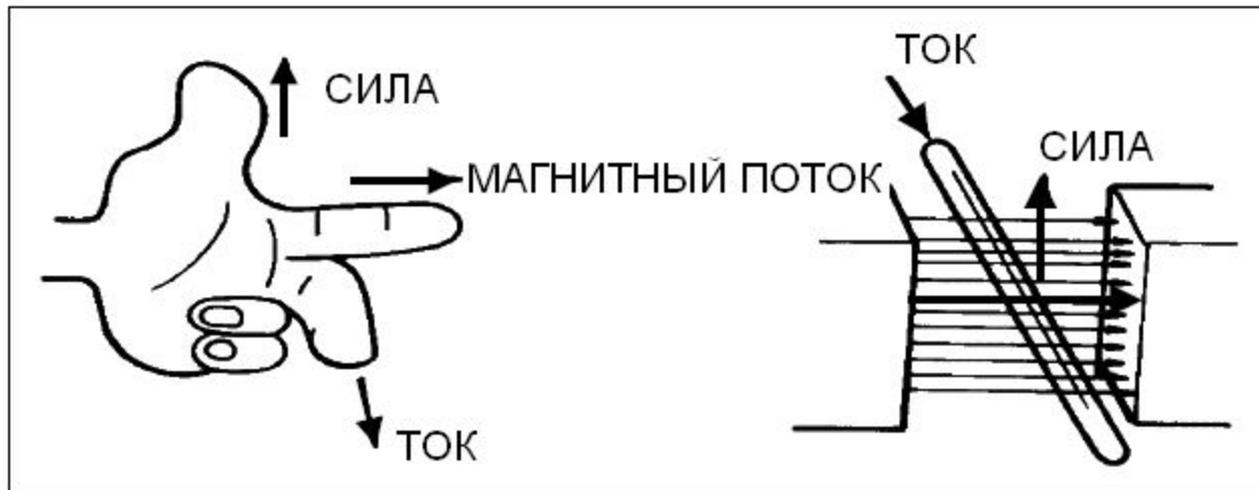


б) Типовая схема включения реле



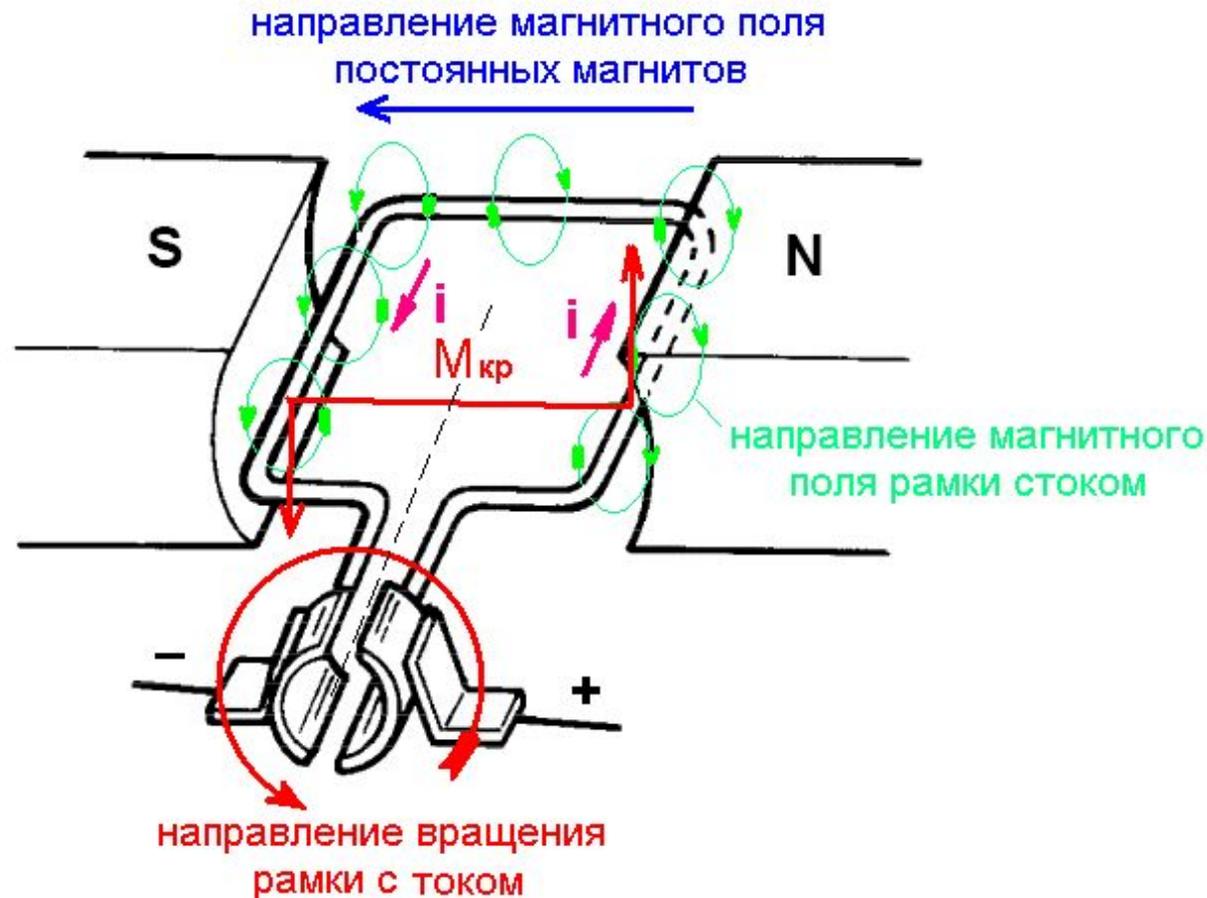
# Правило левой руки

- Если проводник с током поместить во внешнее магнитное поле, например между полюсами магнита, таким образом, чтобы магнитные линии были перпендикулярны току, то на проводник будет действовать сила стремящаяся отклонить проводник в направлении перпендикулярном току и магнитному потоку.
- Эта сила называется силой Лоренца.
- Для удобства запоминания направлений, удобно пользоваться правилом левой руки, согласно которому: **если расположить левую руку так, чтобы указательный палец указывал направление магнитного потока, а средний согнутый на направление тока, то отставленный большой палец укажет направление силы, действующей на проводник.**



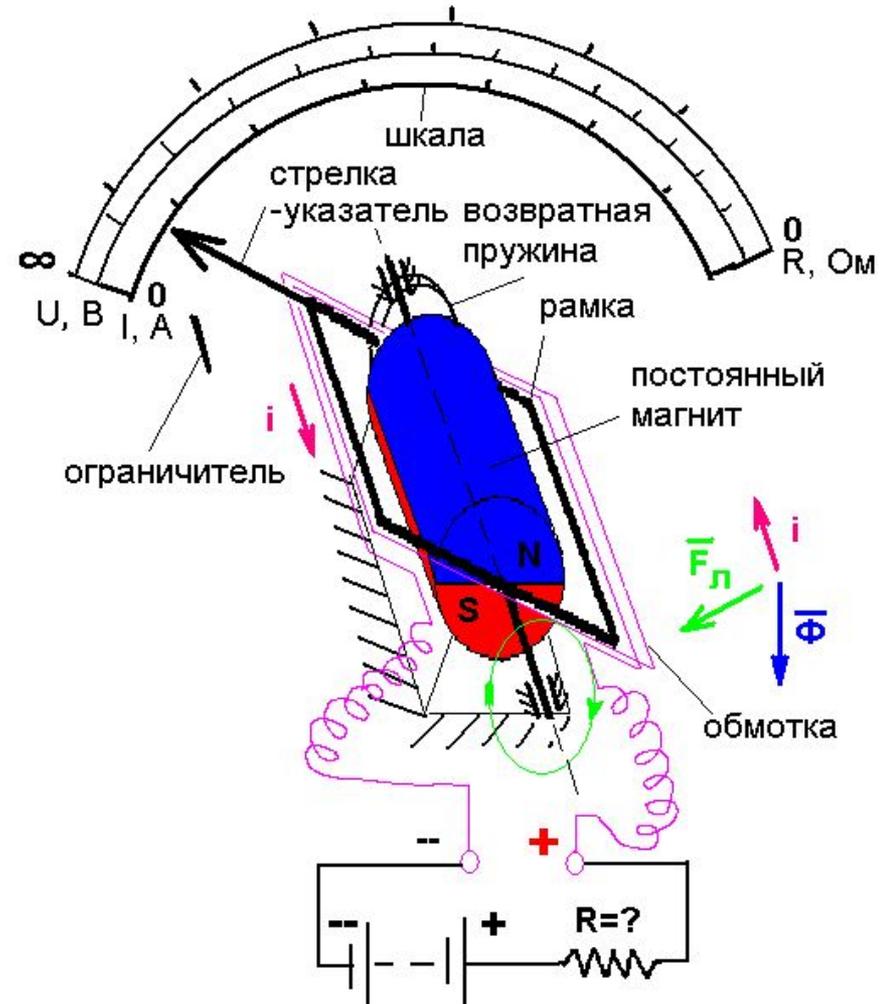
# Электромоторы

- Эффект Лоренца используется в электромоторах. На рисунке представлена рамка с током, помещённая между полюсами магнита. Это простейший электромотор.
- На каждую из параллельных частей рамки действует сила Лоренца, которая пытается отклонить одну часть вверх, другую вниз. В итоге возникает крутящий момент.



# Мультиметр с аналоговым указателем

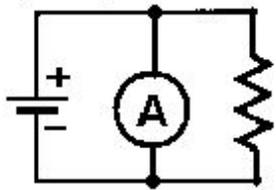
- На аналогичном же принципе работают измерительные приборы: амперметр, вольтметр, омметр\*.
- Вокруг стационарно закреплённого магнита, на подвесах расположена рамка с уложенным в обмотку очень тонким проводом, выводы которой подключаются к исследуемой цепи. На рамке закреплена стрелка-указатель, которая перемещается относительно проградуированной в А, В или Ом шкалы. Для возврата на ноль стрелка нагружена возвратной пружиной.
- Величина силы Лоренца, отклоняющей стрелку, прямо пропорциональна величине тока в исследуемой цепи.
- Ток, согласно закону Ома ток пропорционален приложенному напряжению, и обратно пропорционален сопротивлению. Поэтому отградуировав соответствующим образом шкалу (а для измерения сопротивлений шкалу ещё надо градуировать и в обратном направлении), одним и тем же устройством можно пользоваться также для измерения напряжения и сопротивления.



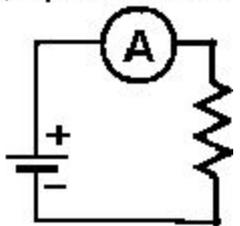
# Аналоговый мультиметр. Предосторожности при работе.

- Мультиметр снабжён переключателем режимов работы и набором сопротивлений для измерений значений в разных диапазонах. Это нужно потому, что провод обмотки очень тонкий и при пропускании через себя больших токов просто сгорит.
- В связи с вышесказанным при работе с аналоговым мультиметром для исключения его выхода из строя, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:
- При работе с амперметром: 1. всегда включать его в цепь последовательно. 2. При неизвестном порядке значения тока в цепи начинать замеры с наибольшего диапазона.
- При работе с вольтметром: 1. всегда подключать его параллельно интересующему участку, измерения начинать как и в случае с амперметром с наибольшего диапазона 2. Быть уверенным в том, что цепь не разомкнута.
- \*В режиме омметра в цепь аналогового указателя последовательно включается источник питания (обычно 3В) и потенциометр для установки 0 (компенсация разного напряжения источника питания).

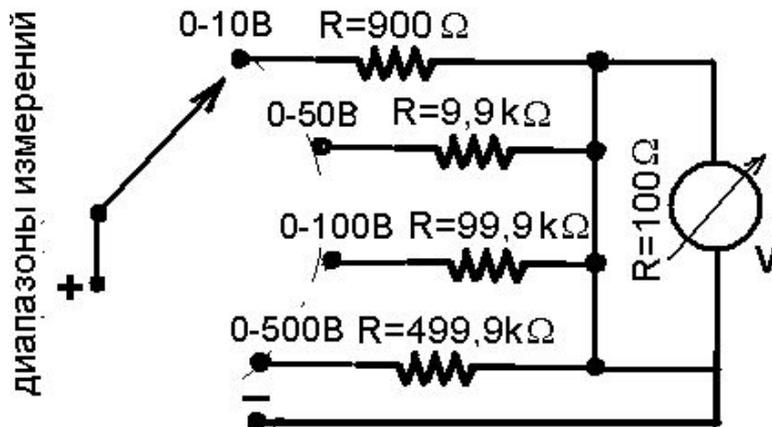
а) неправильно



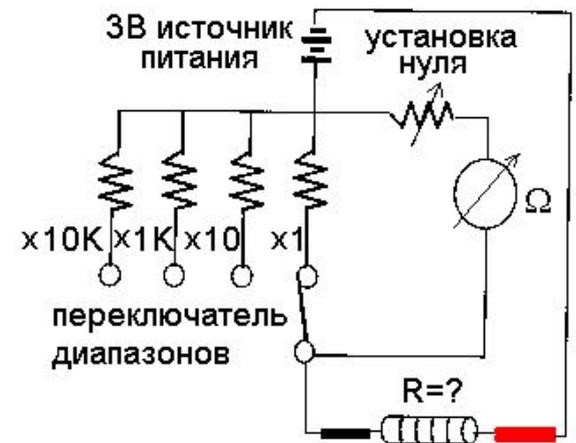
б) правильно



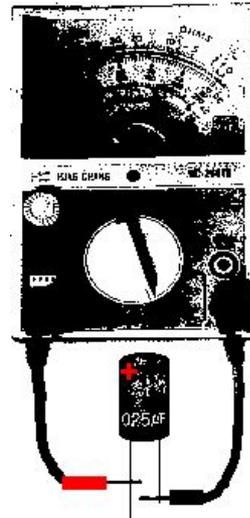
в) принципиальная схема вольтметра



г) принципиальная схема омметра

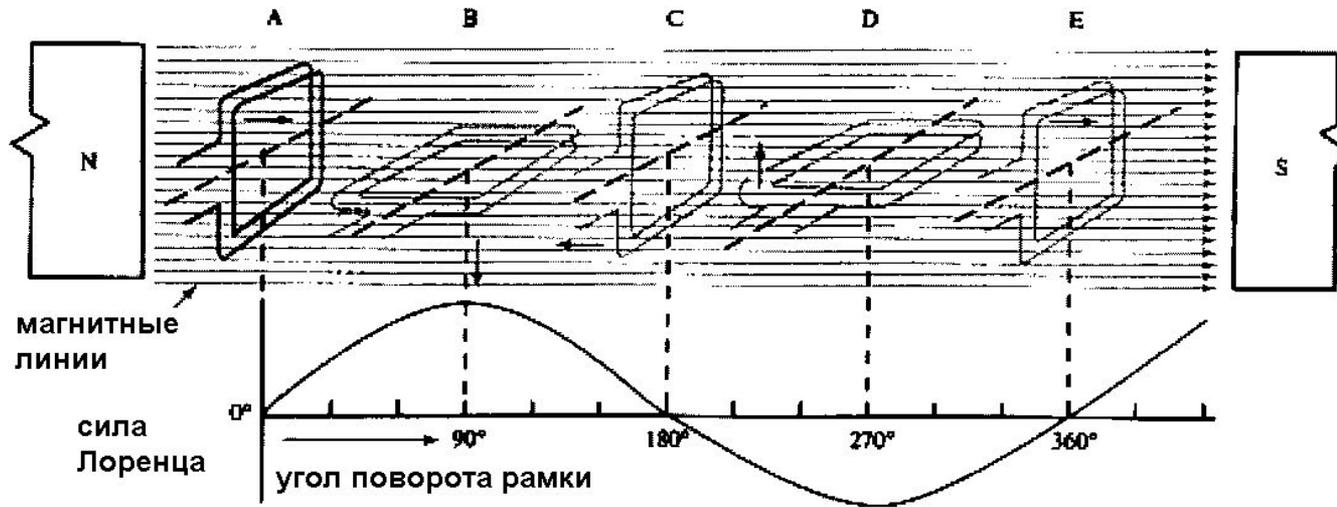


# Проверка конденсаторов



# Электромоторы

- Величина крутящего момента действующего на рамку с током зависит от положения рамки. Наибольших значений она достигает при горизонтальном положении рамки. При вертикальном положении рамки, действующие силы тоже направлены в разные стороны, но расположены на одной оси, и не создают крутящего момента, а, как бы, пытаются растянуть рамку. Это положение напоминает “мёртвые точки” двигателя внутреннего сгорания.
- Поэтому на практике, для исключения зависания, улучшения прохождения эл. мотором “мёртвых точек”, а также для повышения его мощностных характеристик, применяют несколько обмоток расположенных под углом друг к другу.

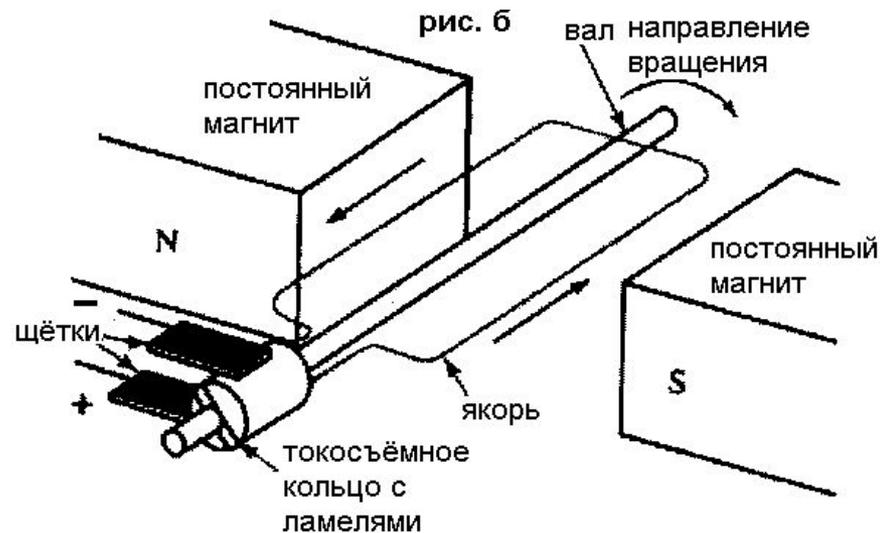
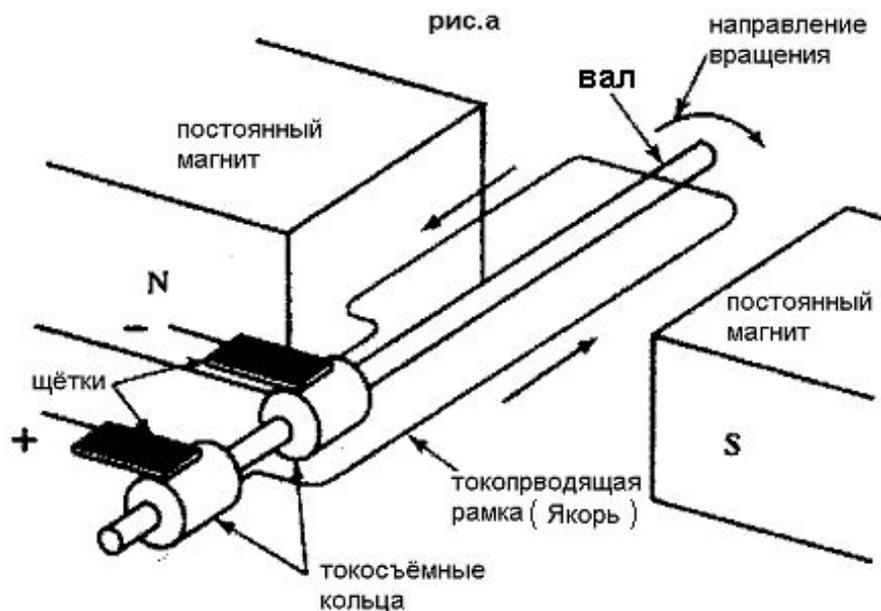


# Электромагнитная индукция

- Если мы подсоединим к выводам катушки с большим числом витков, амперметр, и достаточно быстро оденем катушку на постоянный магнит, то в момент перемещения мы заметим, что стрелка амперметра кратковременно отклонится. То же самое произойдёт, если мы будем снимать уже одетую катушку, только стрелка отклонится в другую сторону.
- Аналогичного эффекта можно добиться также поместив внутрь соленоида вращающуюся рамку с током, или изменяя величину тока в неподвижной рамке.
- Описанные опыты показывают, что **при всяком изменении магнитного потока через проводящий контур, в этом контуре возникает электрический ток.**
- Это закономерность носит название закона электромагнитной индукции или закона Фарадея.
- Направление тока индукции описывается правилом Ленца, согласно которому **индуцированный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле компенсирует изменение магнитного потока, являющегося причиной возникновения этого тока.**
- Другими словами, если индукция вызвана усилением магнитного потока, направления тока индукции будет противодействовать этому увеличению, и наоборот, при ослаблении, ток индукции будет создавать дополнительный магнитный поток стремящийся компенсировать ослабление.

# Генераторы

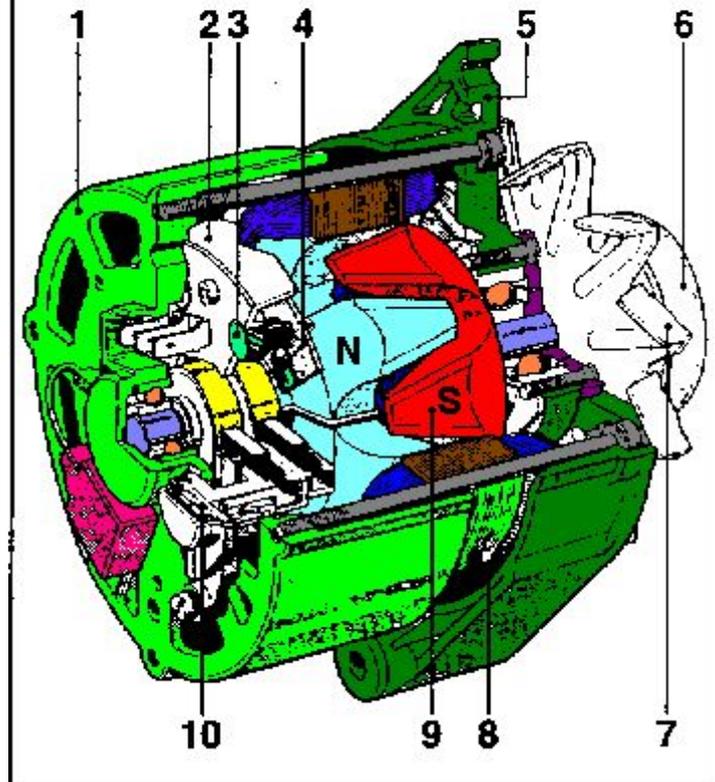
- В генераторах происходят те же самые процессы что и в электромоторах, только с точностью до наоборот - здесь механическая энергия вращения преобразуется в электрическую. В наиболее простом случае вращаемый постоянный магнит (или рамка, а магнит неподвижен) изменяет магнитный поток, создавая в катушке ток индукции, направление которого, или полярность, всё время меняется с “+” на “--”, т.е. на выходе переменный ток. Конструкция такого представлена на рис.а.
- В случаях когда необходимо получить постоянный ток, применяют либо полупроводниковые выпрямители, либо используют специальную конструкцию генераторов, где токосъёмное кольцо коллектора разбито на сегменты(ламели), так называемый механический выпрямитель. Рис.б. В настоящее время на автомобилях не используется.



# Генератор. Требования и типовая конструкция

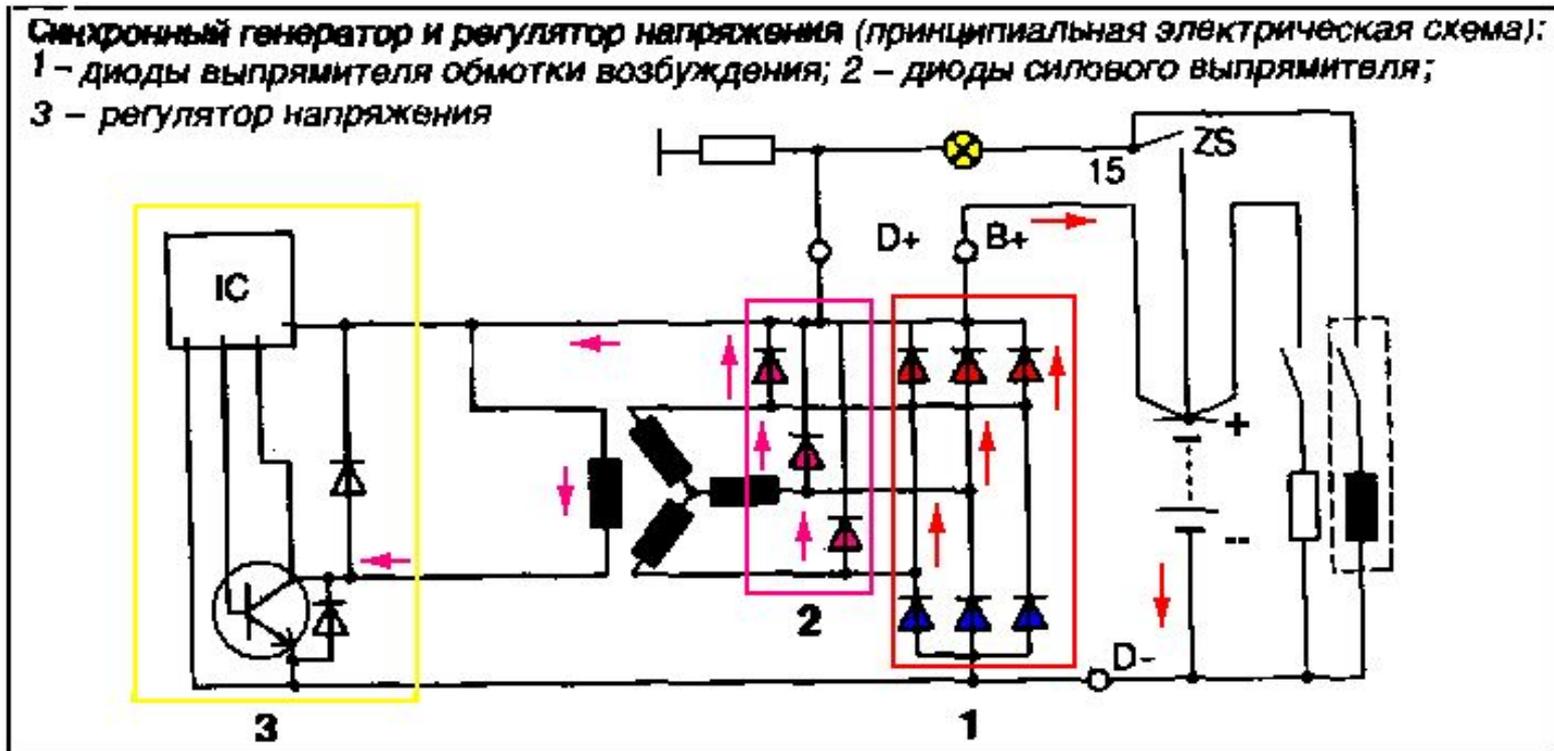
- Генератор должен:
- 1. снабжать систему электрооборудования автомобиля током достаточным для потребления всеми электрическими устройствами, учитывая ток заряда АКБ, при всех рабочих условиях.
- 2. поддерживать постоянное напряжение в полном диапазоне скорости вращения и нагрузки.
- 3. Обладать высоким КПД и малой массой.
- Конструкция отвечающая вышеперечисленным требованиям представлена на рис. Это наиболее распространённая в настоящее время конструкция клювообразно-полюсного генератора.
- Представляет собой устройство на роторе которого расположены и обмотка возбуждения и 12-ти или 16-ти полюсный постоянный магнит. Для повышения КПД генератора полюсы имеют клювообразную форму. Обмотка переменного тока укладывается в пазах статора. Регулируя ток в обмотке возбуждения можно изменять намагниченность и соответственно изменять ток в обмотках переменного тока. Постоянный ток возбуждения, необходимый для питания обмотки возбуждения, подводится к вращающемуся ротору через контактные кольца и неподвижные контакты (угольные щётки).

*Конструкция клювообразно-полюсного генератора с компактным диодным блоком:*  
1 – подшипниковый щит со стороны контактных колец; 2 – теплоотвод выпрямителя; 3 – силовой диод; 4 – диод цепи возбуждения; 5 – подшипниковый щит со стороны привода с установочными фланцами; 6 – шкив; 7 – внешний вентилятор; 8 – статор; 9 – ротор; 10 – транзисторный регулятор напряжения (с импульсным регулированием)



# Генератор. Принципиальная электрическая схема.

- Ток, получаемый в обмотке переменного тока, передаётся по двум направлениям: большая его часть через положительные диоды мостовой выпрямительной схемы идёт в сеть, откуда возвращается через отрицательные диоды. Вторая, меньшая, идёт через дополнительные диоды, контактные кольца, обмотку возбуждения, регулятор напряжения и возвращается через три отрицательных диода основного выпрямителя.
- Для контроля процесса зарядки в схеме предусмотрена контрольная лампа, которая загорается из-за возникновения разности потенциалов в цепи питания лампы вследствие падения напряжения на выходе генератора.

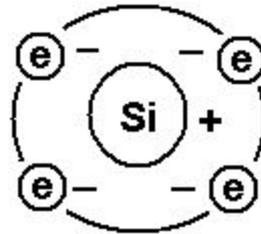


# Полупроводники. Межатомные связи.

- Кремний (Si) – основной материал для изготовления полупроводников. В периодической таблице Менделеева он расположен в 4 столбце. Это обозначает, что он обладает 4-мя связями.

	I	II	III	IV
1	H			
2	Li	Be	B	C
3	Na	Mg	Al	Si
4	K	Ca	Sc	Ti

- 4 Электрона обладающие (-)зарядом, как планеты вокруг Солнца, вращаются вокруг положительно заряженного атома.

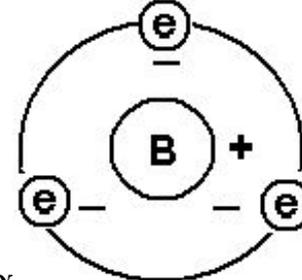
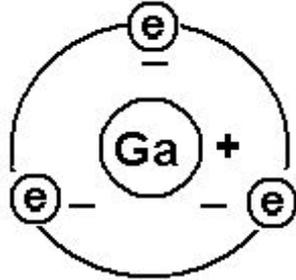


- Между собой атомы связаны в кристаллическую решётку. Связи крепки и свободных электронов нет.



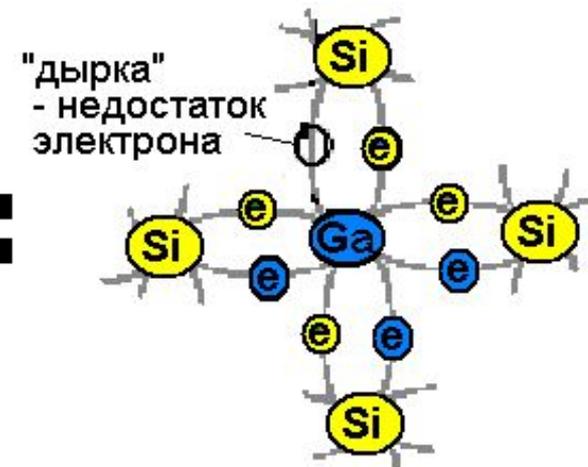
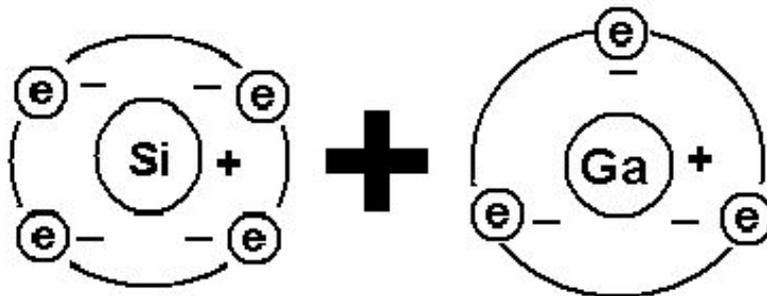
# Полупроводники. Вещества Р-типа.

- Если в Кремний добавить Бор (В) или Галлий (Ga), у которых 3 электрона вокруг атома



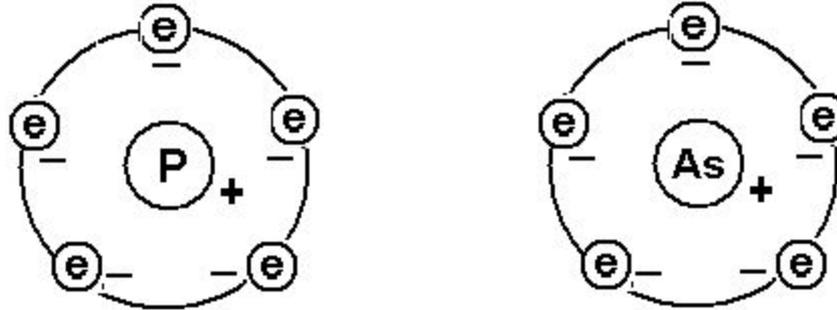
(этот процесс называется легированием), то образуются **недостатки** электронов, или так называемые “дырки”.

- Вещества такого рода, где **не хватает электронов**, называются веществами Р-типа, или веществами с **акцепторной примесью**.
- Р(от англ. Positive)-положительный, потому что нехватка электронов (-) создаёт эффект положительного заряда вещества.
- Эти дырки могут перемещаться по материалу: дырка принимает соседний электрон и перестаёт быть дыркой, а новая дырка образуется на месте ушедшего электрона.

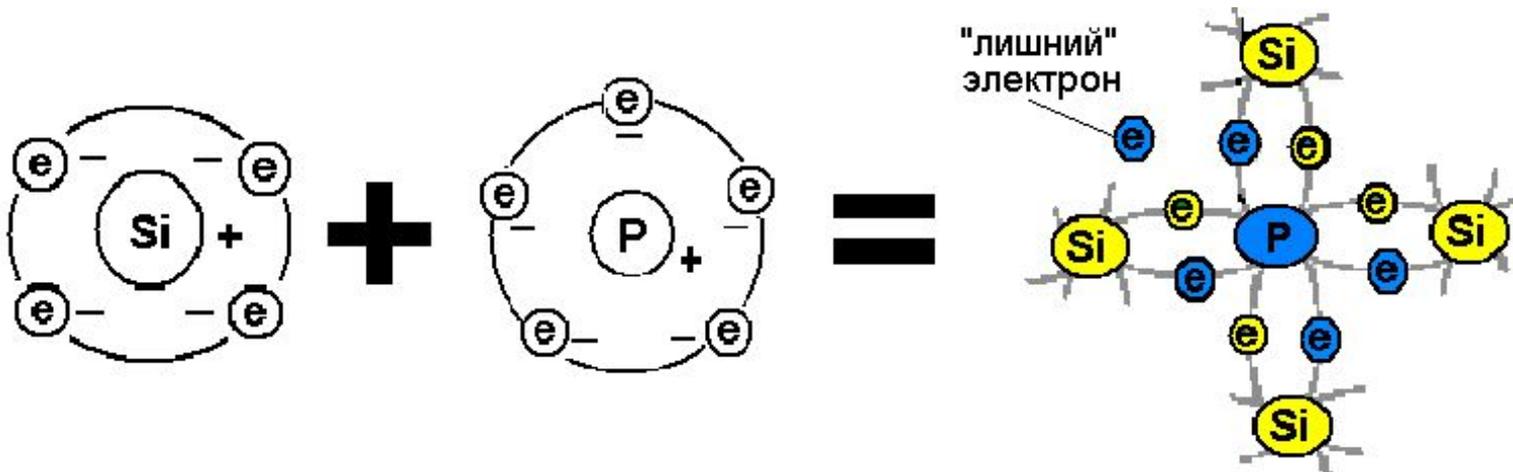


# Полупроводники. Вещества N-типа.

- Если же в кремний добавить Фосфор (P) или Мышьяк (As), у которых пять внешних электронов,

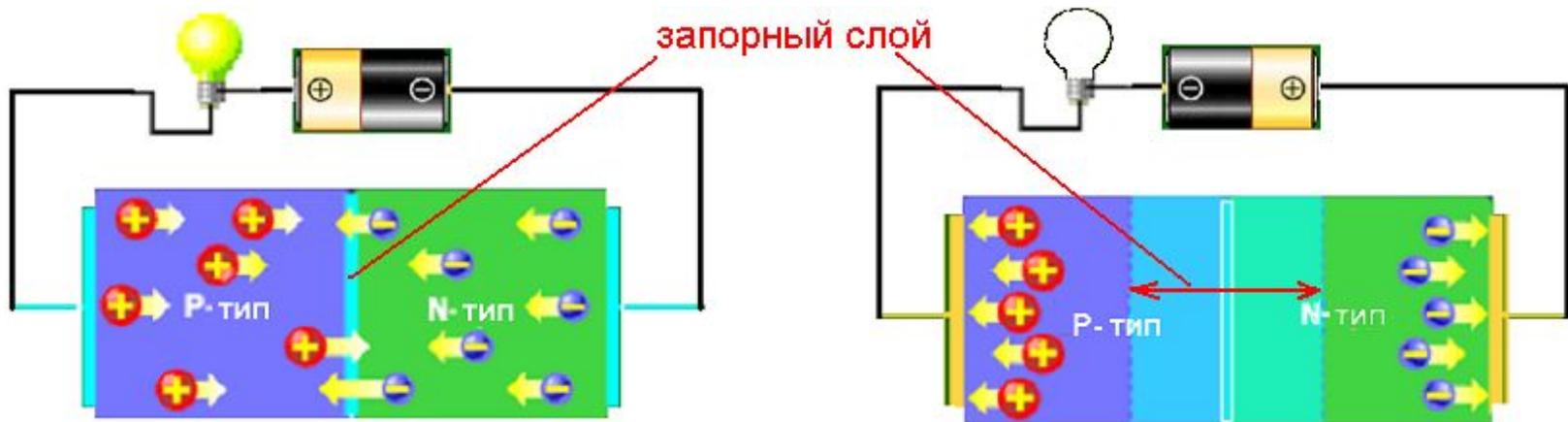


- то получится что один электрон лишний.
- Вещества такого рода, где есть **избыток электронов**, называются веществом N-типа или веществами с **донорской примесью**.
- N (от англ. Negative) – отрицательный, потому что электронов больше чем надо и создаётся эффект отрицательного заряда вещества.
- Свободные электроны тоже могут перемещаться по материалу.



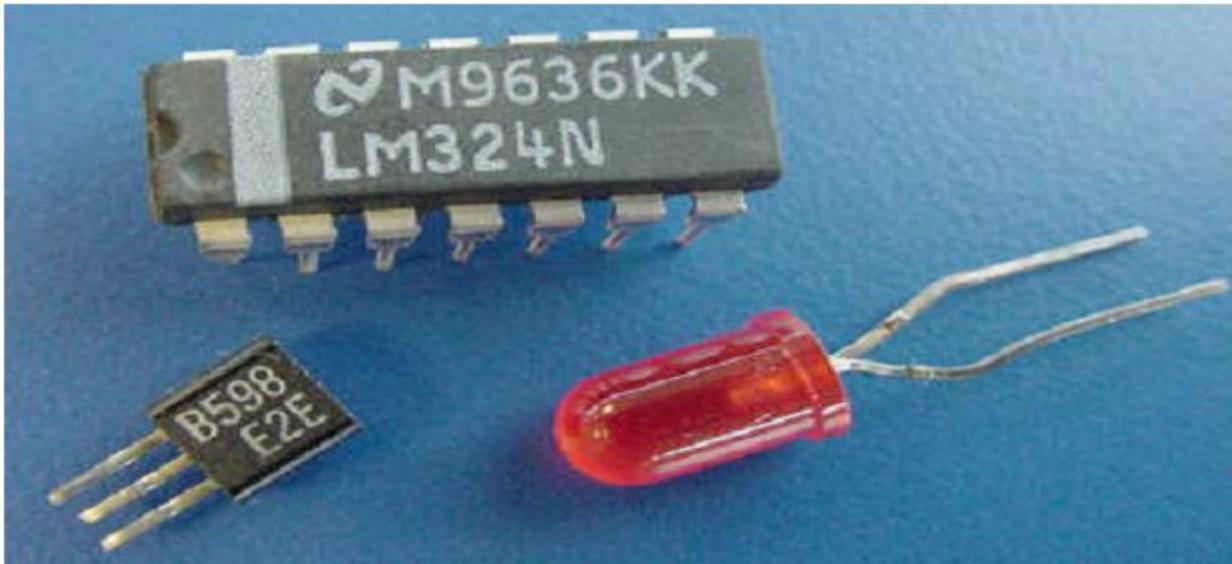
# Полупроводники. Механизм проводимости.

- Теперь, если мы соединим вместе вещества N и P типа и подключим “+” источника питания к P-веществу, а “--” к N-веществу, добавив в цепь лампочку для контроля происходящих процессов, то обнаружим, что лампочка горит.
- Если мы поменяем полярность источника питания, то лампа гореть не будет.
- Приведённые опыты говорят о том, что в первом случае ток в цепи протекает, а во втором — нет.
- Эффект объясняется тем, что положительные дырки пытаются притянуться к “--” источника питания цепи, а отрицательно заряженные свободные электроны к “+”, преодолевают зазорный слой, и вещество становится проводимым. При обратном включении этого не происходит из-за того, что дырки и электроны не стремятся навстречу друг другу, а наоборот расходятся, увеличивая зазорный слой или **p-n переход**.



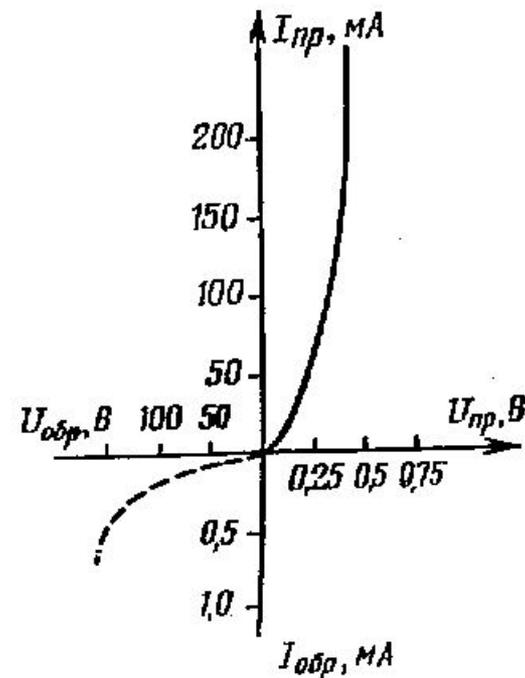
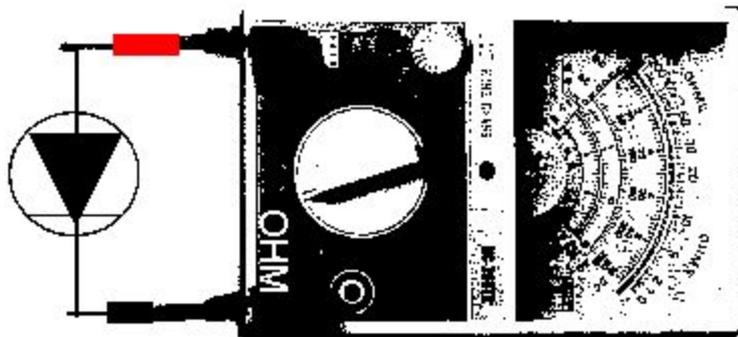
# Дискретные полупроводниковые приборы.

- Применение р-n переходов или сочетание нескольких р-n переходов в одном кристалле полупроводника позволяет создавать недорогие, надёжные, компактные полупроводниковые приборы.
- Используемая планарная технология(основанная на окислении пластины кремния) позволяет производить и сочетать в одном кристалле кремния различные элементы (конденсаторы, резисторы, соединительные проводники, диоды, транзисторы, тиристоры,) и формировать интегральные полупроводниковые микросхемы, где количество элементов может достигать нескольких миллионов.
- Все эти и многие другие элементы созданы на основе кристалла кремния:



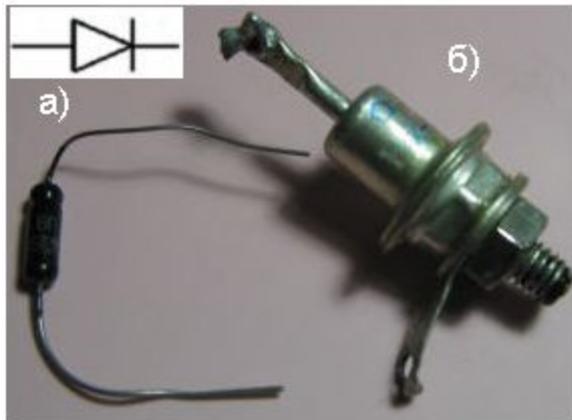
# Дискретные полупроводниковые приборы. Диоды

- Вышеописанное свойств р-n перехода пропускать ток в одном направлении и не пропускать в другом используется в вентилях или **диодах**.
- На эл. схемах диоды обозначаются стрелкой (анод) с вертикальным отрезком (катод). Стрелка указывает направление протекания тока.
- Диоды бывают разных размеров, выполняются из разных материалов (Si, Ge и т.д.) и рассчитаны на разные токи и напряжения, определяемые площадью и толщиной запорного слоя. При нарушении условий работы на которые диод рассчитан, он может выйти из строя - "пробит".
- Если диод одинаково пропускает или не пропускает эл. ток в обоих направлениях, значит он неисправен - "пробит" или . Проверка диодов осуществляется мультиметром в режиме омметра, либо в специальном режиме для проверки полупроводников, при этом для открытия диода подаётся напряжение около 0.7 В.



# Полупроводники. Использование диодов.

- В технике используются различные свойства диодов.
- Традиционное использование диодов - в схемах выпрямителей генераторов для преобразования переменного тока в постоянный.
- Для регулирования напряжения на выходе генератора (полупроводниковый стабилитрон).
- Для защиты цепей от неправильного включения(перепутывание полярности).
- Другое применение диодов – излучение света, причём при небольшом потреблении энергии освещённость получается значительной, а изменяя толщину запирающего слоя можно получать разные цвета. Используется в основном в качестве контрольных ламп. В перспективе матрицы(наборы) из них придут на смену лампам накаливания задних фонарей.
- А также, если внешний электрод сделать настолько тонким, чтобы он пропускал свет, то при освещении полупроводника на его концах будет возникать разность потенциалов. Это свойство используется в солнечных батареях и датчиках автоматики, например, переключения света фар.

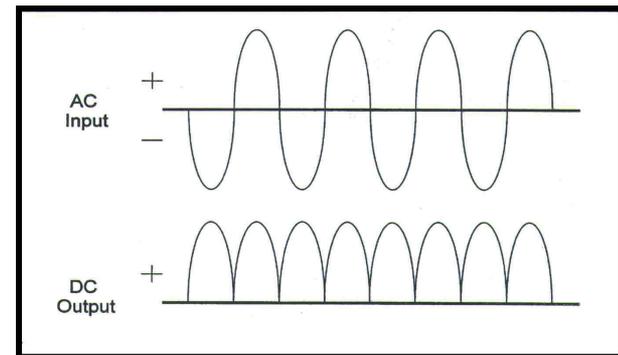
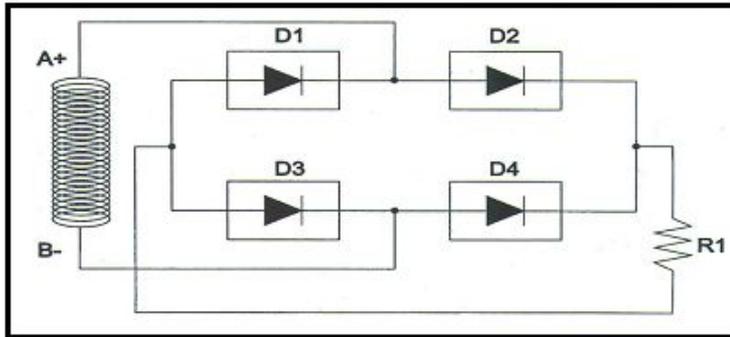


а) диод

б) силовой диод

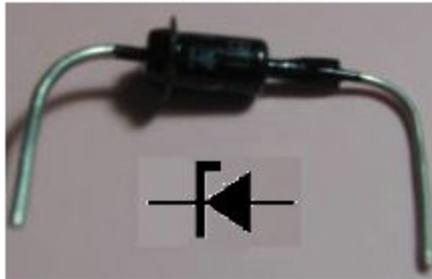


# Полупроводники. Диодный мост



# Полупроводники. Стабилитрон.

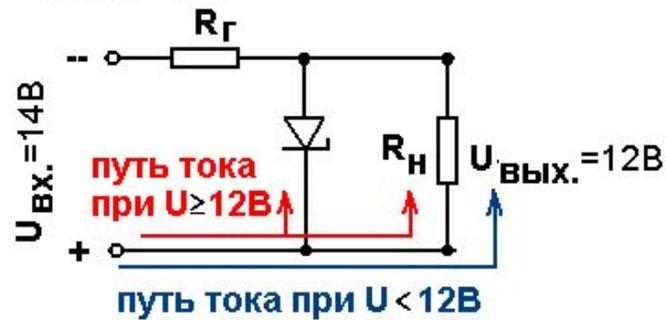
а) стабилитрон



б) ВАХ стабилитрона



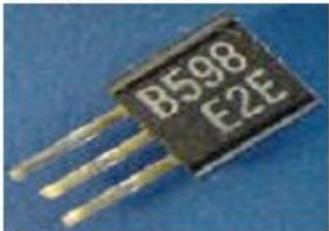
в) схема включения стабилитрона с  $U_{уст.}=12V$



# Полупроводники. Транзисторы.

- Следующий полупроводниковый прибор использующий уже **2 р-n-перехода** называется **транзистором**.
- Транзистор можно себе представить как два диода включённых встречно.
- Применение транзисторов: в схемах усилителей и для переключения (режим ключ).
- Транзисторы бывают: биполярные и полевые
- В биполярных транзисторах носителями заряда являются как свободные электроны, так и дырки, а в полевых используется только один тип носителей. Поэтому управление током на выходе в полевых транзисторах осуществляется эл. полем, генерируемым напряжением, а в биполярных током на входе.
- Т.к. используется 2 р-n-перехода, то биполярные транзисторы могут быть **р-n-р** и **n-p-n** типа.
- Их выводы называются эмитер(Э), база(Б), коллектор(К).

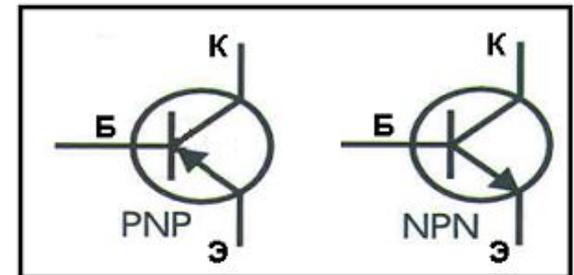
а) транзистор



б) Силовой транзистор с радиатором



в) обозначение на схемах



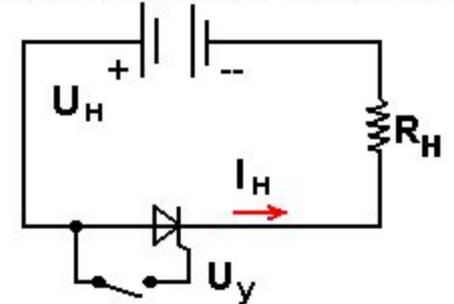
# Тиристор

- Три последовательных p-n-перехода создают тиристорный эффект, который используется в компонентах, выполняющих функции переключателей мгновенного действия, срабатывающих от эл. сигнала. Под тиристором понимают любой полупроводник, который можно переключать из проводящего состояния в запертое и наоборот.
- По алгоритму работы тиристор напоминает реле: после подачи переключающего напряжения на управляющий вывод тиристор начинает пропускать через себя ток.
- Основное отличие от транзистора в том, что для прекращения тока через тиристор (закрытия перехода) необходимо падение напряжения в цепи нагрузки до 0. По этой причине наибольшее распространение они получили в цепях переменного тока, где напряжение, меняя знак, проходит через 0.
- Также как и диоды, разные тиристоры, рассчитаны на определённое напряжение включения и на максимальное напряжение ограничивающее рабочий диапазон, превышение которого приводит к пробое и выходу из строя.
- Применяются в силовой технике: управление частотой вращения, выпрямление, переключение.

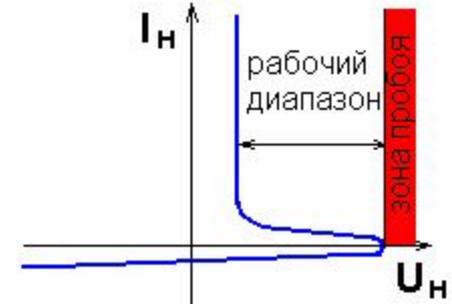
Тиристор



а) схема включения тиристора



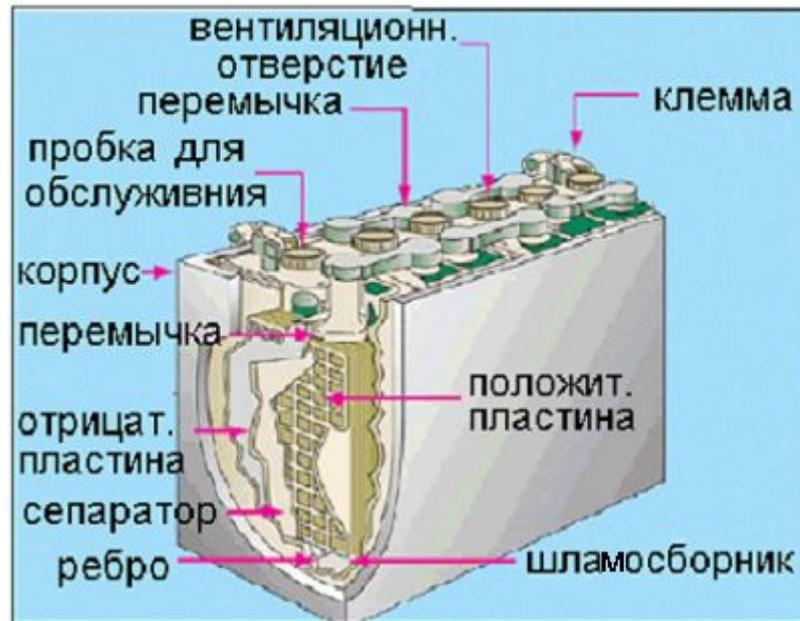
б) Зависимость тока нагрузки от напряжения



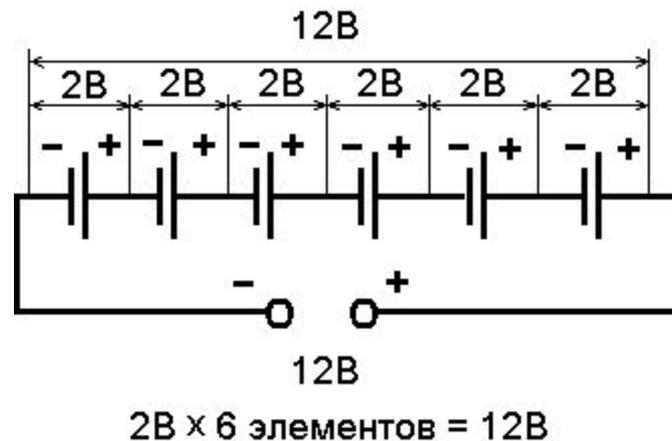
# Аккумуляторная батарея. Конструкция

- АКБ-один из основных элементов электрооборудования, т.к. накапливает и хранит электроэнергию необходимую для запуска двигателя и питания эл. приборов при неработающем двигателе.
- Автомобильные свинцово-кислотные 12-вольтовые АКБ состоят из 6 последовательно соединённых перемычками элементов, напряжение каждого из которых около 2В.
- Элемент содержит ряд положительных и отрицательных пластин, электрически изолированных сепаратором. Отрицательные пластины состоят из чистого свинца, поверхность сделана мелкопористой для увеличения действующей площади. Корпус положительных пластин тоже изготовлен из свинца в виде сот, а полости заполнены специальной массой из окислов свинца и связующих веществ. Все положительные пластины одного элемента, равно как и отрицательные, также соединены перемычками. Пластины погружены в 20% раствор серной кислоты.
- Для того чтобы новая АКБ стала источником эл. тока, её сначала необходимо зарядить.

а) классическая конструкция АКБ



б) соединение элементов в АКБ

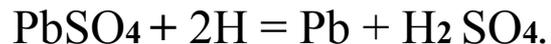


# Аккумуляторная батарея. Эл.-химические процессы

- **По науке:** В незаряженном состоянии оба электрода представляют собой сернокислый свинец,  $PbSO_4$ . При зарядке ионы (части молекулы растворённого вещества)  $SO_4^{--}$  перемещаются к одному электроду и превращают его в перекись свинца по уравнению:



а ионы  $H^+$  восстанавливают второй электрод в металлический свинец по уравнению:



Соединение  $PbO_2$  становится анодом (+), а  $Pb$  катодом (--) заряженного аккумулятора.

**По простому:** Другими словами реакции протекающие в аккумуляторе при его зарядке и делающие первоначально одинаковые электроды химически различными, - являются реакциями, которые могут осуществляться лишь при притоке энергии извне. Эту энергию доставляет генератор или зарядное устройство, при помощи которых мы заставляем ионы перемещаться в растворе и выделяться на соответствующих электродах.

Напротив, при разрядке аккумулятора в нём происходят реакции идущие с выделением энергии. Эти реакции и являются источником ЭДС аккумулятора.

**Таким образом при зарядке аккумулятора происходит превращение электрической энергии в скрытую химическую форму энергии, а при его разрядке – обратный переход химической энергии в форму электрического тока.**

# Аккумуляторная батарея. Основные понятия и критерии.

- Как уже говорилось пластины погружены в 20% раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ , называемый также **электролитом**, плотность которого у полностью заряженной АКБ для средней полосы должна быть **1.27-1.28 г/см<sup>3</sup> при  $t=20^\circ C$** .
- **Напряжение полностью заряженной батареи** без нагрузки должно находиться в пределах **12,6-12,9 В**.
- **Минимальное напряжение** ниже которого процесс восстановления АКБ затруднён **10,5 В**, а плотность около **1,1 г/см<sup>3</sup>**.
- **Напряжение в бортовой сети** автомобиля при работающем двигателе несколько выше чем на клеммах АКБ и должно поддерживаться в пределах **14.0±0.2В - 14.2 ±0.2В**. Значение напряжения ниже 13.8В ведёт к недозаряду батареи, свыше 14.4 В- к перезаряду и “кипению”(бурному выделению газа) электролита. Что одинаково пагубно сказывается на сроке её службы.
- Под **полярностью** АКБ подразумевается ориентация положительного и отрицательного токосъёмных выводов относительно её корпуса. Бывают прямой(если смотреть со стороны выводов, “--”справа) и обратной полярности.
- Корпус современных АКБ в большинстве случаев изготавливается из полупрозрачной пластмассы, позволяющей контролировать уровень электролита.
- Применение современных технологий и материалов привело к появлению **необслуживаемых** батарей, исключающих всякое вмешательство на всём протяжении срока службы, но они особенно критичны к состоянию электрооборудования.
- **Саморазряд**- самопроизвольное снижение ёмкости АКБ при бездействии. Скорость саморазряда зависит от материала пластин, химических примесей в электролите, его плотности, чистоты верхней части корпуса батареи и продолжительности её эксплуатации. Саморазряд новых необслуживаемых батарей за год может составить до 50% от номинальной ёмкости.

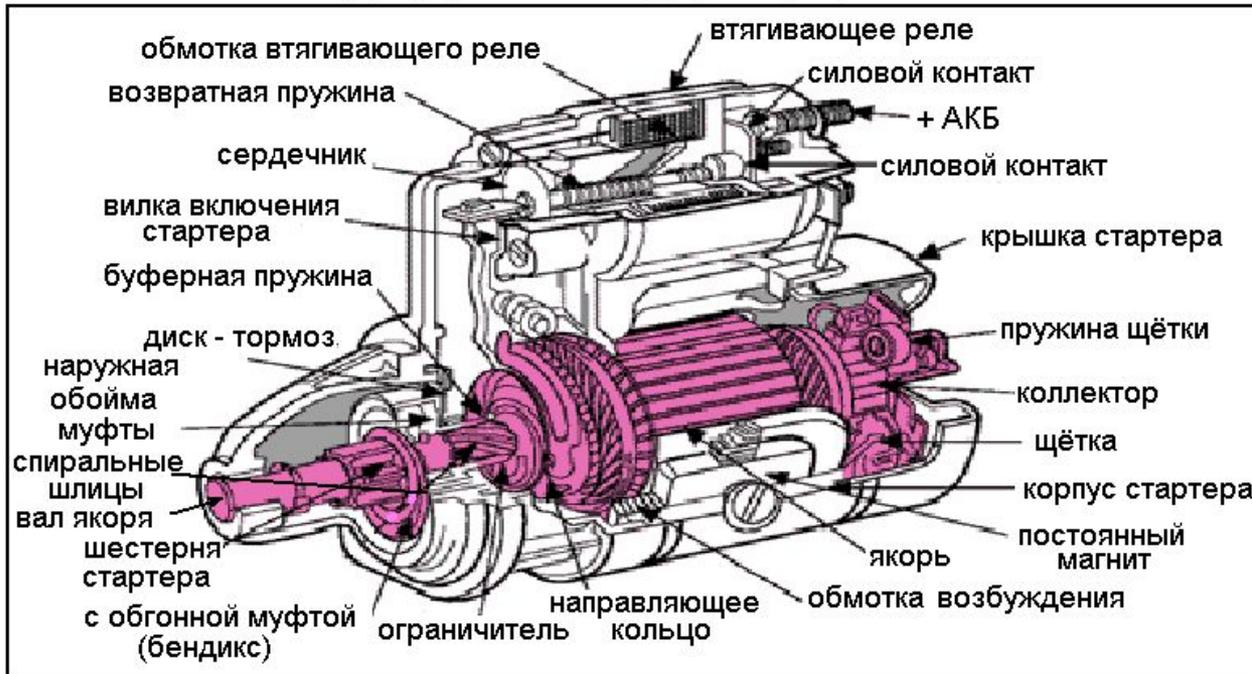
# Аккумуляторная батарея. Основные понятия и критерии.

- **Обозначения основных характеристик** на батареях различных производителей отличаются друг от друга. Большинство европейских и азиатских производителей руководствуются промышленным стандартом Германии **DIN 43539, часть 2**, который оговаривает 2 основных параметра:
- **Ёмкость батареи**, измеряемую в **A·ч** при **+25°C**. Чтобы понять физический смысл, грубо можно считать, что батарея, например, ёмкостью **40A·ч** при **t= +25 °C** способна в течении **20 ч** обеспечивать небольшой ток в **2A**, при этом напряжение не должно понижаться ниже критических **10,5 В**.
- **Ток стартерного разряда**, при **t= - 18°C**. Это тот максимальный ток в **A**, который способна выдать батарея при **- 18°C**.
- Существует ещё и американский стандарт **SAE**, там тоже два параметра: резервная ёмкость измеряемая в минутах при **+27°C** и ток холодной прокрутки.
- Для пересчёта тока стартерного разряда **IDIN** в ток холодной прокрутки **ISAE** пользуются экспериментальными коэффициентами. Для батарей до **90A·ч** **ISAE=1.7IDIN**. Для батарей **90-200A·ч** **ISAE=1.6IDIN**.

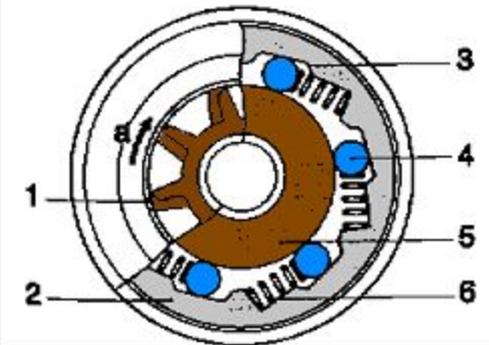
# Стартер

- Большинство систем пуска (стартеры) ДВС содержат электродвигатель постоянного тока с питанием от АКБ, шестерёнчатый привод, передающий крутящий момент к ДВС и обгонную муфту, предохраняющую выход стартера из строя (рассоединяет эл. двигатель и ДВС после запуска) вследствие чрезмерного центробежного усилия.
- В большинстве случаев в стартерах применяется эл. двигатель с последовательным возбуждением.

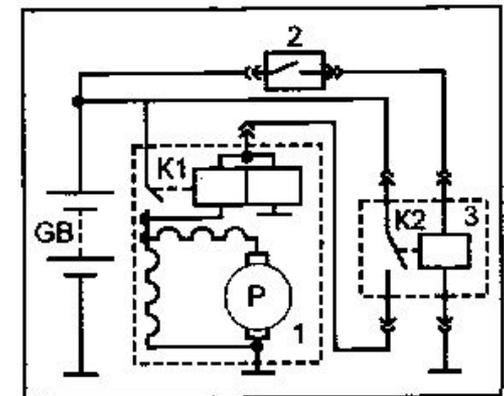
а) традиционная конструкция стартера



б) Обгонная муфта роликового типа:  
1 - шестерня стартера; 2 - наружная обойма муфты; 3 - выемки роликов;  
4 - ролик; 5 - вал шестерни; 6 - пружина;  
в - направление вращения



в) схема управления стартером



## Стартеры с редукторами.

- Стартеры с якорями, вращающимися с более высокими скоростями, но развивающими меньший крутящий момент, имеют меньший размер и массу, но требуют на выходе применения редукторов для увеличения крутящего момента.
- Наиболее распространены конструкции с планетарным редуктором.