

Искра возникает в том случае, когда мощность источника недостаточна для поддержания непрерывного дугового или тлеющего разряда. После пробоя разрядного промежутка напряжение на электродах очень сильно падает, так как в момент разряда проводимость газа резко возрастает вследствие образования ионов. В результате разряд прекращается. Затем напряжение снова повышается и т.д.

### МОЛНИЯ

Пример гигантского искрового разряда - молния (рис. 95.4). Молнии возникают либо между двумя облаками, либо между облаком и Землей.

Сила тока в молнии достигает 500 000 А, а напряжение между облаком и Землей - миллионы вольт. Отдельные разряды молнии очень кратковременны. Они длятся всего лишь около одной миллионной доли секунды.

Во время сильных гроз иногда наблюдается шаровая молния. Это - яркое светящееся образование, которое сравнительно медленно перемещается в воздухе. Размеры шаровой молнии могут быть различными, чаще всего ее диаметр 10-20 см. Продолжительность существования шаровой молнии -

от долей секунды до нескольких минут. Попытки разгадать ее природу и получить такую молнию в лабораторных условиях пока еще не увенчались успехом.

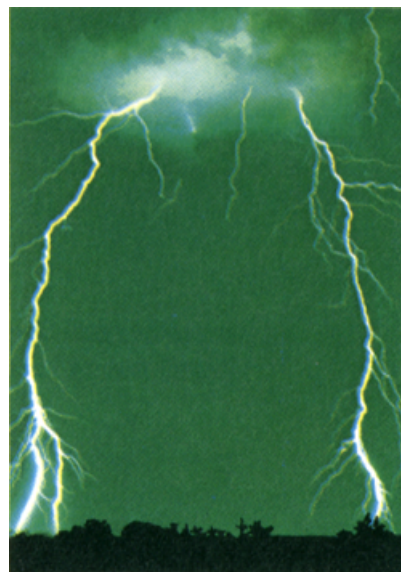


Рис. 95.4

## МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

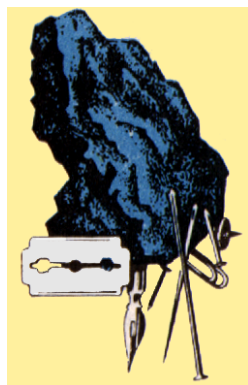


Рис. 96.1



Рис. 96.2

### 96. МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Наряду с электрическим взаимодействием в природе существует и другой вид взаимодействия - *магнитное*. В природе встречаются естественные магниты (рис.96.1) - железная руда (так называемый магнитный железняк). Богатые залежи магнитного железняка имеются на Урале в Курской области и во многих других местах. Магнитный железняк, а также некоторые метеориты, позволили людям впервые ознакомиться с магнитными свойствами тел.

Магниты могут иметь самую разнообразную форму. На рисунке 96.2 изображены дугообразный (а) и полосовой (б) магниты. Те части магнита, где обнаруживаются наиболее сильные магнитные действия,

называют *полюсами магнит*. На рис. 96.2 показан случай, когда к полюсам магнита притянулись стальные опилки. У всякого магнита, как и у известной нам магнитной стрелки, используемой в компасе, обязательно есть два полюса: *северный* (N) и *южный* (S).

Поднося магнит к предметам, изготовленным из различных материалов, можно установить, что магнитом притягиваются очень немногие из них. Хорошо притягиваются магнитом чугун, сталь, железо и некоторые сплавы, значительно слабее - никель и кобальт. Если магнитную стрелку приблизить к другой такой же стрелке, то они повернутся и установятся друг против друга противоположными полюсами (рис.96.3). Так же взаимодействует стрелка и с любым другим магнитом. Поднося к полюсам магнитной стрелки магнит, можно заметить, что северный полюс стрелки отталкивается от северного полюса магнита и притягивается к южному полюсу. Южный полюс стрелки отталкивается от южного полюса магнита и притягивается северным полюсом.

На основании описанных опытов можно сделать

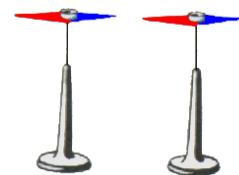


Рис. 96.3

следующее заключение: **разноименные магнитные полюса притягиваются, одноименные - отталкиваются.**

## 97. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Взаимодействие магнитов объясняется тем, что вокруг любого магнита имеется **магнитное поле**. Как и в случае электрического взаимодействия, *не один магнит непосредственно действует на другой, а магнитное поле одного магнита действует на другой магнит, и, наоборот, магнитное поле второго магнита действует на первый.*

С помощью железных опилок можно получить представление о магнитном поле постоянных магнитов.

Рисунок 97.1а дает представление о магнитном поле полосового магнита, а рисунок 97.1б - о магнитном поле дугообразного магнита. На рисунке 97.1в показано расположение железных опилок в магнитном поле двух магнитов, обращенных друг к другу одноименными полюсами, а на рисунке 97.1г - двух магнитов, обращенных друг к другу разноименными полюсами.

Все указанные картины можно легко получить на опыте.

## 98. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

С глубокой древности известно, что магнитная стрелка, свободно вращающаяся вокруг вертикальной оси, всегда устанавливается в данном месте Земли в определенном направлении (если вблизи нее нет магнитов, проводников с током, железных предметов). Этот факт объясняется тем, что вокруг Земли существует магнитное поле и магнитная стрелка устанавливается вдоль его магнитных линий. На этом и основано применение компаса (рис.98.1), который представляет собой

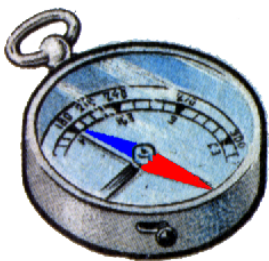


Рис. 98.1

свободно вращающуюся на оси магнитную стрелку.

Наблюдения показывают, что при приближении к Северному географическому полюсу Земли магнитные линии магнитного поля Земли все под большим углом наклоняются к горизонту и около  $75^\circ$  северной широты и  $99^\circ$  западной долготы становятся вертикальными, входя в Землю (рис.98.2). Здесь в настоящее время находится Южный магнитный полюс Земли, он удален от Северного географического полюса приблизительно на 2100 км.

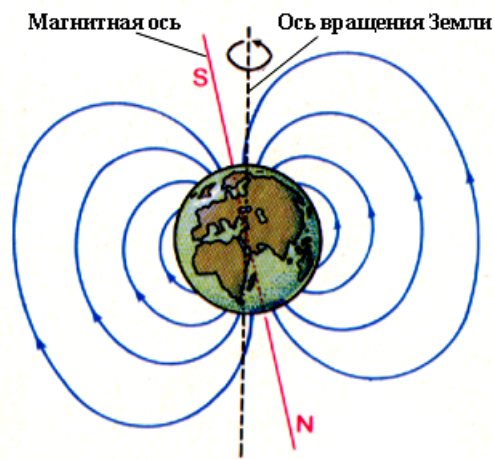


Рис. 98.2

Северный магнитный полюс Земли находится вблизи Южного географического полюса, а именно на  $66,5^\circ$  южной широты и  $140^\circ$  восточной долготы. Здесь магнитные линии магнитного поля Земли выходят из Земли

Таким образом, магнитные полюсы Земли не совпадают с ее географическими полюсами. В связи с этим направление магнитной стрелки не совпадает с направлением географического меридиана. Поэтому магнитная стрелка компаса лишь приблизительно показывает направление на север.

Земной магнетизм еще окончательно не объяснен. Большое внимание изучению магнитного поля Земли уделяют при полетах искусственных спутников и космических кораблей. Установлено, что земное магнитное поле надежно защищает поверхность Земли от космического излучения, действие которого на живые организмы разрушительно.

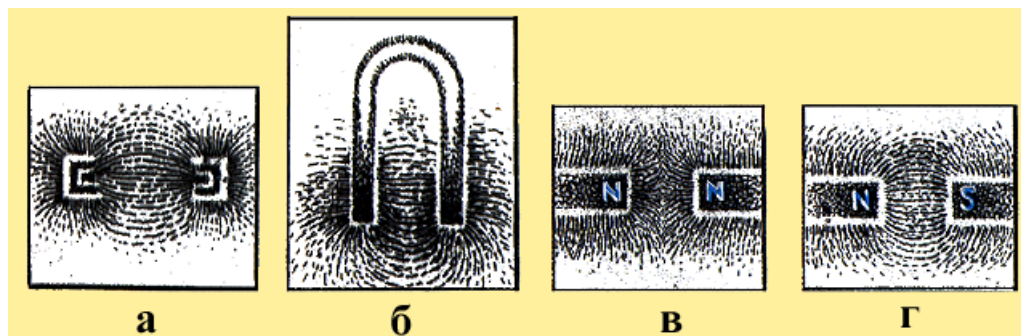


Рис. 97.1

## 99. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

В предыдущих параграфах были описаны различные явления, наблюдаемые в цепи, в которой существует электрический ток: тепловые, химические и магнитные. Магнитные явления имеют одну отличительную особенность – их можно зафиксировать всегда, когда существует электрический ток. Это связано с тем, что *во круг проводника, по которому течет ток возникает магнитное поле.*

Рассмотрим опыт, показывающий взаимодействие проводника с током и магнитной стрелки. Такое взаимодействие впервые обнаружил в 1820 г. датский ученый Эрстед. Его опыт имел большое значение для развития учения об электрических и магнитных явлениях.

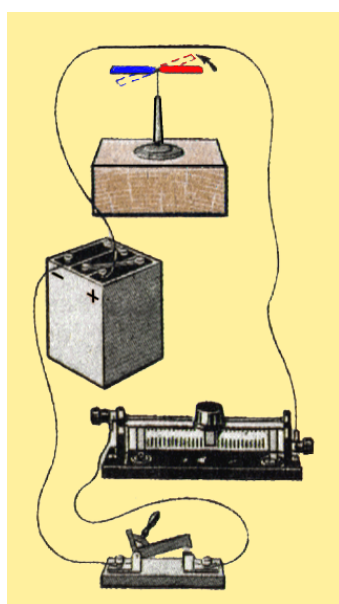


Рис. 99.1

Расположим проводник, включенный в цепь источника тока, над осью магнитной стрелки (рис. 99.1). При замыкании цепи магнитная стрелка отклоняется от своего первоначального положения ( на рис. показано пунктиром). Это означает, что *проводник с током и магнитная стрелка взаимодействуют друг с другом.* При размыкании цепи магнитная стрелка возвращается в свое начальное положение. Как можно объяснить опыт Эрстеда? Мы знаем, что

вокруг намагниченных тел существует магнитное поле. Опыт Эрстеда навел на мысль о существовании магнитного поля вокруг проводника с электрическим током: оно и действует на магнитную стрелку, отклоняя ее.

**Магнитное поле существует вокруг любого проводника с током, т.е. вокруг движущихся электрических зарядов. Электрический ток и магнитное поле неотделимы друг от друга.**

Таким образом, вокруг неподвижных электрических зарядов существует только одно электрическое поле, вокруг движущихся зарядов, т.е. электрического тока, существуют и электрическое, и магнитное поле. Магнитное поле появляется вокруг проводника, когда в последнем возникает ток, поэтому ток следует рассматривать как источник магнитного поля. В этом смысле надо понимать выражения "магнитное поле тока" или "магнитное поле, созданное током".

## 100. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРЯМОГО ТОКА. МАГНИТНЫЕ ЛИНИИ

Существование магнитного поля вокруг проводника с электрическим током можно обнаружить различными способами. Один из таких способов заключается в использовании мелких железных опилок.

В магнитном поле опилки - маленькие кусочки железа - намагничиваются и становятся как бы магнитными стрелочками. Стрелочки в магнитном поле устанавливаются вдоль направления действия сил магнитного поля.

На рисунке 100.1 изображена картина магнитного поля прямого проводника с током. Для получения такой картины прямой проводник пропускают сквозь лист картона. На картон насыпают тонкий слой железных опилок, включают ток и опилки слегка встряхивают. Под действием магнитного поля тока железные опилки располагаются вокруг проводника не беспорядочно, а по концентрическим окружностям.

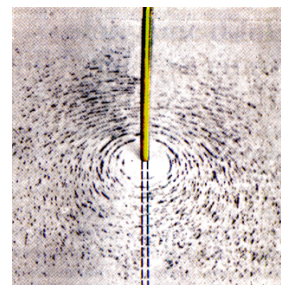


Рис. 100.1

**Линии, вдоль которых в магнитном поле располагаются железные опилки, называют магнитными линиями.**

Цепочки, которые образуют в магнитном поле железные опилки, показывают форму магнитных линий. Магнитные линии представляют собой замкнутые кривые, охватывающие проводник с током. С помощью магнитных линий удобно изображать магнитные поля графически. Так как магнитное поле существует во всех точках пространства, окружающего проводник с током, то через любую точку можно провести магнитную линию, но так, чтобы она охватывала проводник с током.

На рисунке 100.2 показано расположение магнитных линий вокруг проводника с током. Если около этого проводника расположить намагниченные стрелки, то они устанавливаются вдоль магнитных линий. (Стрелки на магнитных линиях совпадают с направлением северного полюса намагниченной стрелки.) При изменении направления тока в проводнике все магнитные стрелки поворачиваются на 180 градусов. Из этого опыта можно заключить, что направление

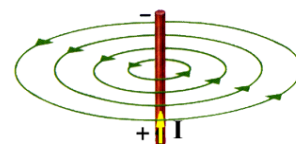


Рис. 100.2

направление магнитных линий магнитного поля тока связано с направлением тока в проводнике.

## 101. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ КАТУШКИ С ТОКОМ

Наибольший практический интерес представляет собой магнитное поле катушки с током. Сделав в куске картона два ряда отверстий и протянув сквозь них провод, как показано на рисунке 101.1, получают катушку. Создав в катушке ток, насыпают на картон железные опилки, которые располагаются вдоль магнитных линий магнитного поля катушки с током.

Когда длина катушки превосходит диаметр витков, то внутри такой катушки существует магнитное поле, магнитные линии которого параллельны друг другу. На концах катушки магнитные линии расходятся и замыкаются вне катушки.

Если подвесить катушку с током на тонких и длинных проводниках, то она установится так, как устанавливается магнитная стрелка компаса: один конец катушки обращен к северу, другой - к югу. Таким образом, катушка с током, как и магнитная стрелка, имеет два магнитных полюса - северный и южный (рис. 101.2), их можно определить, поднося к ним магнитную стрелку.

Для перемены магнитных полюсов катушки достаточно изменить в ней направление тока.

## 102. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. ГЕНЕРАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Изучение электромагнитных явлений показывает, что вокруг электрического тока всегда существует магнитное поле. Электрический ток и магнитное поле неотделимы друг от друга.

Но если электрический ток, как говорят, "создает" магнитное поле, то не существует ли обратного явления? Нельзя ли с помощью магнитного поля "создать" электрический ток? Такую задачу в начале 19 столетия пытались решить многие ученые. Поставил ее перед собой и английский ученый Фарадей.

"Превратить магнетизм в электричество" - так сформулировал в своем дневнике эту задачу Фарадей в 1822 году. Почти 10 лет упорной работы потребовалось Фарадею для ее решения. Чтобы понять, как Фарадею удалось "превратить магнетизм в электричество", выполним некоторые опыты Фарадея, используя

современные приборы.

На рисунке 102.1 изображен проводник, концы которого присоединены к гальванометру. Если этот проводник вдвигать внутрь магнита или удалять из него так, чтобы он пересекал магнитные линии, то в проводнике возникнет и существует во время движения электрический ток. Это видно по

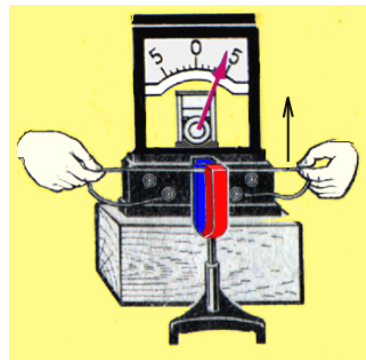


Рис. 102.1

отклонению стрелки гальванометра. Можно двигать магнит, а проводник закрепить неподвижно, важно, чтобы существовало движение проводника относительно магнитного поля и чтобы магнитные линии и проводник при этом пересекались.

**Явление возникновения электрического тока в проводнике, пересекающем магнитные линии, называется электромагнитной индукцией.** Возникающий при этом ток - *индукционным током*.

Индукционный ток в проводнике представляет собой такое же упорядоченное движение электронов, как и ток, полученный от гальванического элемента или аккумулятора. Название "индукционный" указывает только на причину его возникновения. Для получения электрического тока используются индукционные генераторы. Модель генератора - устройства, работающего как источник тока, показана на рисунке 102.2. Когда рамка вращается в магнитном поле, в ее обмотке возникает ток.

Устройство технического генератора значительно сложнее. При помощи этих генераторов вырабатывается ток на электростанциях. Для приведения во вращение подвижной части генератора используют двигатели внутреннего сгорания, паровые турбины и гидротурбины.

Электрический генератор и паровую турбину, соединенные в один агрегат, называют турбогенератором. Турбогенераторы устанавливают на тепловых (и атомных) электростанциях.

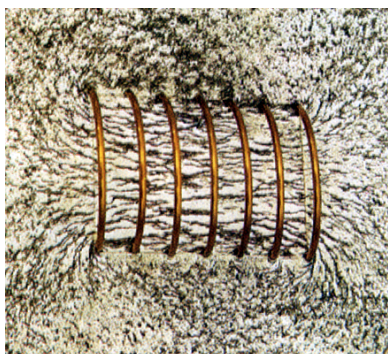


Рис. 101.1

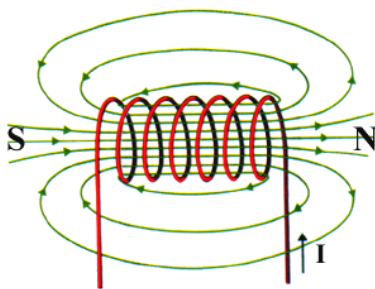


Рис. 101.2

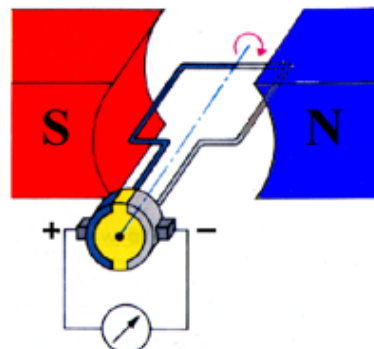


Рис. 102.2

При работе генераторов энергия топлива (угля, нефти, газа) или воды (на гидроэлектростанциях) превращается в энергию электрического тока, которая используется в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве и в быту. На рисунке 102.3 изображен монтаж мощного электрогенератора тепловой электростанции.

### 103. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Действие магнитного поля катушки с током можно значительно усилить, если поместить внутрь катушки сердечник из железа. При прохождении тока через катушку железный сердечник намагничивается и к магнитному полю катушки добавляется магнитное поле намагниченного сердечника. Катушку с железным сердечником внутри называют *электромагнитом*.

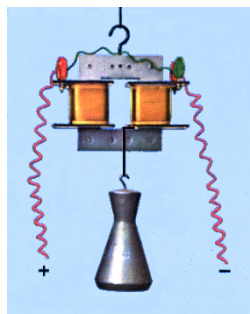


Рис. 103.1

103.1 изображен дугообразный электромагнит, удерживающий якорь с подвешенным грузом.

Электромагниты широко применяются в технике благодаря их замечательным свойствам: они быстро размагничиваются при выключении тока. Электромагниты можно изготавливать (в зависимости от назначения) самых различных размеров, во время работы электромагнита можно регулировать его магнитное действие, меняя силу тока в катушке.

Электромагниты, обладающие большой подъемной силой, используются на заводах для переноски изделий из стали или чугуна, а также стальных и чугунных стружек, слитков (рис. 103.2).

Применяются электромагниты в телеграфе, телефоне и многих других устройствах.

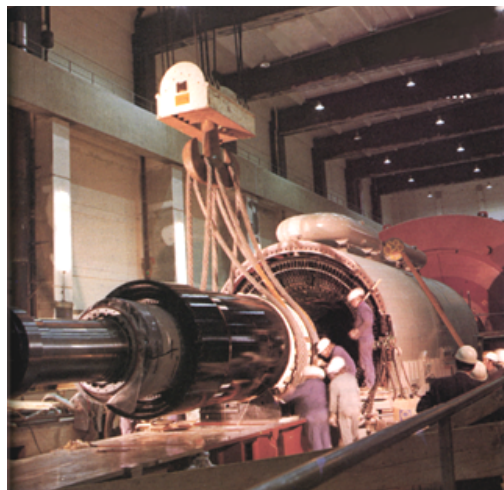


Рис. 102.3



Рис. 103.2

### 104. ТЕЛЕФОН

Всем хорошо известна телефонная трубка. На одном конце трубки укреплен собственно телефон, прижимаемый к уху при разговоре, а на другом - микрофон. Микрофон и телефон соединены в общую цепь с подобными приборами, находящимися на другом конце телефонной линии.

На рисунке 104.1 изображена схема устройства микрофона. Основные детали микрофона - мембрана 6 (тонкая пластинка из стали или прессованного угля) и угольный порошок 5, заключенный в углублении угольной колодки 2. Угольная колодка закреплена в корпусе 1 и изолирована от него прокладкой 4. На дне корпуса (тоже изолированно от него) укреплен неподвижный электрод 3.

Электрический ток в цепи проходит через мембрану, угольную колодку, угольный порошок и электрод. Как работает микрофон? Когда мы говорим или поем, наши голосовые связки колеблются и приводят в колебания воздух. Колебания воздуха воспринимаются нами как звук.

Когда на мембрану не действуют звуковые колебания воздуха, сопротивление угольного порошка в микрофоне неизменно и сила тока в цепи постоянна. (Участок АВ рис. 104.2) на графике, показывающем изменения силы тока в цепи микрофона). Звуковые колебания воздуха, достигая мембраны, приводят ее в колебания. Мембрана, колеблясь, изменяет контакт между отдельными зернышками угольного порошка. Вследствие этого сопротивление порошка в микрофоне изменяется, что вызывает изменения силы тока в цепи. Эти изменения происходят в соответствии с колебаниями мембраны. Ток в цепи микрофона становится пульсирующим. (Участок ВС (см. рис.104.2) на графике изменения силы тока.) Таким образом, звуковые колебания в микрофоне вызывают изменения силы тока в цепи телефона.



Рис. 104.2

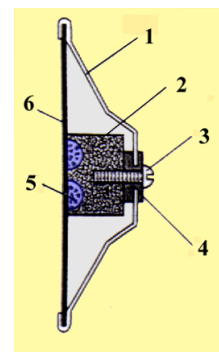


Рис. 104.1

Схема устройства телефона изображена на рисунке 104.3. В корпусе 2 телефона находится постоянный магнит 3 со стальными наконечниками, на которые надеты катушки 4 из очень тонкого провода.

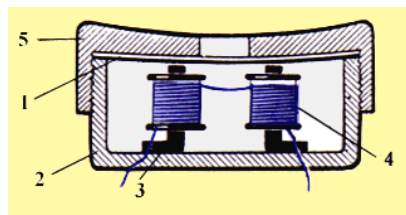


Рис. 104.3

На корпусе 2 лежит мембрана 1, представляющая собой тонкую стальную пластинку круглой формы. Между мембраной и полюсными наконечниками имеется небольшой воздушный зазор. Крышка 5 прижимает мембрану 1 к корпусу 2.

Когда в катушках телефона ток не меняется или его совсем нет, мембрана притянута к полюсам магнита и находится в слегка прогнутом состоянии. Если сила тока в катушках меняется, то это вызывает изменения магнитного поля катушек. Изменения силы тока происходят в соответствии со звуковыми колебаниями, поэтому и дополнительное магнитное поле, созданное им, будет изменяться в соответствии с этими колебаниями.

Под действием изменяющегося магнитного поля мембрана телефона колеблется и приводит в колебание прилегающие к ней слои воздуха. В результате в трубке слышны те слова и фразы, которые в это время произносит в микрофон собеседник.

## 105. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Мы знаем, что магнитное поле действует с некоторой силой на каждый проводник с током, находящийся в этом поле. На рисунке 105.1 изображен жесткий медный (не магнитный) проводник, подвешенный на гибких проводах, которые присоединены к источнику тока. Проводник помещен между полюсами дугообразного магнита, т.е. находится в магнитном поле. При замыкании электрической цепи проводник приходит в движение.

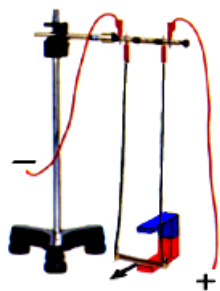


Рис. 105.1

Практически важное значение имеет вращение проводника с током в магнитном поле. На рисунке 105.2 изображен прибор, на котором можно осуществить такое движение. В этом приборе ABCD легкая прямоугольная рамка насажена на вертикальную ось. На рамке уложена обмотка, состоящая из нескольких десятков витков проволоки, покрытой изоляцией.

Концы обмотки присоединены к металлическим полукольцам. Один конец обмотки присоединен к

одному полукольцу, другой - к другому. Полукольца насажены на ту же ось, что и рамка с обмоткой. Обмотку рамки включают в цепь источника тока с помощью полуколец и металлических пластинок - щеток. Рамка устанавливается в

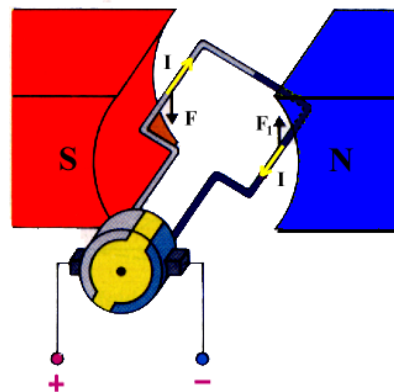


Рис. 105.3

магнитном поле, между магнитными полюсами магнитов N и S. При замыкании цепи рамка вращается.

Явление вращения проводника с током в магнитном поле используют в устройстве электрического двигателя. На рисунке 105.4 изображен вид в разрезе одного из современных двигателей постоянного тока. Двигатели постоянного тока нашли особенно широкое применение на транспорте (электровозы, трамваи, троллейбусы). В промышленности применяют двигатели, работающие на переменном токе (они будут изучаться в старших классах).

Электрические двигатели обладают рядом преимуществ. При одинаковой мощности они имеют меньшие размеры, чем тепловые двигатели. При работе они не выделяют газов, дыма и пара и, следовательно, не загрязняют воздух. Электродвигатели можно установить в удобном месте: на стенке, под полом трамвая, на тележке электровоза. Можно изготовить электрический двигатель любой мощности: от нескольких ватт, например для электробритв, до сотен и тысяч киловатт на экскаваторах, прокатных станах, кораблях. Коэффициент полезного действия мощных электрических двигателей достигает 98%. Такого высокого КПД не имеют другие типы двигателей. Один из первых в мире электрических двигателей, пригодных для практического применения, был изобретен русским ученым Б.С. Якоби в 1834 г. В 1838г. был изготовлен электродвигатель для привода гребного вала лодки.

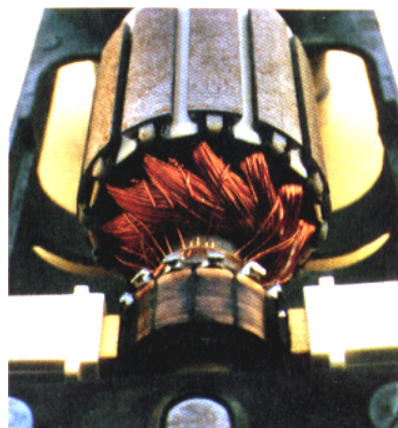


Рис. 105.4