

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРОВОДНИКОВ С ТОКОМ И ДВИЖУЩИХСЯ ЗАРЯДОВ.

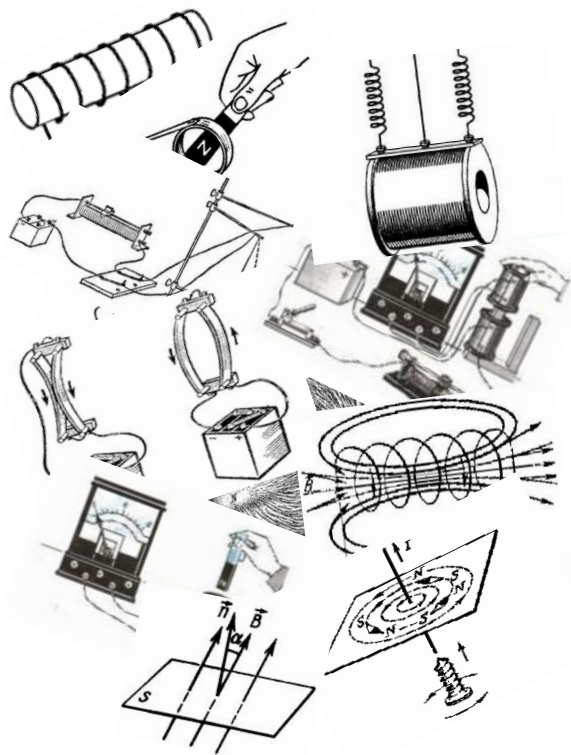
Выполнил: ученик 11 класса МБОУ «СОШ №1»
г.Белева Тульской области

Алтунин Владислав Дмитриевич

Руководитель проекта: учитель физики

Басанская Валентина Юрьевна

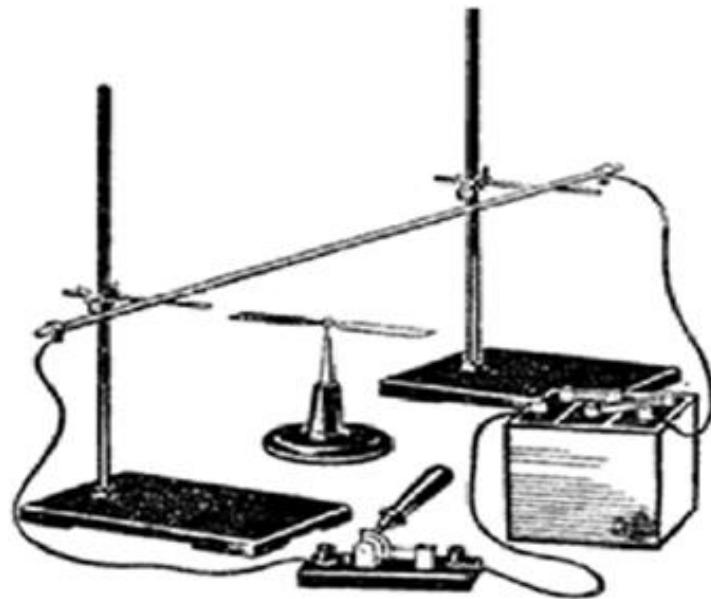
Введение



- Магнитное поле как предмет изучения известно человечеству довольно давно, многие ученые и исследователи на протяжении веков занимались его изучением, экспериментировали, а также строили математические модели. Связь магнитного поля с электричеством была обнаружена далеко не сразу.

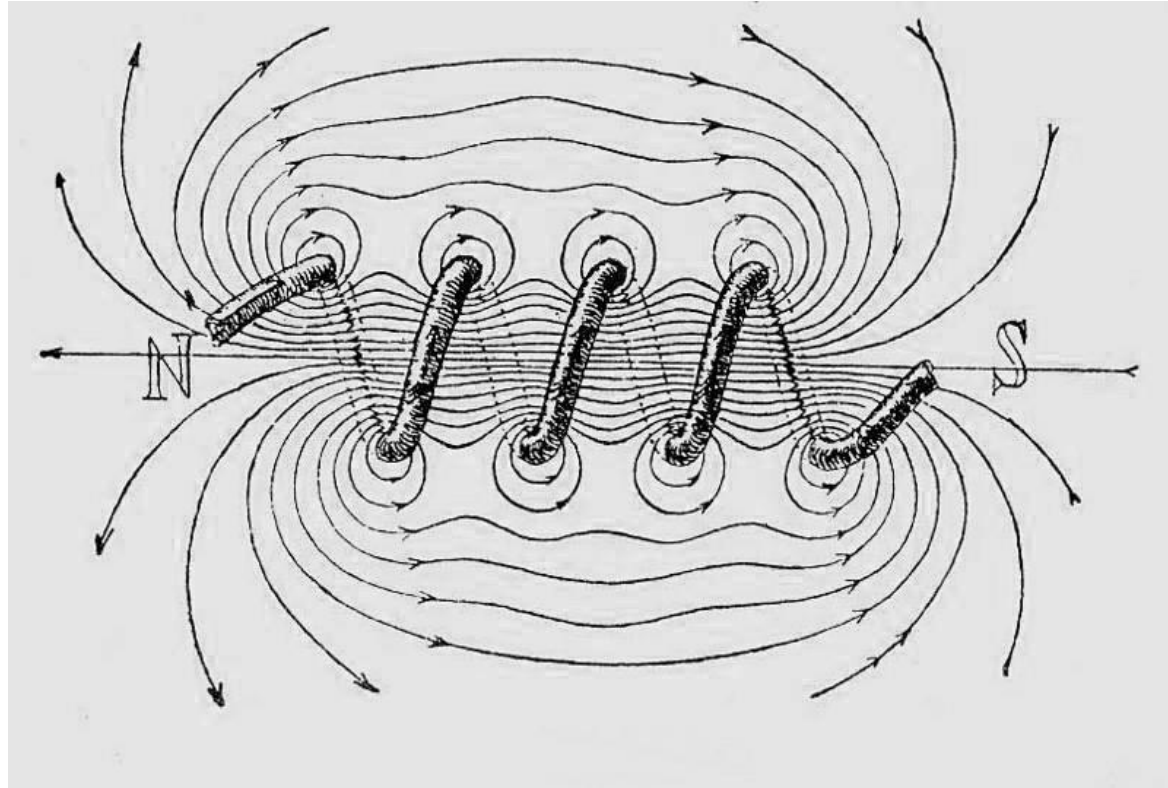
Опыт Эрстеда

Для демонстрации опыта были приготовлены: источник тока, провод, замыкающий его, зажимы, а также компас. Когда Эрстед замыкал цепь, стрелка компаса вздрагивала и поворачивалась. При размыкании цепи стрелка возвращалась в исходное положение. Это было первое экспериментальное подтверждение связи электричества и магнетизма. Он обнаружил, что "магнитный эффект электрического тока имеет круговое движение вокруг него", ведь сила действующая между магнитом и проволокой, была направлена не по прямой, соединяющей их, а ей перпендикулярно!



Магнитное поле проводника с током

- Магнитное поле — поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитным моментом, независимо от состояния их движения; магнитная составляющая электромагнитного поля.
- Магнитное поле представляет собой особую форму материи. Оно существует реально, независимо от нас, от наших знаний о нем ; его нельзя обнаружить нашими органами чувств, а можно лишь с помощью проводников с током или магнитных стрелок .

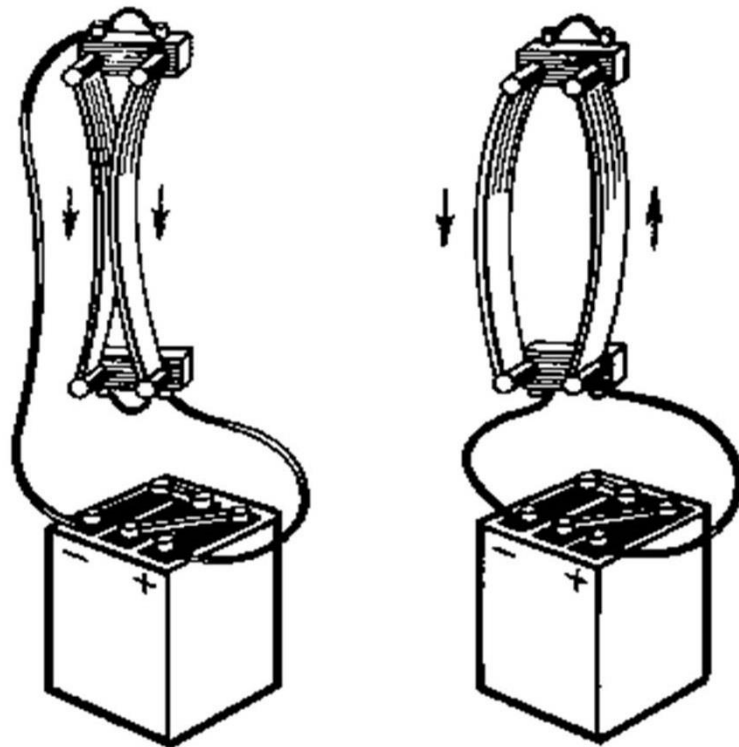


Магнитное взаимодействие

Магнитные взаимодействия – взаимодействия между проводниками с током т.е. между направленно движущимися электрическими зарядами.

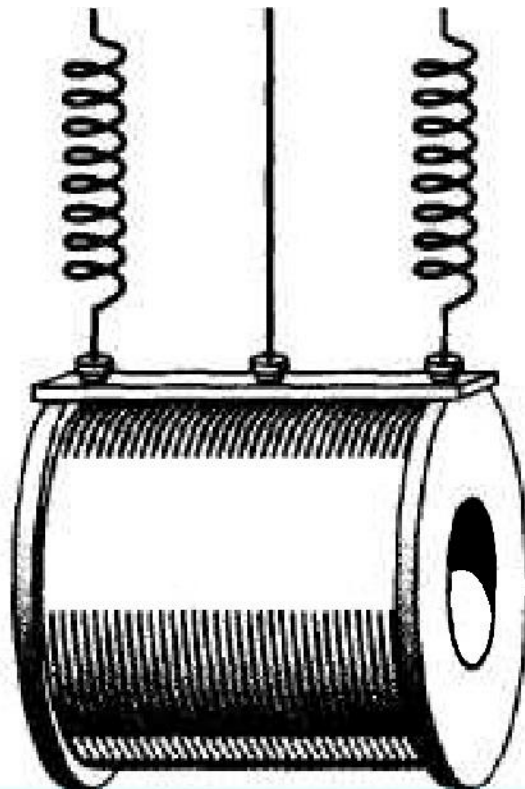
Магнитное поле создается не только токами в проводниках, но и любое направленное движение электрических зарядов вызывает появление магнитного поля. Основные свойства магнитного поля установленные экспериментально таковы:

- 1) Магнитное поле порождается электрическим током и постоянными магнитами.
- 2) Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток или магнитную стрелку.



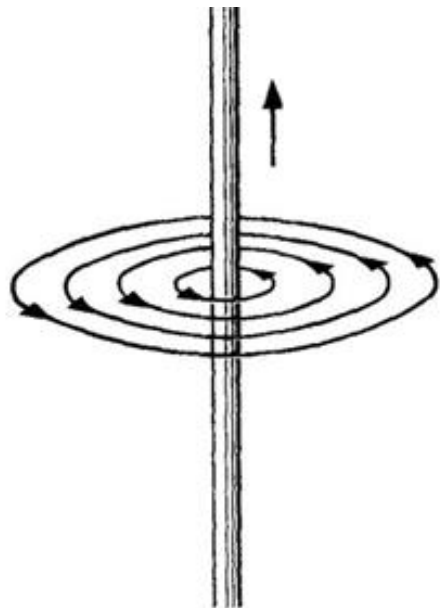
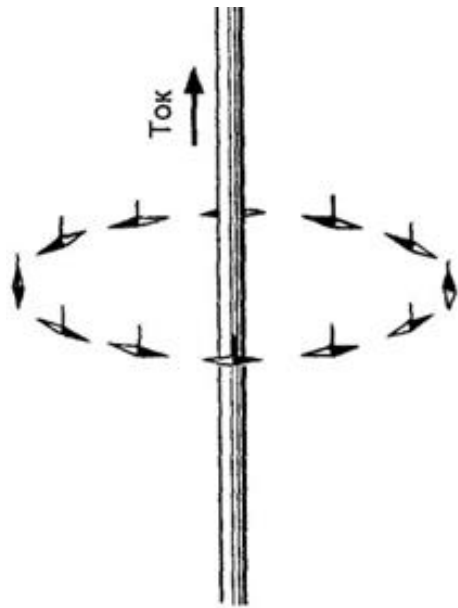
Катушка с током

Катушка или соленоид - это проводник, намотанный в некоторое количество витков на непроводящей основе. Витки расположены плотно друг к другу, а также их количество обычно достаточно велико.



Вектор магнитной индукции

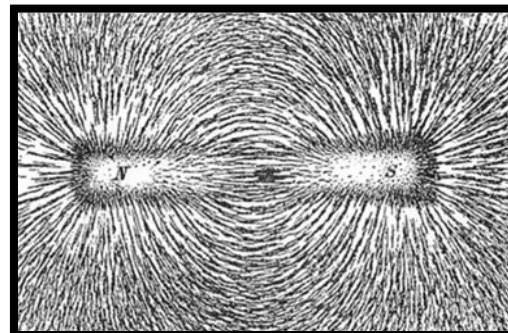
- Количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции B – аналогичный вектору напряженности для электрического поля.
- Направление вектора магнитной индукции принимается направление, которое показывает северный полюс N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле.



1. Для постоянных магнитов

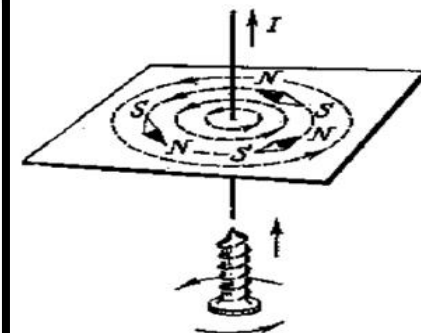
Картину линий магнитной индукции можно сделать видимой, воспользовавшись мелкими железными опилками.

В магнитном поле каждый кусочек железа намагничивается и ведет себя как маленькая магнитная стрелка. Большое количество опилок позволяет выяснить расположение линий магнитной индукции.



2. Для проводников с током. Правило буравчика:

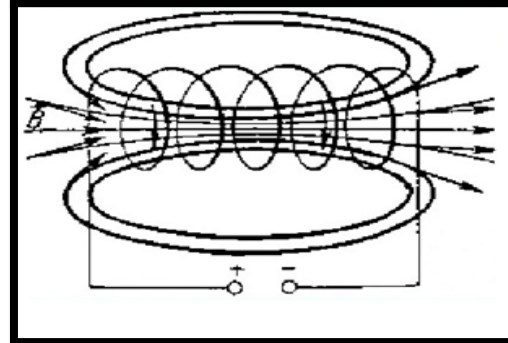
Если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика укажет направление вектора магнитной индукции.



3. Правило правой руки для витков с током или катушек – соленоидов.

Для катушки (соленоида) с током это правило тоже работает, и звучит так:

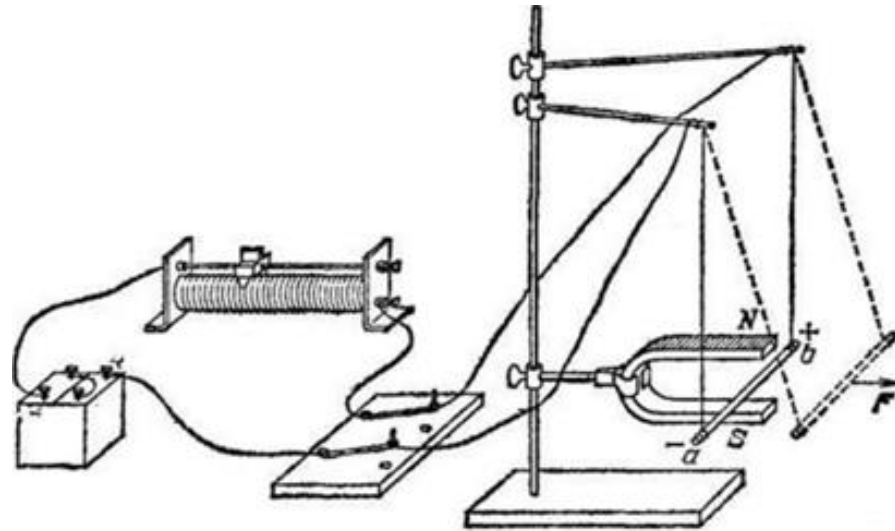
Если взять катушку в правую руку так, чтобы четыре пальца смотрели в сторону протекания тока, то отставленный большой палец укажет на северный полюс (N) катушки и совпадет с направлением магнитных линий.



Модуль вектора магнитной индукции

Магнитное поле действует на все участки проводника с током. Зная силу, действующую на каждый малый участок проводника, можно вычислить силу, действующую на весь замкнутый проводник в целом.

Закон, определяющий силу, действующую на отдельный небольшой участок проводника, был установлен в 1820 г. А. Ампером. Так как создать обособленный элемент тока нельзя, то Ампер проводил опыты с замкнутыми проводниками. Меняя форму проводников и их расположение, он сумел установить выражение для силы, действующей на отдельный элемент тока.



Определение модуля вектора магнитной индукции

Модуль вектора магнитной индукции определяется отношением максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на отрезок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого отрезка

$$B = F_m / I \Delta l$$

Сила Ампера

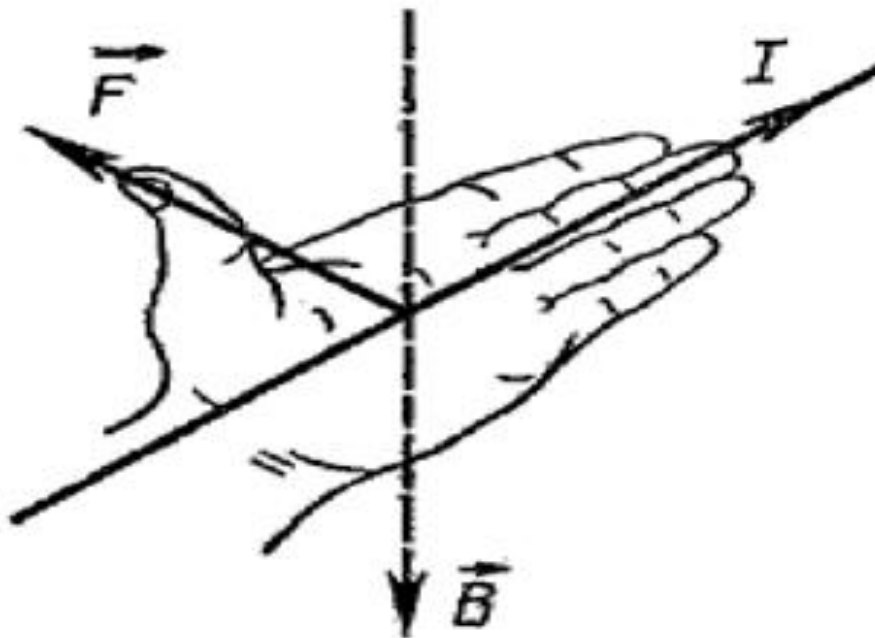
$$F_A = I|\vec{B}|\Delta l \sin \alpha$$

- Закон Ампера
- Модуль силы Ампера равен произведению силы тока, модуля вектора магнитной индукции, длины отрезка проводника и синусу угла между направлениями вектора магнитной индукции и элемента тока.

Правило левой руки для силы Ампера

Направление вектора $\vec{F}$ определяется правилом левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная проводнику составляющая $\vec{B}$ вектора магнитной индукции $\vec{B}$ входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по току, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы, действующей на отрезок проводника



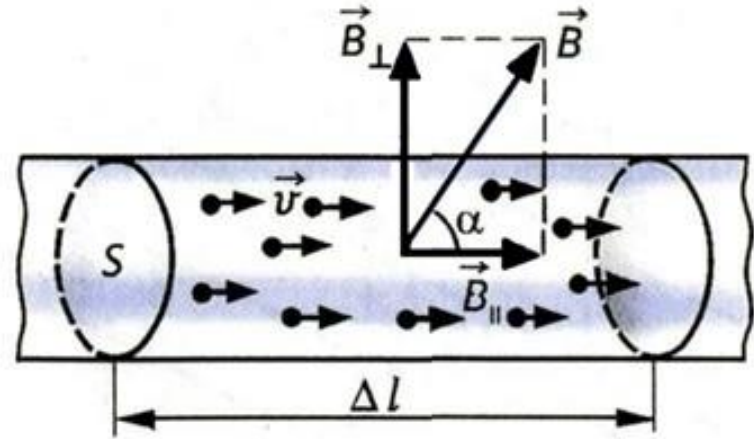
Сила Лоренца

- Силой Лоренца называют силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля. Модуль силы Лоренца равен отношению модуля силы $F^{\rightarrow}$, действующей на участок проводника длиной Δl , к числу N заряженных частиц, упорядоченно движущихся в этом участке проводника.

$$F_{\text{л}} = F / N$$

Действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу

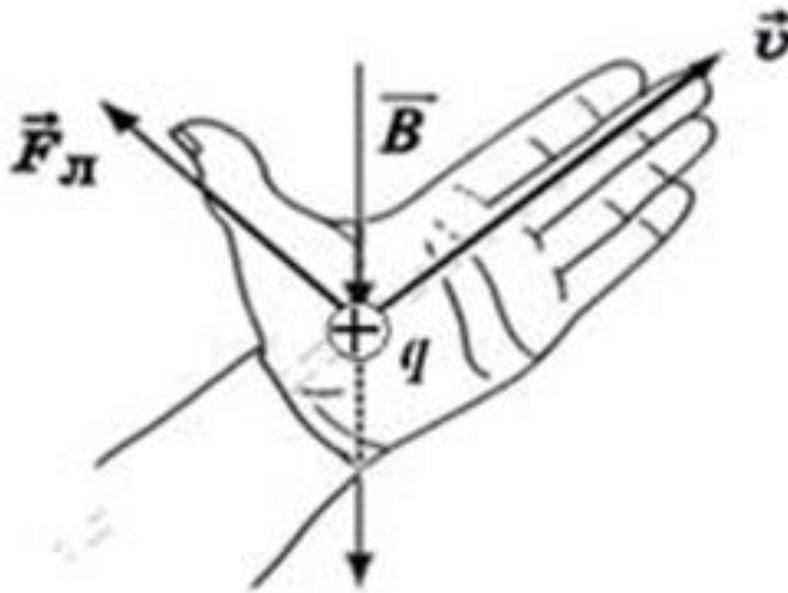
Если длину отрезка Δl и площадь поперечного сечения проводника S считать настолько малыми, что вектор индукции магнитного поля $\vec{B}$ можно считать одинаковым в пределах этого отрезка проводника.



$$F_{\text{Л}} = F/N = |q|vB \sin \alpha$$

Определение направления силы Лоренца

Если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции B , перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению скорости движения положительного заряда (против направления скорости отрицательного заряда), то отогнутый на 90° большой палец укажет направление действующей на заряд силы Лоренца $\vec{F}_L$.



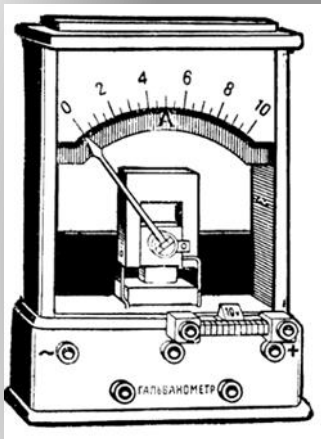
Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

Движение частицы с зарядом q в однородном магнитном поле $\vec{B}$, направленном перпендикулярно вектору начальной скорости частицы $\vec{v}$. Сила Лоренца зависит от модулей векторов скорости частицы и индукции магнитного поля. Так как магнитное поле не меняет модуль скорости движущейся частицы, то остаётся неизменным и модуль силы Лоренца. Эта сила перпендикулярна скорости и, следовательно, определяет центростремительное ускорение частицы, движущейся с постоянной по модулю скоростью, означает, что частица равномерно движется по окружности радиусом r .

$$r = mv / |q|B$$

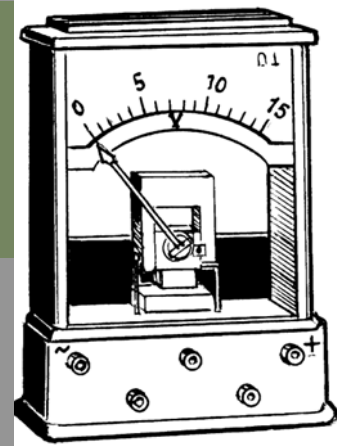
$$T = 2\pi r / v = 2\pi m / |q|B$$

Электроизмерительные приборы



Амперметр — прибор для измерения силы тока в амперах. Шкалу амперметров градуируют в микроамперах, миллиамперах, амперах или килоамперах в соответствии с пределами измерения прибора.

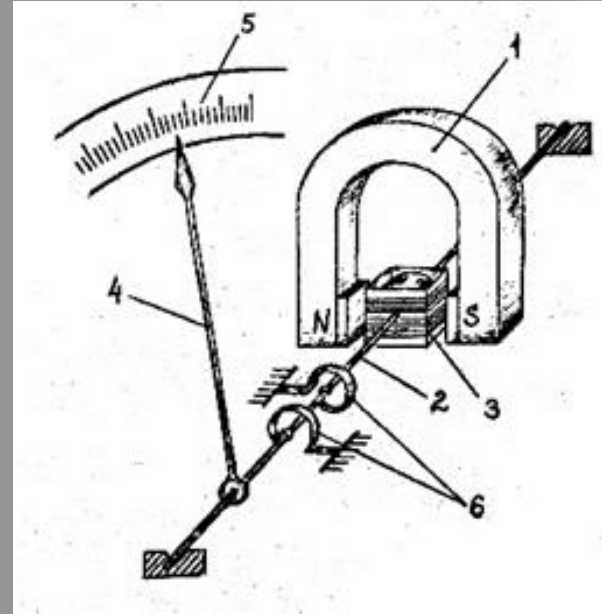
Вольтметр — электроизмерительный прибор непосредственного отсчёта для определения напряжения или ЭДС в электрических цепях. Подключается параллельно нагрузке или источнику электрической энергии.



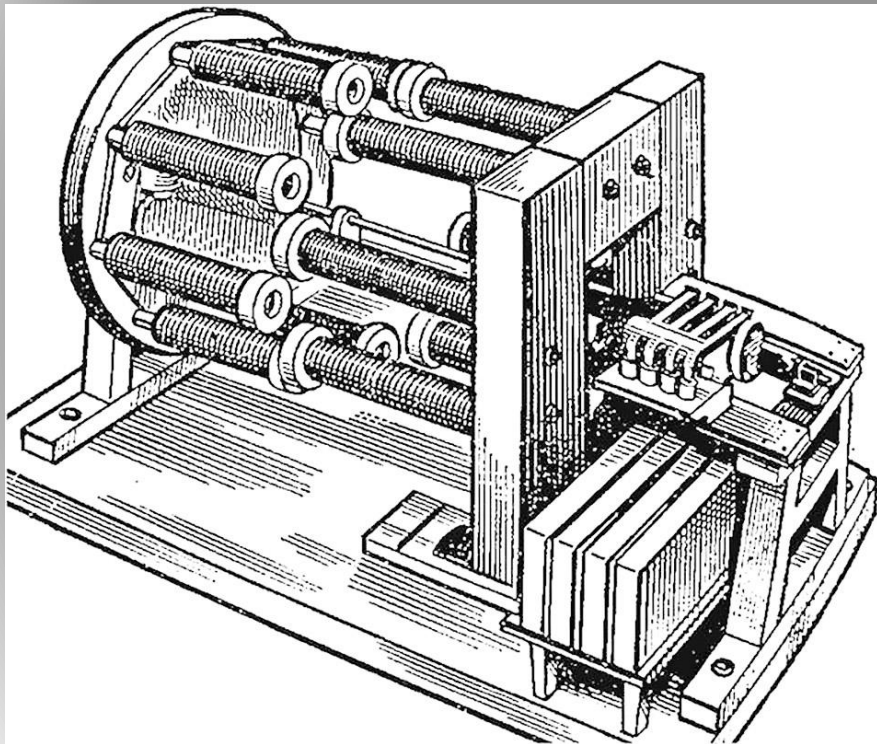
Приборы со стрелочной головкой

Через обмотку протекает ток определенной величины, заставляя ее отклоняться в поле постоянного магнита. На катушке закреплена стрелка, она, в свою очередь, поворачивается на угол крена, пропорциональный величине измеряемого тока.

Приборы со стрелочной головкой могут снабжаться дополнительными электронными схемами для усиления сигнала, подаваемого на головку (для измерения токов, существенно меньших чем ток полного отклонения головки, который для большинства магнитоэлектрических приборов составляет 50 мкА и более), защиты головки от перегруза и прочее.



Электродвигатель Якоби



- Вращательное движение якоря в двигателе Якоби происходило вследствие попеременного притяжения и отталкивания электромагнитов. Неподвижная группа U-образных электромагнитов питалась током непосредственно от гальванической батареи, причем направление тока в этих электромагнитах оставалось неизменным. Подвижная группа электромагнитов была подключена к батарее через коммутатор, с помощью которого направление тока в каждом электромагните изменялось восемь раз за один оборот диска. Полярность электромагнитов при этом соответственно изменялась, а каждый из подвижных электромагнитов попеременно притягивался и отталкивался соответствующим неподвижным электромагнитом: вал двигателя начинал вращаться.

Прямолинейный проводник длиной 40 см, по которому течёт ток силой 2,5 А, расположен в однородном магнитном поле с индукцией 5 мТл перпендикулярно линиям индукции. Определите силу Ампера, действующую на проводник со стороны магнитного поля. Ответ в мН.

Ответ: 5 мН

$$l = 0,4 \text{ m}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

$$B = 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$F = ?$$

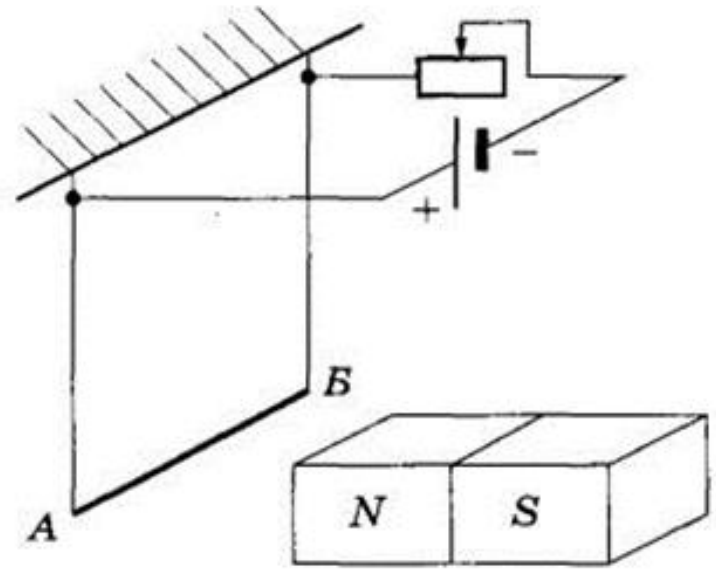
$$F = I B l \sin \alpha$$

$$F = 2,5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4 \cdot \sin 90 = \\ = 0,05 \text{ H}$$

$$\text{Answer: } 5 \text{ mH}$$

Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают вправо. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.

- 1) Сопротивление реостата уменьшается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, уменьшается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.
- 5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, уменьшается.



Ответ: 3,4,5

1) При перемещении ручки реостата вправо его сопротивление будет увеличиваться.

2) Магнитные линии исходят из северного полюса N и входят в южный S . Следовательно, линии индукции магнитного поля от постоянного магнита вблизи проводника AB будут направлены преимущественно влево.

3) В соответствии с законом Ома $I = U/R$ при увеличении сопротивления R сила тока I уменьшается. С уменьшением силы тока уменьшается и сила Ампера, находящаяся по формуле $F_A = IBL \sin \alpha$.

4) Сила Ампера, действующая на проводник AB , направлена вверх (по правилу левой руки). При уменьшении силы тока, сила Ампера уменьшается и натяжения проводов увеличиваются.

5) В соответствии с законом Ома $I = U/R$ при увеличении сопротивления R сила тока I уменьшается.

Ответ: 345

Ион с зарядом $q=3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл и массой $m=1,5 \cdot 10^{-25}$ кг проходит ускоряющую разность потенциалов $U=10^3$ В и после этого попадает в однородное магнитное поле, в котором движется по окружности радиусом $R=0,3$ м. Определите модуль индукции B магнитного поля. Считать, что установка находится в вакууме. Силой тяжести и скоростью иона до прохождения ускоряющей разности потенциалов пренебречь.

Ответ: $B=0,1$ Тл

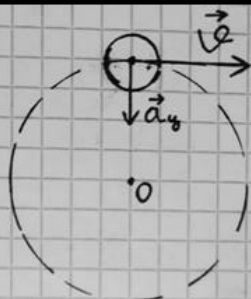
$$q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$U = 10^3 \text{ В}$$

$$R = 0,3 \text{ м}$$

$$B = ?$$



Пройдя разность потенциалов и заряженная частица приобретает кинетическую энергию

$$qU = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

По II закону Ньютона

$$F = ma_y$$

$$F_u = qvB = ma_y \quad a_y = \frac{v^2}{R}$$



$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3}{1,5 \cdot 10^{-25}}} = 0,653 \cdot 10^5 \text{ м/с} \quad \frac{v}{R} m = qB \Rightarrow B = \frac{vm}{Rq}$$

$$B = \frac{0,653 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25}}{0,3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19}} \approx 0,1 \text{ Тл}$$

$$B \approx 0,1 \text{ Тл}$$