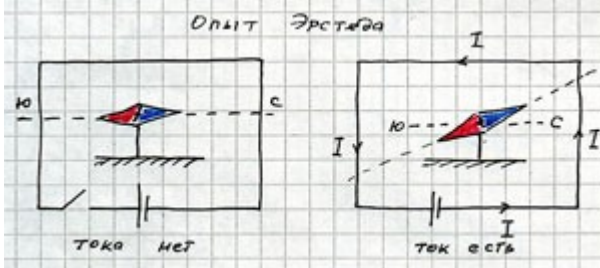


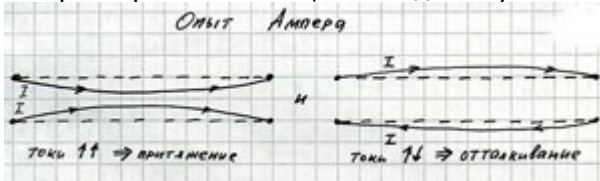
Тема 14. Магнитное поле

1. Магнитная индукция

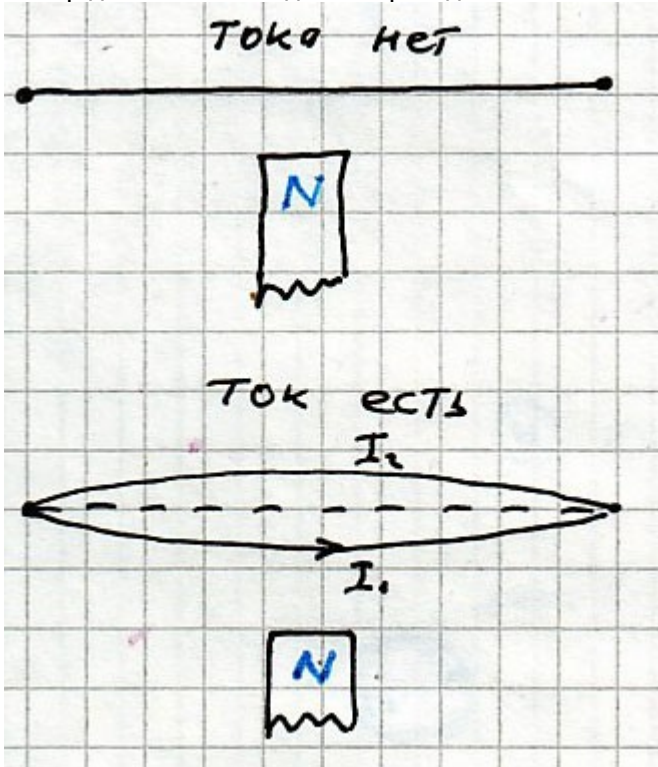
Как вам известно, вокруг проводника с током возникает магнитное поле (**МП**). Этот факт впервые был установлен в 1820 г. датским физиком Христианом Эрстедом. Опыт Эрстеда довольно прост:



Немного позже Ампер повторил и усложнил данный опыт. Ампер установил, что два проводника, по которым протекают токи, взаимодействуют наподобие постоянных магнитов:



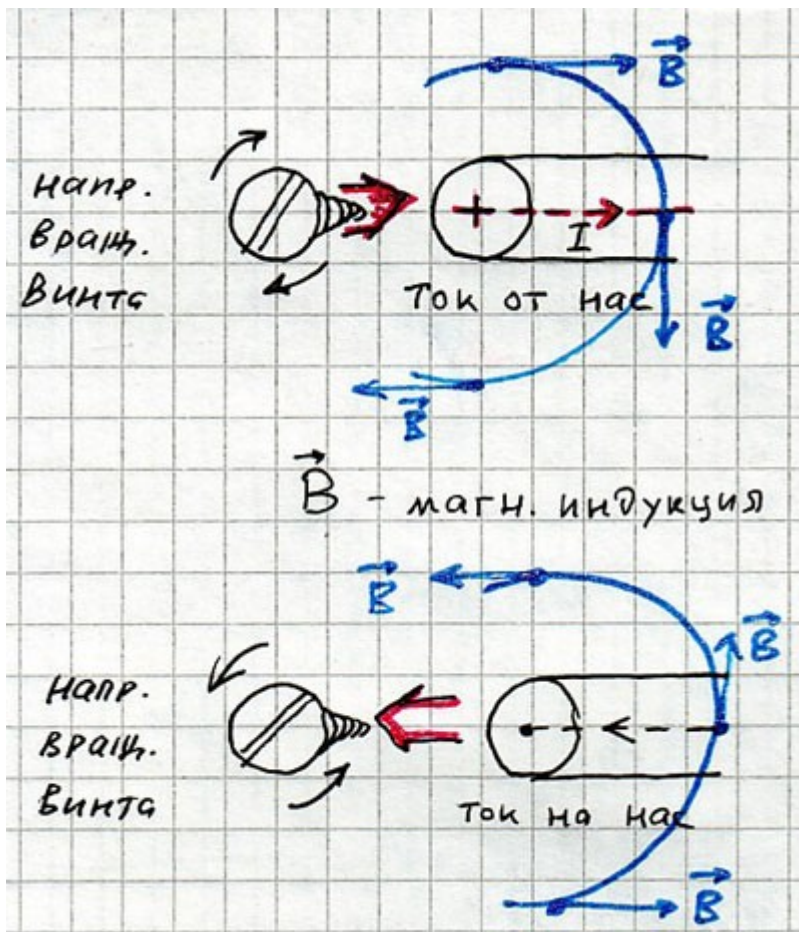
Ампер даже заменил один из проводников постоянным магнитом:



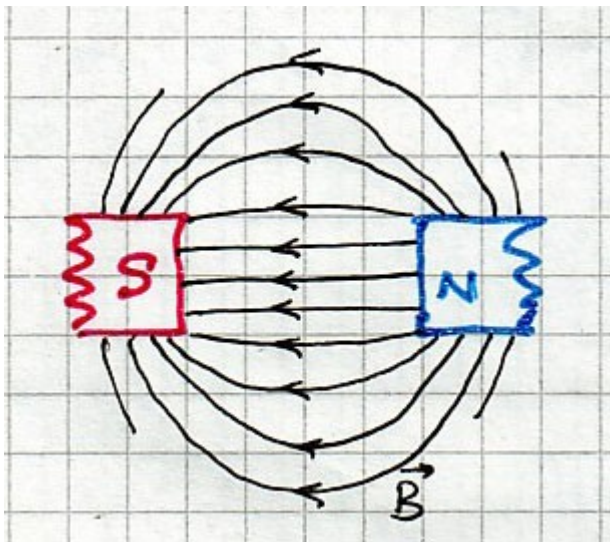
Итак, действие проводника с током на магнитную стрелку (опыт Эрстеда) осуществляется через МП. Можно сказать, что МП - это особая область пространства вокруг некоторых тел, в которой происходят магнитные взаимодействия. Иначе, МП - это особый вид материи, оно обладает следующими свойствами:

- МП создается только движущимися электрическими зарядами или электрическим током;
- МП обнаруживается по действию только на движущиеся электрические заряды или электрический ток.

Если в МП поместить проводник, по которому протекает ток, то на этот проводник будет действовать некоторая сила. Величина и направление этой силы определяются характеристиками самого МП, а также геометрией проводника, силой тока и его направлением. **Магнитная индукция** - это физическая величина, которая характеризует силовое действие МП. Магнитная индукция **\mathbf{B}** - векторная величина. Ее направление определяется по правилу БУРАВЧИКА (правилу ПРАВОГО винта):



Графически магнитная индукция изображается с помощью силовых линий МП (линий магнитной индукции). Эти линии направлены от **N** (северного) полюса к **S** (южному) полюсу. Вектор **B** направлен по касательной в любой точке линии индукции.



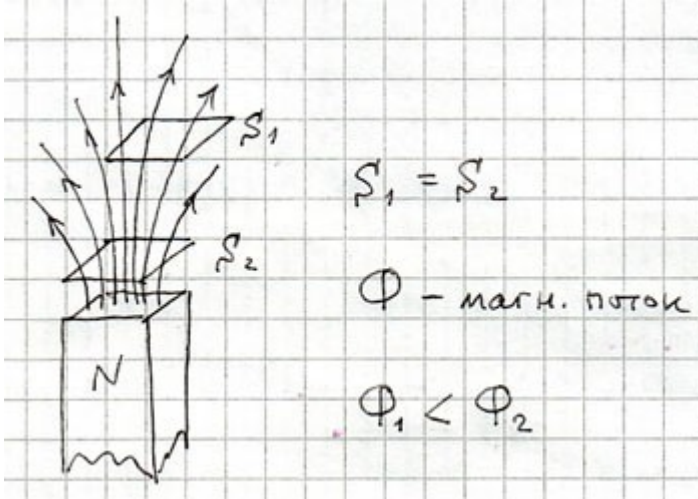
Линии индукции замкнуты, т.е. не имеют начала и конца. Это связано с тем, что в природе не существует частиц (магнитных зарядов), которые имели бы только один магнитный полюс:



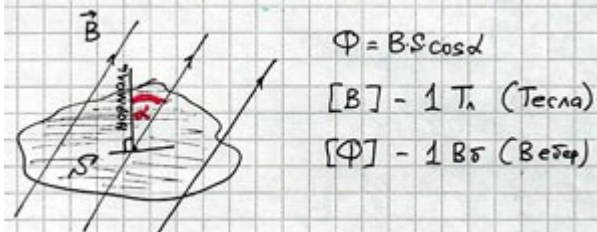
Если силовые линии поля замкнуты, то такое поле в физике называют *вихревым* => **МП - вихревое поле**. Если линии индукции МП в некоторой области пространства *параллельны* друг другу, то такое МП называют *однородным*. В дальнейшем мы будем рассматривать только однородное МП.

2. Действие МП на проводник с током

Вектор магнитной индукции B характеризует МП в данной точке пространства. Для характеристики МП в некоторой области пространства используется другая физическая величина - **магнитный поток**. Магнитный поток тем больше, чем больше линий магнитной индукции пронизывают данную область пространства:

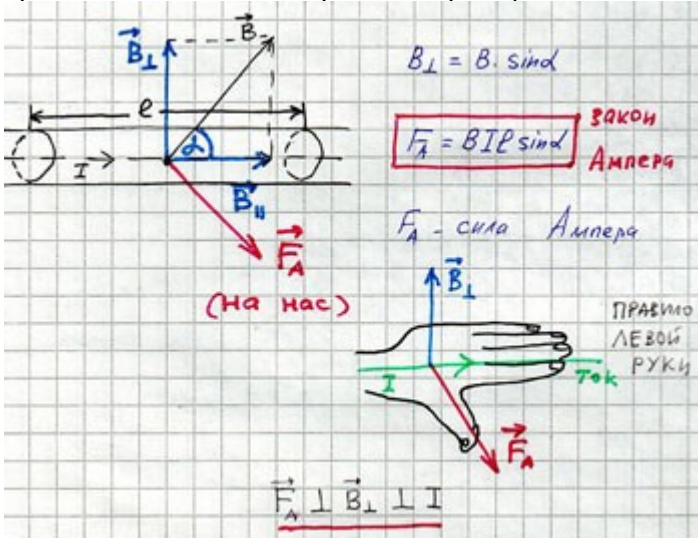


Если рассматривать магнитный поток через некоторую площадку, то величина магнитного потока будет пропорциональна магнитной индукции B и площади площадки S . Но магнитный поток зависит также от **угла** наклона площадки к линиям индукции. Причем, рассматривается *угол между нормалью к площадке и линией индукции*. **Нормаль** - это отрезок, перпендикулярный площадке.



Обратите внимание, что МП во всех случаях - **однородное**.

Закон, определяющий силу, действующую на проводник с током в МП, был установлен в 1820 г. Ампером (**закон Ампера**): величина этой силы прямо пропорциональна магнитной индукции, силе тока, длине проводника и зависит от угла между направлением тока и вектора индукции.

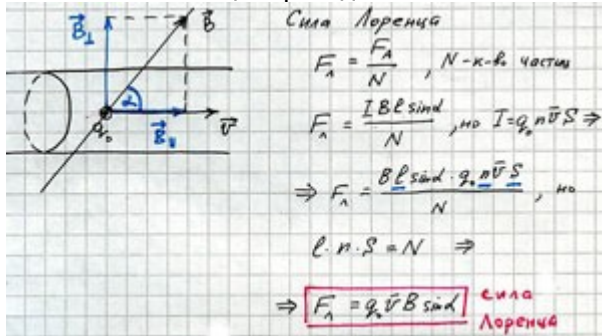


Для определения направления силы Ампера применяют правило левой руки. Следует иметь в виду, что все три направления взаимно перпендикулярны. Сила Ампера действует *на проводник*, по которому протекает *электрический ток*.

3. Действие МП на движущиеся заряженные частицы

Поскольку электрический ток в проводнике создается упорядоченно движущимися заряженными частицами, действие МП на проводник есть ни что иное, как результат суммарного воздействия МП на эти частицы. Ведь если нет упорядоченного движения частиц => нет электрического тока => нет силы Ампера. Значит, МП действует *на каждую* заряженную частицу!

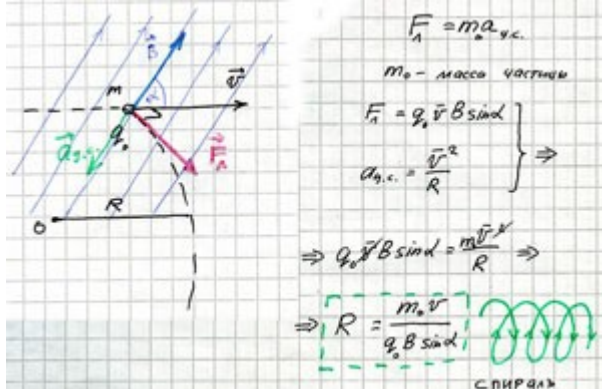
Силу, действующую на каждую заряженную частицу со стороны МП называют силой Лоренца (по имени физика - создателя электронной теории). Чтобы рассчитать силу Лоренца, нужно силу Ампера поделить на количество частиц в проводнике:



Для определения направления силы Лоренца также применяют правило левой руки.

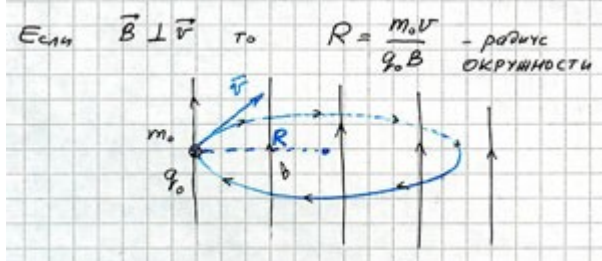
4. Движение заряженной частицы в однородном МП

Если заряженная частица влетает в однородное МП со скоростью \mathbf{v} под углом α к направлению \mathbf{B} , то траектория ее движения будет искривляться, поскольку сила Лоренца направлена перпендикулярно скорости. В соответствии со **II законом Ньютона** сила Лоренца равна произведению массы частицы на сообщаемое этой силой центростремительное ускорение:



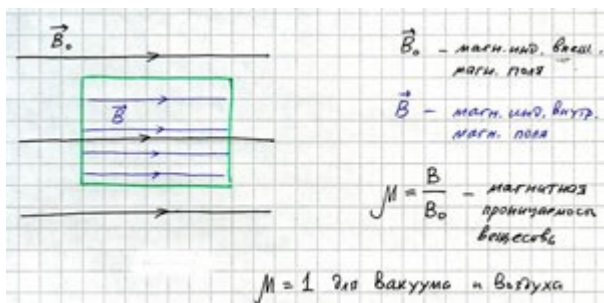
Траекторией движения частицы в МП, линии индукции которого направлены под некоторым углом α , является *спиральная линия*.

Если заряженная частица влетает в однородное МП перпендикулярно к направлению \mathbf{B} , то траекторией будет либо *дуга окружности*, либо *окружность*.



5. Магнитные свойства вещества

Вещество, помещенное в МП, проявляет свои магнитные свойства. У различных веществ они проявляются по-разному: у одних не наблюдается никаких изменений вообще, у других они настолько заметны, что эти вещества сами становятся магнитами. Поэтому принято (условно) делить все вещества на те, которые намагничиваются и те, которые не намагничиваются.



Итак, в веществе, помещенном во внешнее МП, возникает внутренне МП. Это внутренне МП может быть слабее внешнего, равно ему по величине, сильнее внешнего, направлено против внешнего или по внешнему МП.

Физическая величина, которая показывает, каково отношение индукции МП в веществе к индукции МП в вакууме, называется **магнитной проницаемостью** вещества. В зависимости от ее значения, все вещества подразделяют на:

парамагнетики	$\mu \approx 1$
диамагнетики	$\mu < 1$
ферромагнетики	$\mu \gg 1$

Физическая величина, которая характеризует энергетические свойства МП, называется напряженностью МП. Она также является векторной величиной и связана с магнитной проницаемостью простым соотношением:

\vec{H} - напряженность МП
 $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu \mu_0}$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
 1 Гн (Генри) - единица индуктивности в "СИ"
 $\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$
 $[H] - 1 \text{ A/m}$

Пытаясь объяснить магнитные свойства вещества, Ампер предположил, что внутри любого вещества текут так называемые *молекулярные токи* => каждая молекула создает свое слабое МП. Если эти *молекулярные МП* ориентированы **хаотично**, то общее МП будет практически равно нулю - вещество обладает **слабо выраженными магнитными свойствами**. В том случае, если эти *молекулярные МП* ориентированы **примерно одинаково**, то общее МП будет значительным - вещество обладает **ярко выраженными магнитными свойствами**. Вещества последнего типа могут быть постоянными магнитами и могут намагничиваться во внешнем МП. Такие вещества и называют *ферромагнетиками* - (**Fe, Co, Ni, Mn, Cr** и др., многие сплавы).

Если ферромагнетик нагревать, то, как и любом твердом теле, будет возрастать интенсивность хаотичных колебаний ионов в узлах кристаллической решетки => будет постепенно исчезать упорядоченность в направлениях "молекулярных" магнитных полей => при некоторой температуре T_k ферромагнетик полностью размагнитится. Температура, при которой ферромагнетик размагничивается, называется температурой Кюри. Для **Fe**, например, **$T_k = 480\text{K}$** или 753C .

Контрольные вопросы:

1. Что доказал Эрстед своим опытом?
2. Что доказал Ампер своими опытами?
3. Что представляет собой магнитное поле (МП)?
4. Какая физическая величина называется магнитной индукцией?
5. В чем состоит правило буравчика?
6. Как направлены линии индукции МП?
7. Почему МП называют вихревым полем?
8. Что характеризует магнитный поток?

9. Как вычислить магнитный поток?
10. Какое МП называют однородным?
11. Как МП действует на проводник с током?
12. В суть закона Ампера?
13. Как определить направление силы Ампера?
14. Как МП действует на движущиеся заряженные частицы?
15. Как рассчитать силу Лоренца?
16. Как определить направление силы Лоренца?
17. Чем определяется траектория заряженной частицы, движущейся в МП?
18. Что такое «магнитная проницаемость» вещества?
19. На какие типы делятся вещества в зависимости от их магнитных свойств?
20. Как нагревание влияет на магнитные свойства вещества?