

Тема: Действие магнитного поля на проводник с током. Взаимодействие проводников с током. Индукция магнитного поля. Закон Ампера. Графическое изображение магнитных полей.

Принцип суперпозиции магнитных полей

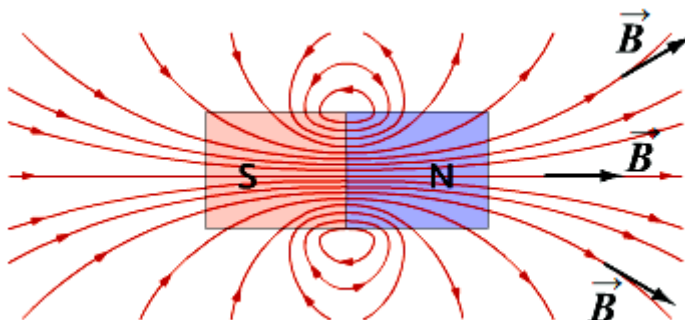
Уже в VI в. до н.э. в Китае было известно, что некоторые руды обладают способностью притягиваться друг к другу и притягивать железные предметы. Куски таких руд были найдены возле города Магнесии в Малой Азии, поэтому они получили название *магнитов*.



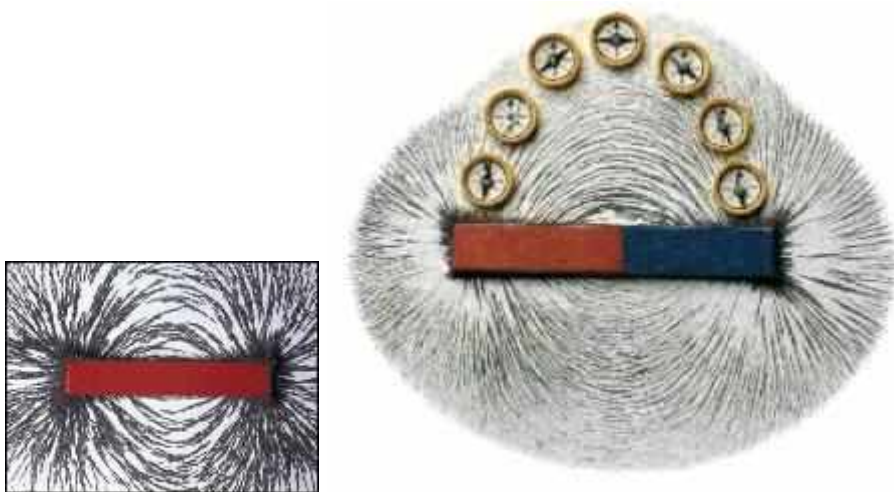
Посредством чего взаимодействуют магнит и железные предметы? Вспомним, почему притягиваются наэлектризованные тела? Потому что около электрического заряда образуется своеобразная форма материи - электрическое поле. Вокруг магнита существует подобная форма материи, но имеет другую природу происхождения (ведь руда электрически нейтральна), ее называют *магнитным полем*.

Для изучения магнитного поля используют прямой или подковообразный магниты. Определенные места магнита обладают наибольшим притягивающим действием, их называют **полюсами** (*северный и южный*). Разноименные магнитные полюса притягиваются, а одноименные - отталкиваются.

Для силовой характеристики магнитного поля используют **вектор индукции магнитного поля \vec{B}** . Магнитное поле графически изображают при помощи силовых линий (*линии магнитной индукции*). Линии являются замкнутыми, не имеют ни начала, ни конца. Место, из которого выходят магнитные линии - северный полюс (North), входят магнитные линии в южный полюс (South).



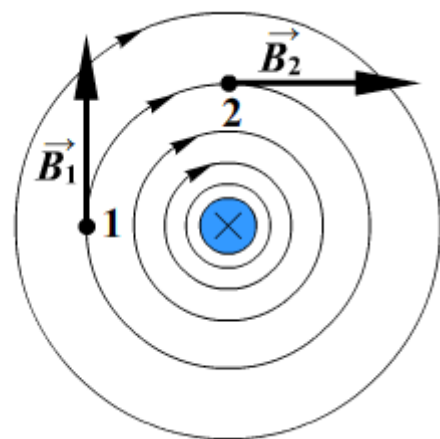
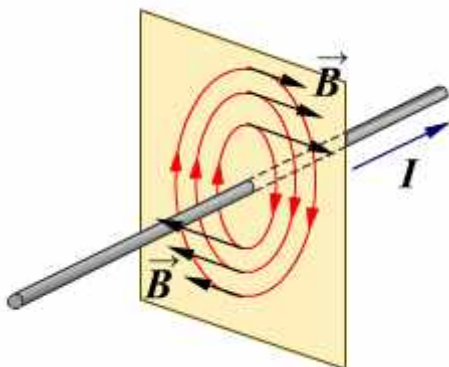
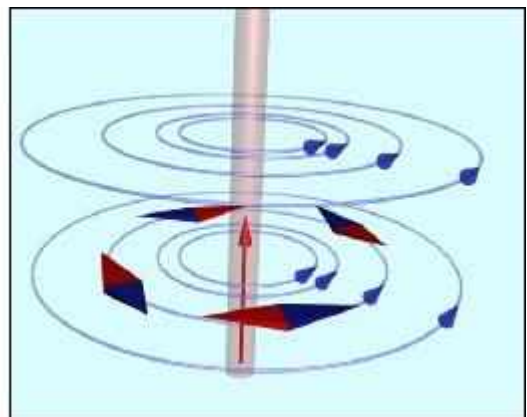
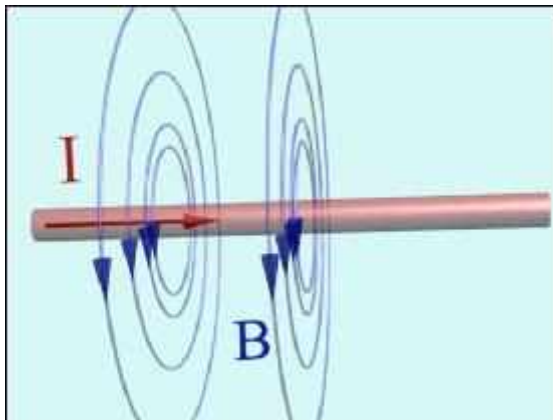
Магнитное поле можно сделать "видимым" с помощью железных опилок.



Магнитное поле проводника с током

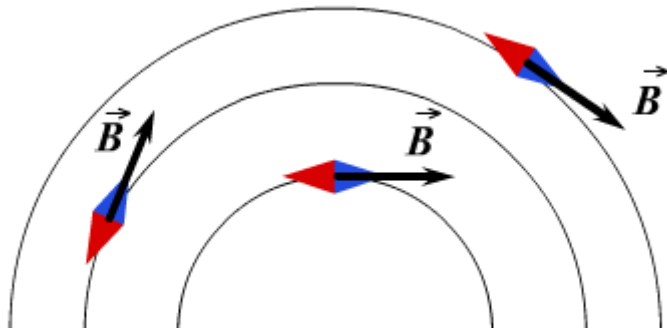
А теперь о том, что обнаружили Ханс Кристиан Эрстед и Андре Мари Ампер в 1820 г. Оказывается, магнитное поле существует не только вокруг магнита, но и любого проводника с током. Любой провод, например, шнур от лампы, по которому протекает электрический ток, является магнитом! Провод с током взаимодействует с магнитом (попробуйте поднести к нему компас), два провода с током взаимодействуют друг с другом.

Силовые линии магнитного поля прямого тока - это окружности вокруг проводника.

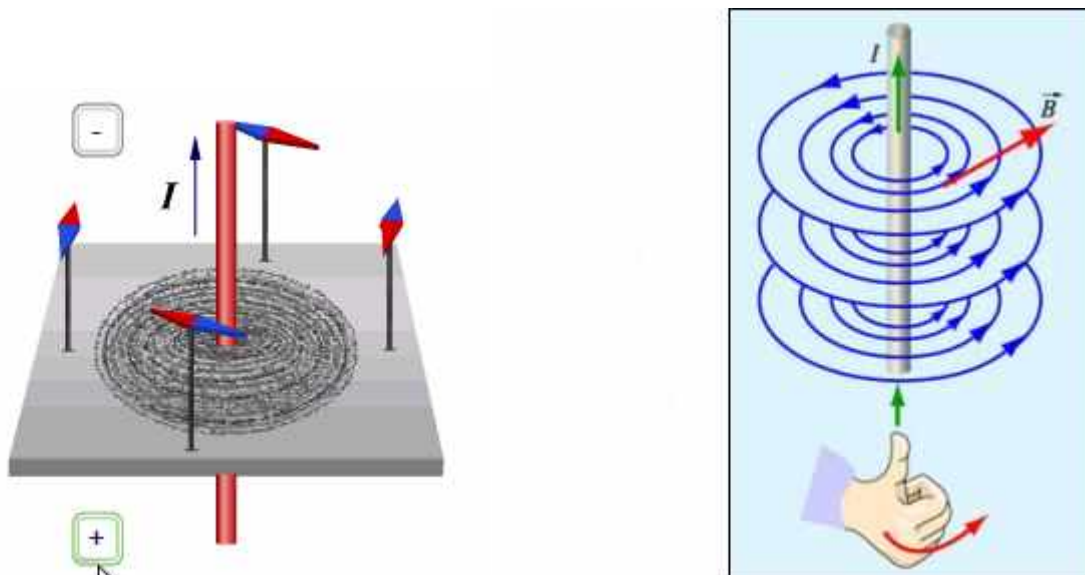


Направление вектора магнитной индукции

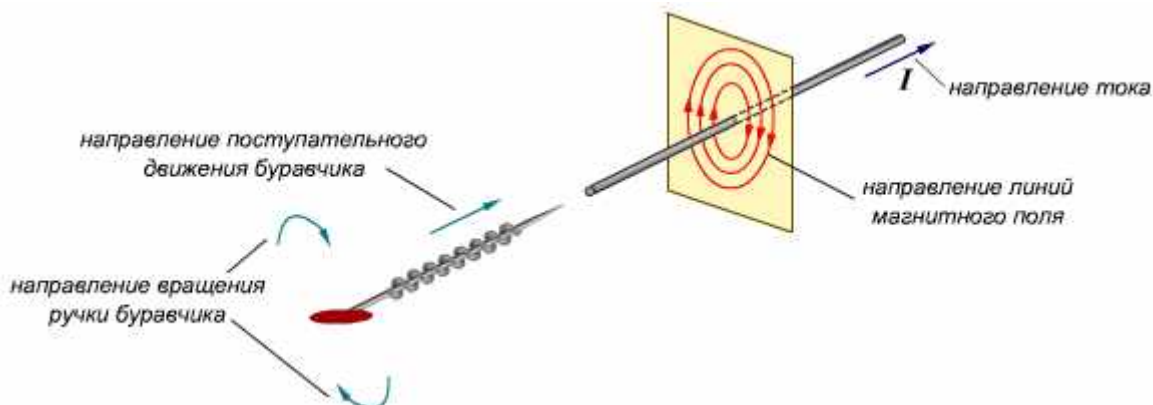
Направление магнитного поля в данной точке можно определить как направление, которое указывает северный полюс стрелки компаса, помещенного в эту точку.



Направление линий магнитной индукции зависит от направления тока в проводнике.



Определяется направление вектора индукции по правилу буравчика или правилу *правой руки*.



Вектор магнитной индукции

Это векторная величина, характеризующая силовое действие поля.

\vec{B} – вектор индукции магнитного поля

\vec{F} – сила магнитного поля

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{I l}$$

I – сила тока в проводнике

l – длина проводника

$$[B] = 1 \text{ Тл (Тесла)} \quad [F] = 1 \text{ Н} \quad [I] = 1 \text{ А} \quad [l] = 1 \text{ м}$$

Индукция магнитного поля бесконечного прямолинейного проводника с током на расстоянии r от него:

\vec{B} – вектор индукции магнитного поля

μ_0 – магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$

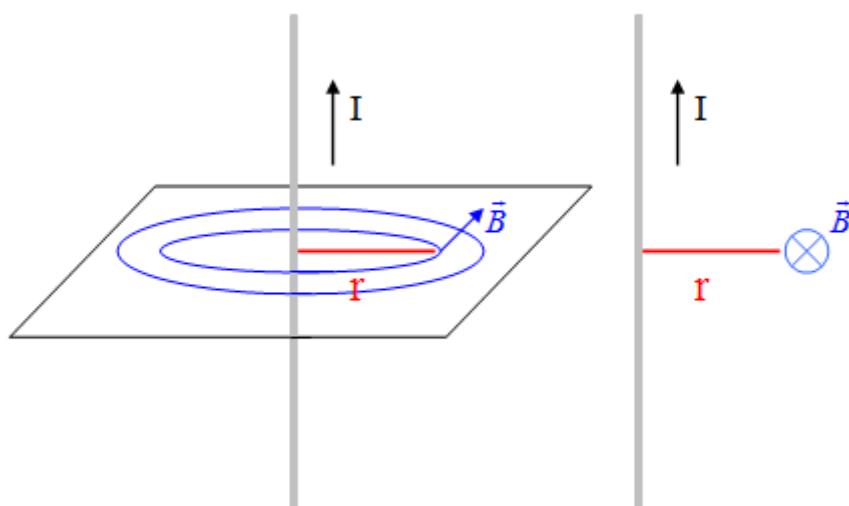
I – сила тока в проводнике

r – расстояние до проводника

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$[B] = 1 \text{ Тл} \quad [I] = 1 \text{ А} \quad [r] = 1 \text{ м}$$

$$\pi = 3,14 \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$$



Индукция магнитного поля в центре тонкого кругового витка радиуса r :

\vec{B} – вектор индукции магнитного поля

μ_0 – магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$

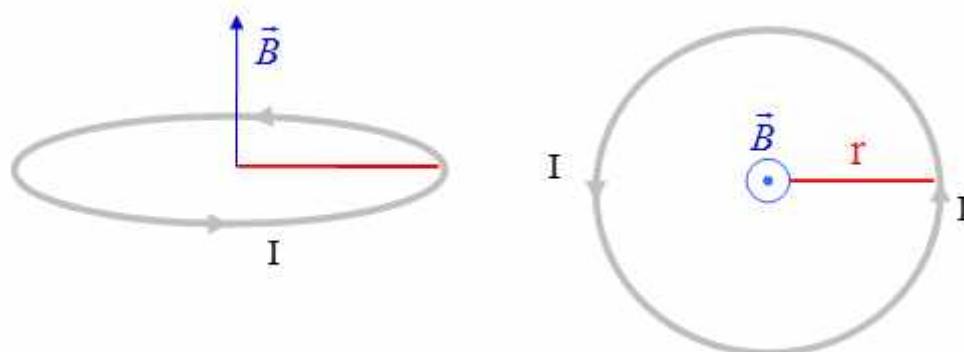
I – сила тока в проводнике

r – радиус кругового витка

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

$[B] = 1\text{Тл} \quad [I] = 1\text{А} \quad [r] = 1\text{м}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$



Индукция магнитного поля соленоида (катушка, витки которой последовательно обходятся током в одном направлении):

\vec{B} – вектор индукции магнитного поля

μ_0 – магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$

I – сила тока в проводнике

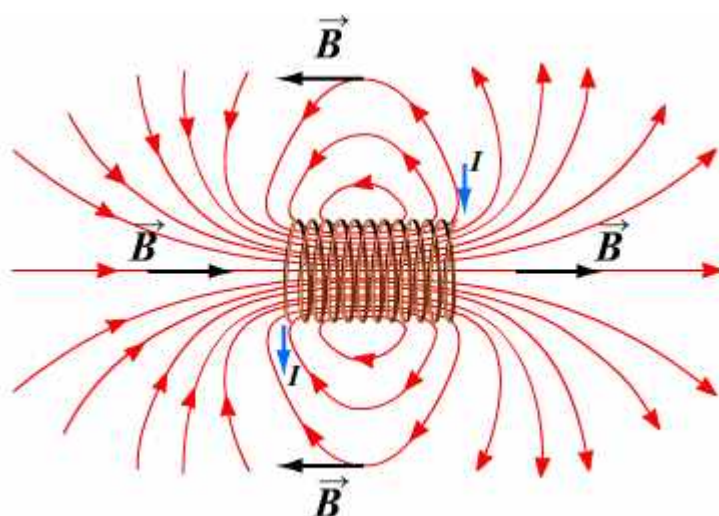
n – число витков соленоида

l – длина соленоида

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 n I}{l}$$

$[B] = 1\text{Тл} \quad [I] = 1\text{А} \quad [l] = 1\text{м}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}}$

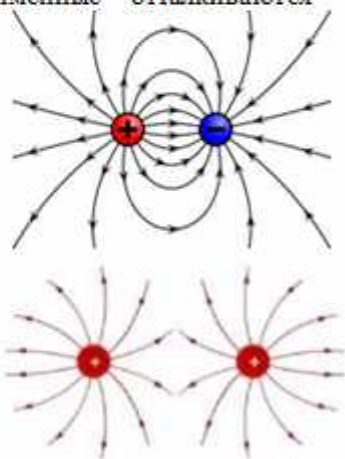
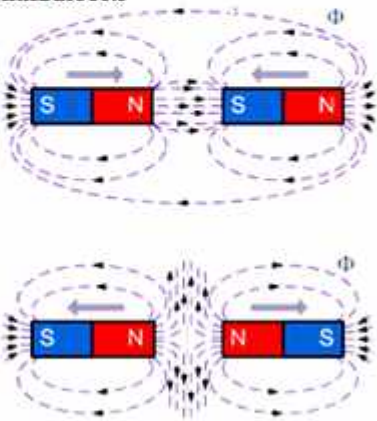


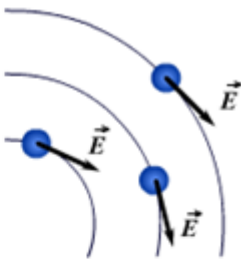
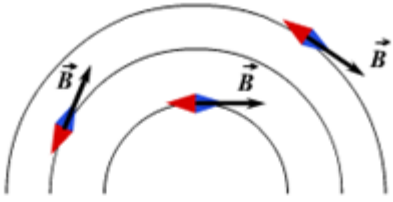
Принцип суперпозиции

Если магнитное поле в данной точке пространства создается несколькими источниками поля, то магнитная индукция - векторная сумма индукций каждого из полей в отдельности

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots \vec{B}_n$$

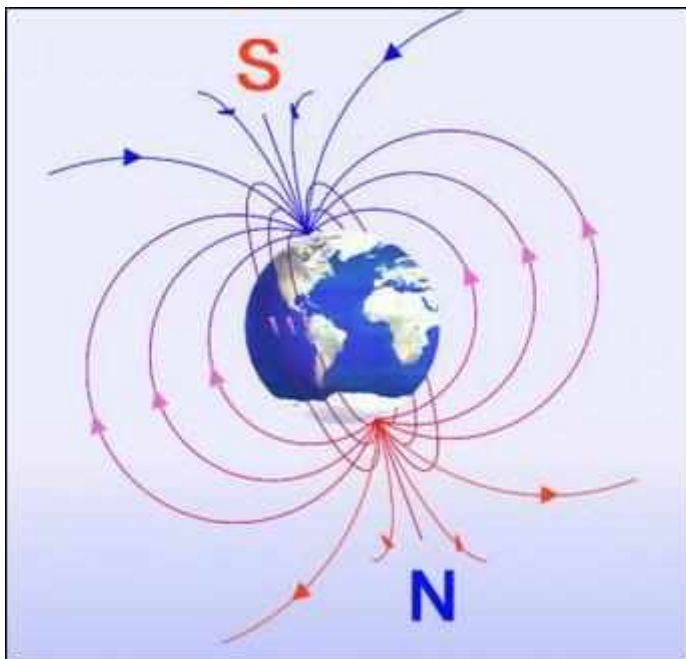
Сравнительная таблица магнитного и электрического полей

| | Электрическое поле | Магнитное поле |
|----------------------------------|--|--|
| Источник поля | Электрический заряд | Магнит, ток (движущиеся заряды) |
| Поле обнаруживается... | если происходит взаимодействие зарядов | если происходит взаимодействие магнитов, проводников с током |
| Графически поле изображается... | силовыми линиями или линиями напряженности | силовыми линиями или линиями (магнитной) индукции |
| Характер линий поля | линии имеют начало и конец; силовые линии начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных | линии замкнуты, они выходят из северного полюса и входят в южный полюс, внутри магнита линии замыкаются |
| Взаимодействие тел | <p>разноименные заряды притягиваются, одноименные – отталкиваются</p>  | <p>разноименные магнитные полюса притягиваются, одноименные – отталкиваются</p>  |
| Для исследования поля используют | пробный заряд (положительный) | проводник с током (с ничтожно малым собственным магнитным полем) |
| Силовая характеристика поля | Вектор напряженности \vec{E} (единица измерения $1 \frac{H}{Kл}$) | Вектор магнитной индукции \vec{B} (единица измерения 1 Тл) |

| | | |
|----------------------|--|---|
| Направление вектора |  <p>Вектор напряженности – касательная к силовой линии, направление вектора совпадает с направлением силовой линии</p> |  <p>Вектор магнитной индукции – касательная к силовой линии, направление вектора совпадает с направлением линии. Или направление магнитного поля в данной точке можно определить как направление, которое указывает северный полюс стрелки компаса, помещенного в эту точку.</p> |
| Принцип суперпозиции | <p>Напряженность поля в некоторой точке пространства равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых каждым из этих зарядов в отдельности:</p> $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ | <p>Магнитная индукция результирующего поля есть векторная сумма индукции полей, создаваемых каждым источником в отдельности:</p> $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$ |

Магнитное поле Земли

Земля является не только большим отрицательным зарядом и источником электрического поля, но в то же время магнитное поле нашей планеты подобно полю прямого магнита гигантских размеров.



Географический юг находится недалеко от магнитного севера, а географический север приближен к магнитному югу. Если компас разместить в магнитном поле Земли, то его северная стрелка ориентируется вдоль линий

магнитной индукции в направлении южного магнитного полюса, то есть укажет нам, где располагается географический север.

Характерные элементы земного магнетизма весьма медленно изменяются с течением времени - *вековые изменения*. Однако время от времени происходят магнитные бури, когда в течение нескольких часов магнитное поле Земли сильно искажается, а затем постепенно возвращается к прежним значениям. Такое резкое изменение влияет на самочувствие людей.

Магнитное поле Земли является "щитом", прикрывающего нашу планету от частиц, проникающих из космоса ("солнечного ветра"). Вблизи магнитных полюсов потоки частиц подходят гораздо ближе к поверхности Земли. При мощных солнечных вспышках магнитосфера деформируется, и эти частицы могут переходить в верхние слои атмосферы, где сталкиваются с молекулами газа, образуются полярные сияния.



Применение магнитного поля

Частицы диоксида железа на магнитной пленке хорошо намагничиваются в процессе записи.



Поезда на магнитной подушке скользят над поверхностью совершенно без трения. Поезд способен развивать скорость до 650 км/ч.



Работа головного мозга, пульсация сердца сопровождается электрическими импульсами. При этом в органах возникает слабое магнитное поле.