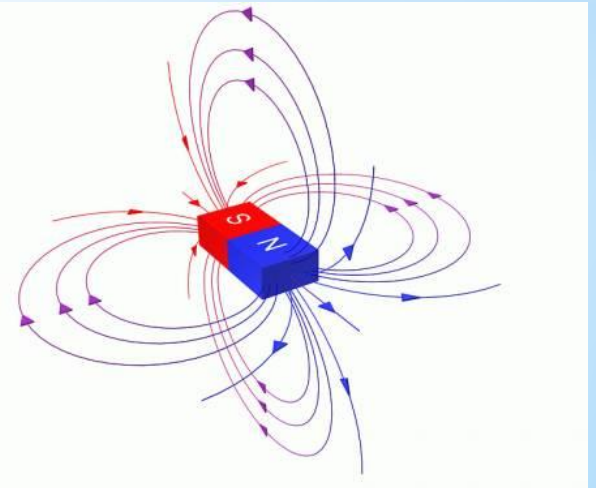
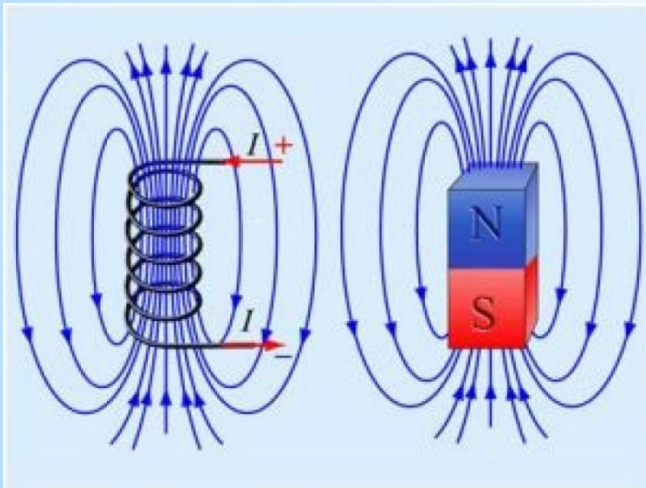


# Магнитное поле

Малых Ирина Анатольевна  
преподаватель



# Опыты 1820 г.



- \* Андре-Мари Ампер
- \* Токи одного направления притягиваются.
- \* Токи противоположных направлений отталкиваются.



- \* Ганс Христиан Эрстед.
- \* Отклонение магнитной стрелки при замыкании электрической цепи говорит о том, что Вокруг проводника с током существует магнитное поле. На него - то и реагирует магнитная стрелка. Источником магнитного поля являются движущиеся электрические заряды или токи.

# Что же такое магнитное поле?



Магнитное поле – это особый вид материи, порождаемый движущимися электрическими зарядами, электрическими токами и намагниченными телами.

Магнитное поле – это особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие между движущимися электрическими заряженными частицами.

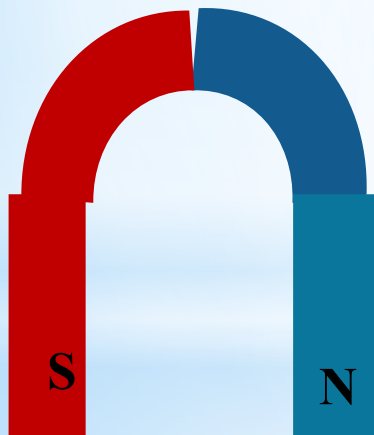
# Постоянные

*Постоянные магниты* — тела, сохраняющие длительное время намагниченность.

*Полюс* — место магнита, где обнаруживается наиболее сильное действие

**N** — северный полюс магнита

**S** — южный полюс магнита



**Полосовой магнит**

**Дугообразный магнит**

# Искусственные и

*Искусственные магниты* - **магнитные**

намагничиванием

железа при внесении его в

магнитное поле.



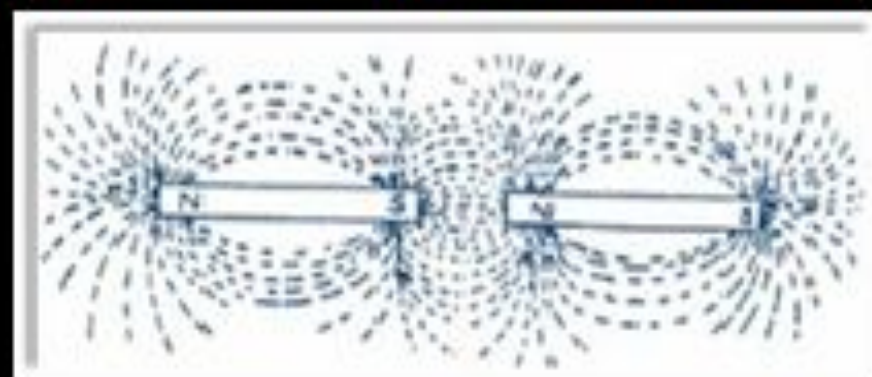
*Естественные магниты* - магнитный

железняк.



Природные магниты, т.е. кусочки *магнитного железняка* - магнетита

*Разноименные магнитные полюса притягиваются,  
одноименные отталкиваются.*

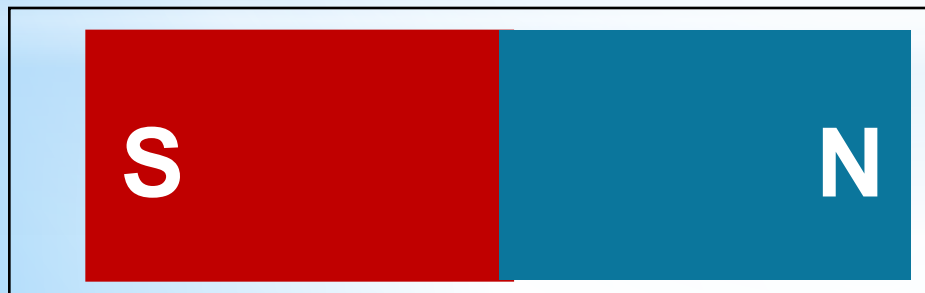
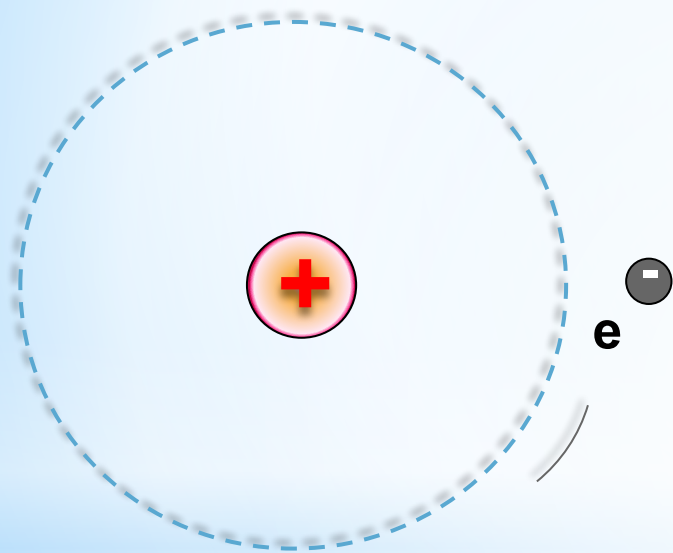


Взаимодействие магнитов объясняется тем, что любой магнит имеет магнитное поле, и эти магнитные поля взаимодействуют между собой.

# *В чем же причины намагничивания?*

## **Гипотеза Ампера**

*Согласно гипотезы Ампера (1775-1836г.) в атомах и молекулах в результате движения электронов возникают кольцевые токи. В 1897г. гипотезу подтвердил английский учёный Томсон, а в 1910г. измерил токи американский учёный Милликен.*

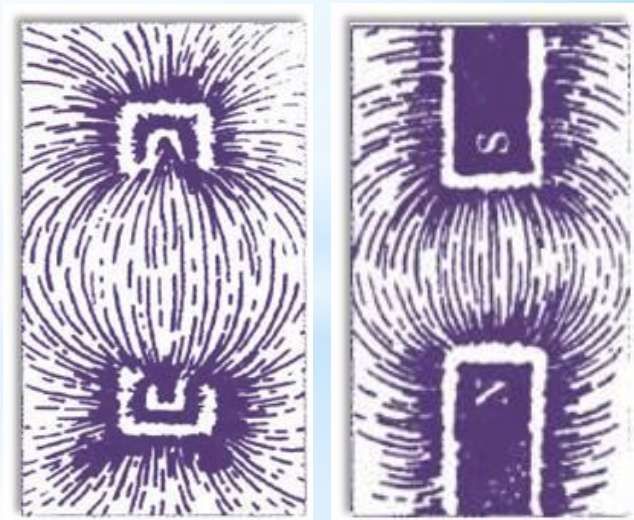
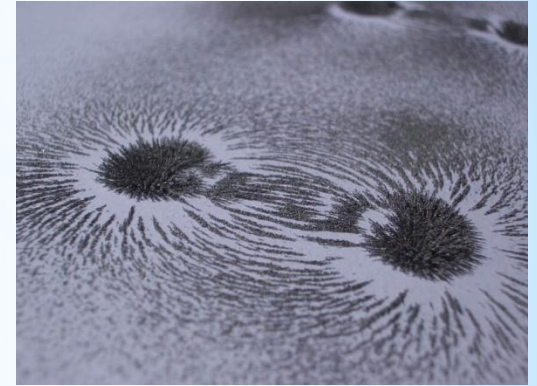


**При внесении куска железа во внешнее магнитное поле все элементарные магнитные поля в этом железе ориентируются одинаково во внешнем магнитном поле, образуя собственное магнитное поле.**

**Так кусок железа становится магнитом.**

# Как можно обнаружить МП?

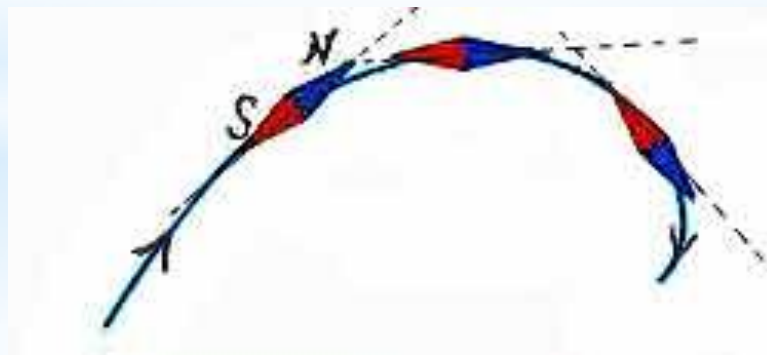
- \* а. С помощью железных опилок. Попадая в МП, железные опилки становятся маленькими магнитными стрелочкам. А они устанавливаются вдоль магнитных линий - МП становится видимым.
- \* б. По действию на проводник с током. Попадая в МП, проводник с током начинает двигаться, т.к. со стороны МП на него действует сила Ампера.





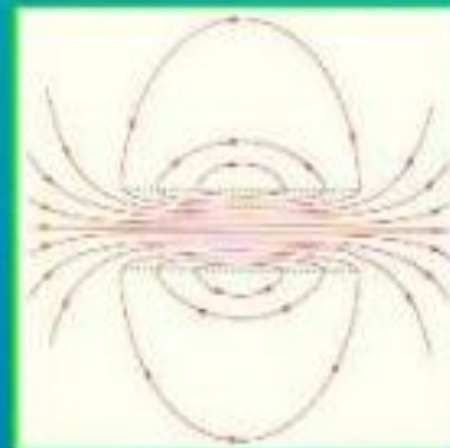
Магнитные поля изображаются с помощью *магнитных линий*. Это воображаемые линии, вдоль которых располагаются магнитные стрелки, помещенные в магнитное поле.

*Магнитные линии* можно провести через любую точку магнитного поля, они имеют направление и всегда замкнуты.



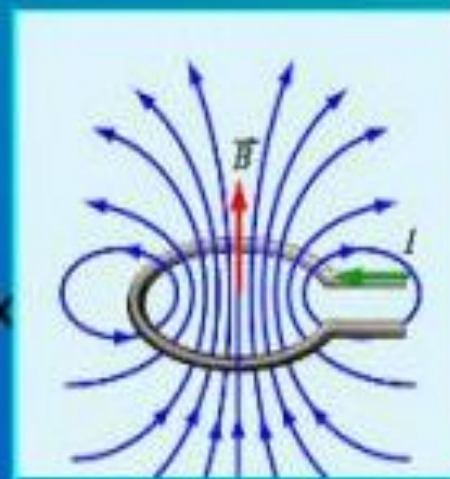
*Вне магнита магнитные линии выходят из северного полюса магнита и входят в южный, замыкаясь внутри магнита.*

1. Магнитные линии – замкнутые кривые, поэтому МП называют вихревым. Это означает, что в природе не существует магнитных зарядов.



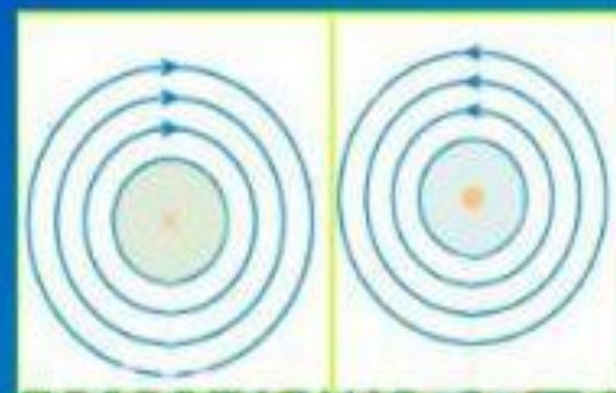
2. Чем гуще расположены магнитные линии, тем МП сильнее.

3. Если магнитные линии расположены параллельно друг другу с одинаковой густотой, то такое МП называют однородным.



4. Если магнитные линии искривлены – это значит, что сила, действующая на магнитную стрелку в разных точках МП, разная. Такое МП называют неоднородным.

5. Направление магнитных линий связано с направлением тока в проводнике. Стоит только поменять направление тока в проводнике, сразу же направление магнитных линий изменится на противоположное!

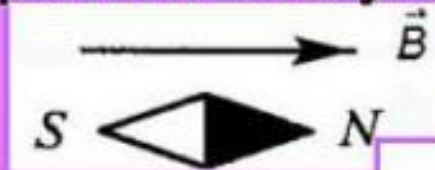


# Вектор магнитной индукции

Для характеристики магнитного поля вводится векторная физическая величина  $\vec{B}$ , которая называется магнитной индукцией (вектором магнитной индукции).

*Магнитная индукция является силовой характеристикой магнитного поля.*

За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле. Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током.

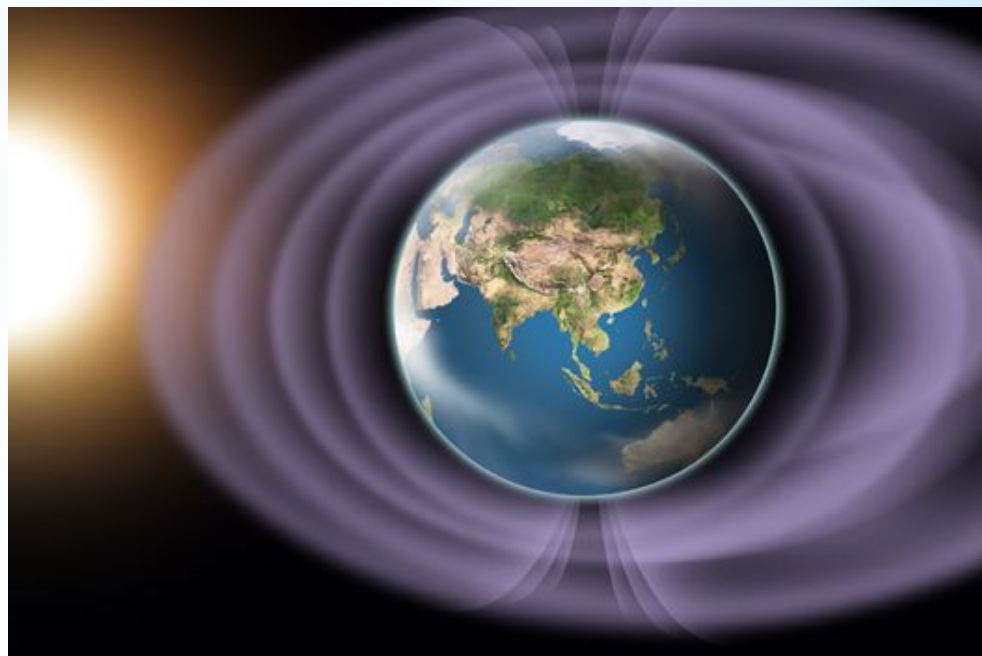


Единица измерения магнитной индукции в системе СИ:

$$[B] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{м}^2} = \text{Тл}$$

Модуль вектора магнитной индукции равен отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник с током, к произведению силы тока на длину проводника:

$$\vec{B} = \frac{F_{max}}{I \cdot \Delta l}$$



Модуль вектора магнитной индукции также равен отношению максимального вращающего механического момента, действующего со стороны магнитного поля на контур с током, к произведению силы тока на площадь контура:

$$\vec{B} = \frac{M_{max}}{I \cdot S}$$

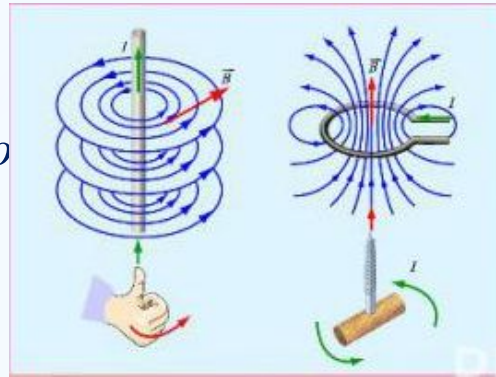
Величина  $p_m = I \cdot S$  называется магнитным моментом контура с током.

В общем случае механический вращающий момент, действующий на контур с током, равен:

$$M = p_m \cdot \vec{B} \cdot \sin \alpha$$

# В некоторых случаях направление вектора магнитной индукции можно определить с помощью правила буравчика (правого винта):

■ направление вектора индукции магнитного поля прямого тока:



если движение острия буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения рукоятки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.

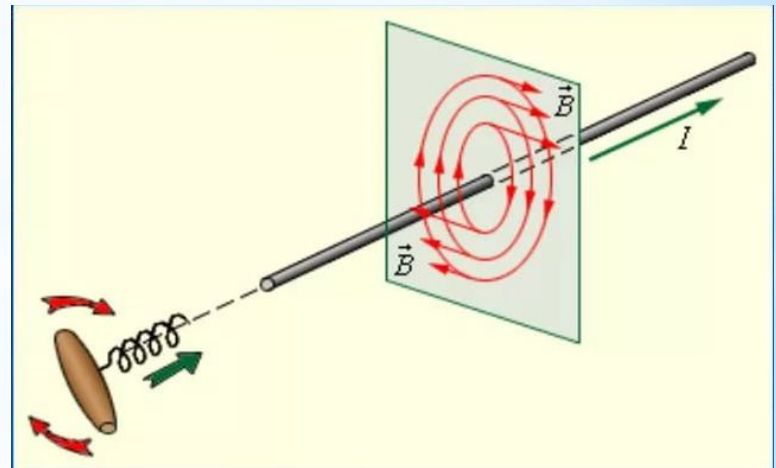
■ направление вектора индукции магнитного поля в центре кругового тока:

если вращение рукоятки буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление движения острия буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.

# Магнитное поле бесконечно длинного прямого проводника с ТОКОМ

Индукция магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током, в данной точке определяется соотношением:

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



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

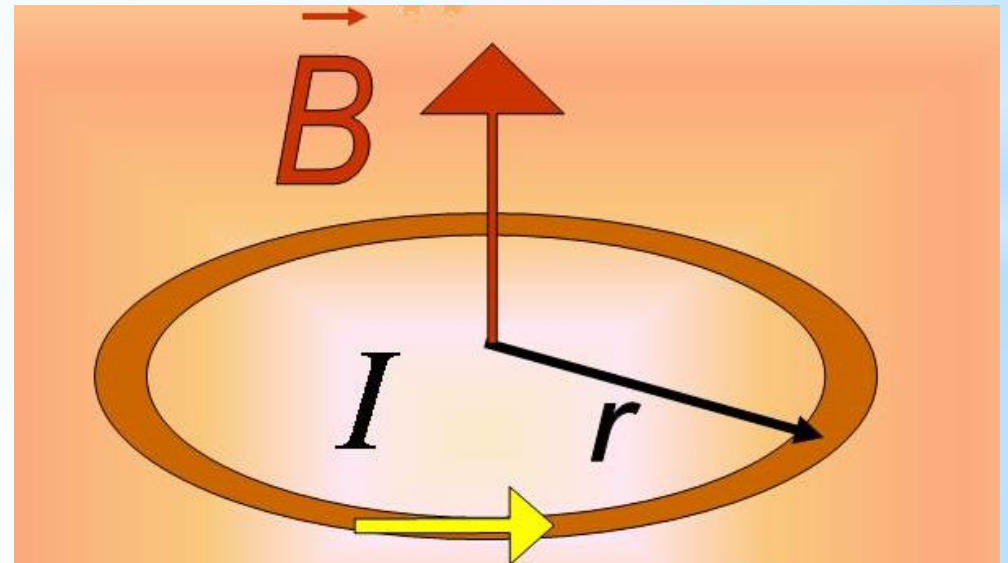
$\mu$  - магнитная проницаемость среды;

$r$  - расстояние от проводника до рассматриваемой точки.

# Магнитное поле кругового тока

Индукция магнитного поля в центре тонкого кругового витка, по которому течет ток силой  $I$ , определяется соотношением:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I}{2R}$$



где  $R$  - радиус кругового витка.



# Магнитное поле соленоида

**Соленоид – это катушка, у которой витки намотаны в одну сторону.**

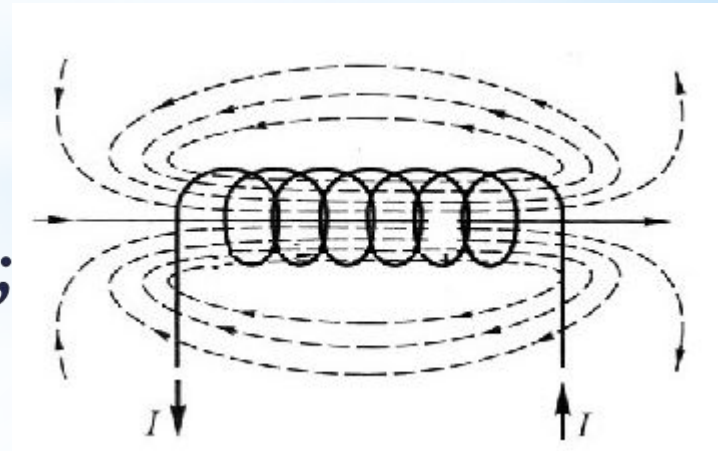
*Индукция магнитного поля внутри соленоида, по которому течет ток, определяется по формуле:*

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

*где  $N$  - число витков в соленоиде;*

*$l$  - длина соленоида;*

*$n = \frac{N}{l}$  - число витков на единицу длины соленоида.*



## Магнитное поле тороида

Тороид - это замкнутый в кольцо соленоид. Магнитное поле тороида сосредоточено внутри тороида. Вне его поле отсутствует.

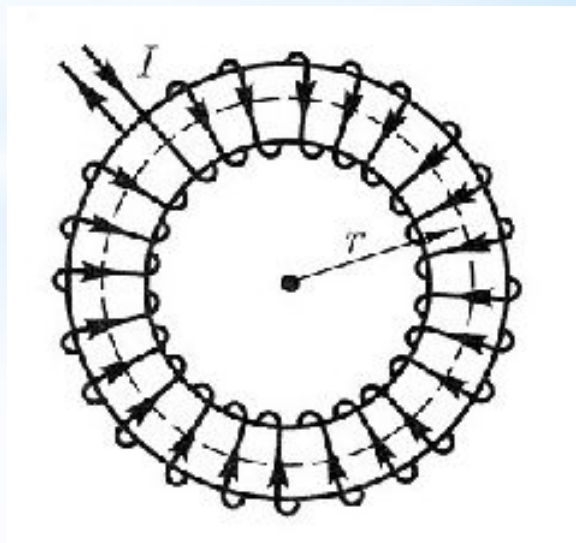
Индукция магнитного поля внутри тороида, по которому течет ток силой  $I$ , определяется соотношением:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} = \mu_0 \cdot \mu \cdot n \cdot I$$

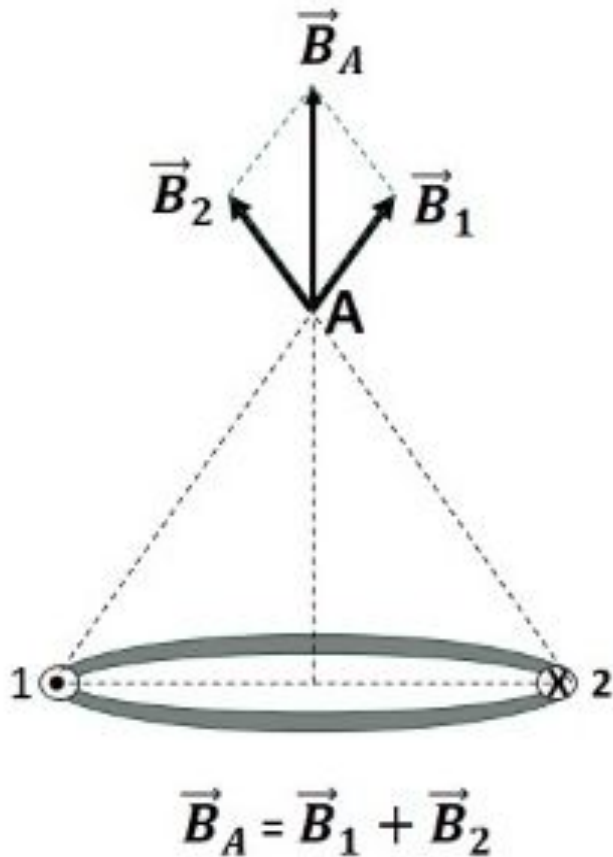
где  $N$  - число витков в тороиде;

$R$  - радиус осевой линии тороида;

$n = \frac{N}{2\pi R}$  - число витков на единицу длины тороида.



# Принцип суперпозиции магнитных полей



Результирующий вектор магнитной индукции в данной точке складывается из векторов магнитной индукции, созданной различными токами в этой точке.

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

# Энергия магнитного поля

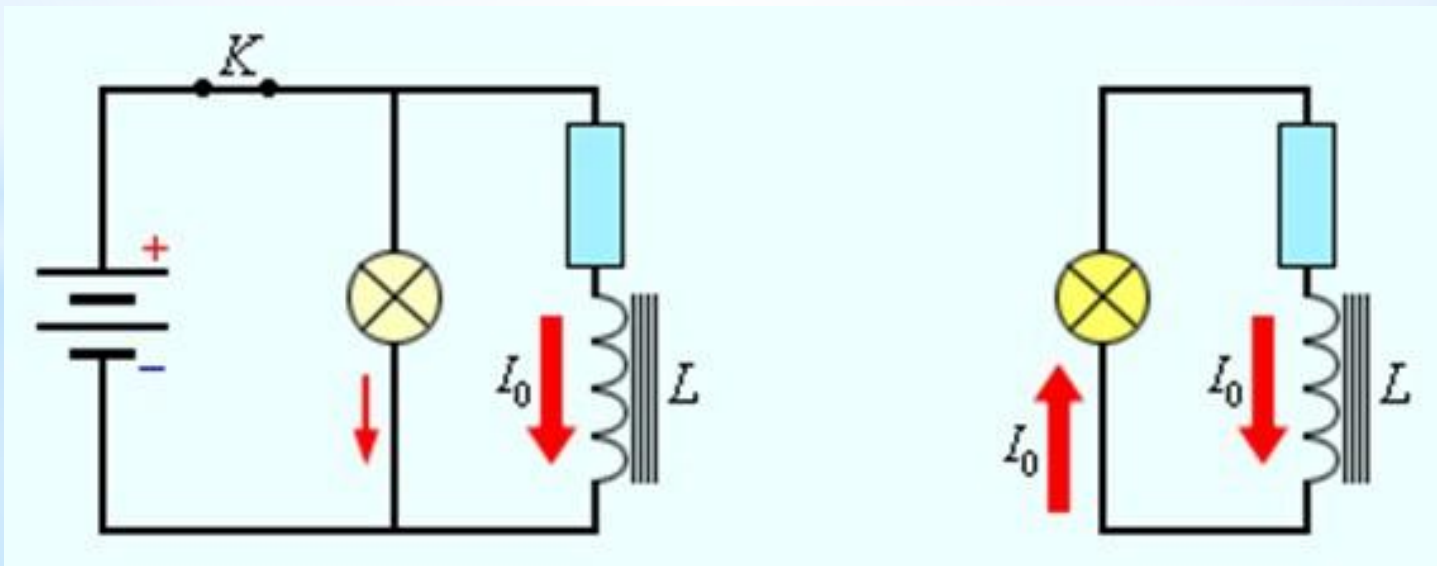
- \* Магнитное поле обладает энергией. Подобно тому, как в заряженном конденсаторе имеется запас электрической энергии, в катушке, по виткам которой протекает ток, имеется запас магнитной энергии.
- \* Если включить электрическую лампу параллельно катушке с большой индуктивностью в электрическую цепь постоянного тока, то при размыкании ключа наблюдается кратковременная вспышка лампы. Ток в цепи возникает под действием ЭДС самоиндукции. Источником энергии, выделяющейся при этом в электрической цепи, является магнитное поле катушки.

\*

## Энергия и плотность энергии магнитного поля

Энергия магнитного поля  $W_M$ , создаваемого током силой  $I$ , проходящим по проводнику индуктивностью  $L$ , равна:

$$W_M = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$



**Энергию магнитного поля, заключенную в единице объема пространства, называют объемной плотностью энергии магнитного поля  $\omega_M$ :**

$$\omega_M = \frac{W_M}{V}$$

**Объёмную плотность энергии можно выразить через индукцию магнитного поля:**

$$\omega_M = \frac{W_M}{V}$$

**Тогда:**

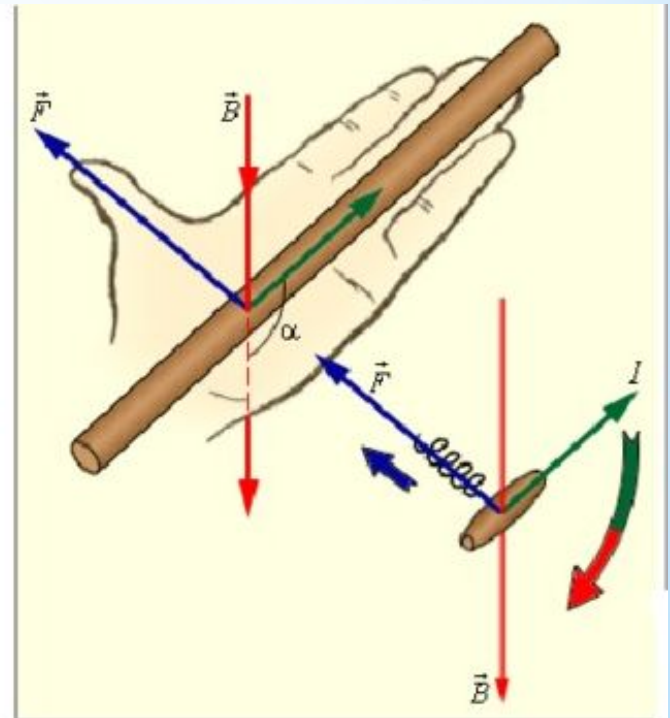
$$W_M = \omega_M \cdot V = \frac{B^2}{2\mu_0} \cdot V$$

# Сила Ампера

Сила, действующая со стороны магнитного поля на проводник с током, называется **силой Ампера**  $\vec{F}_A$ .

*Направление силы Ампера определяется правилом левой руки:*

Если левую руку расположить так, чтобы магнитные линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый большой палец укажет на направление силы Ампера.

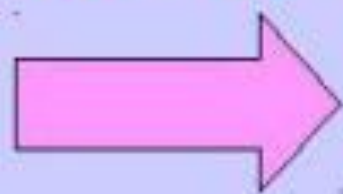


# Модуль силы Ампера

Максимальная сила Ампера:  $F_m = I \Delta l B_{\perp}$

Если же вектор магнитной индукции  $B$  направлен к элементу тока под

углом  $\alpha$  то:  $B_{\perp} = B \sin \alpha$



Закон Ампера:

$$F = B | I |_{\Delta} l \sin \alpha$$



# Сила Лоренца

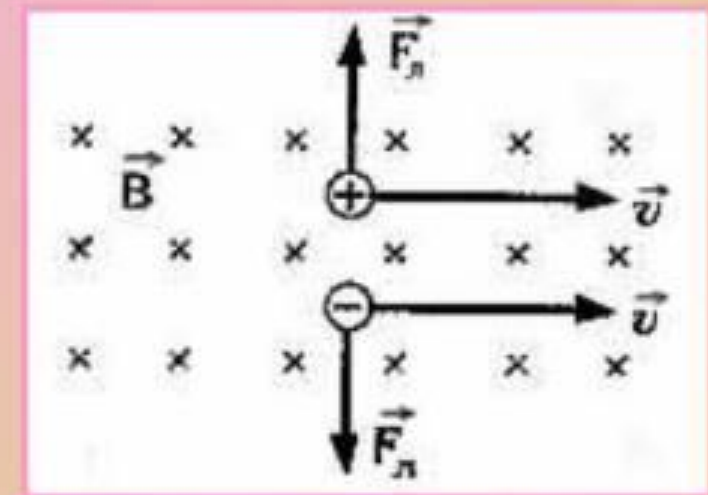
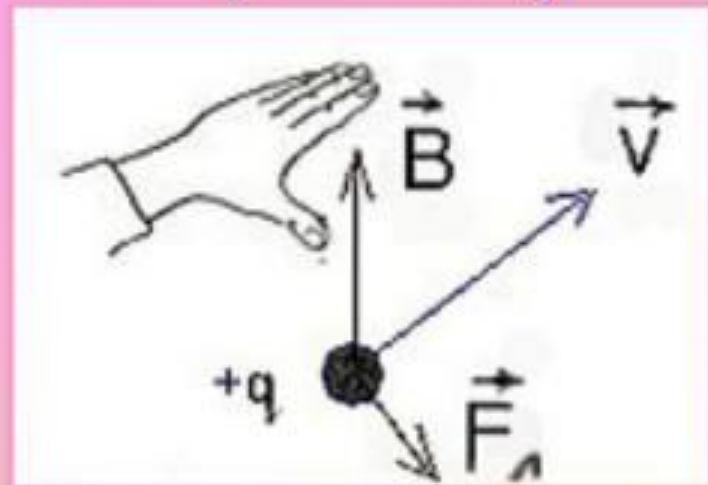
\*Сила, действующая со стороны магнитного поля на движущийся в нем заряд, называется **силой Лоренца**.

*Модуль силы Лоренца вычисляется по формуле:*

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \sin \alpha,$$

*где  $q$  - модуль заряда;  $\vec{v}$  – скорость заряда;  $\vec{B}$  - магнитная индукция;  $\alpha$  - угол между вектором  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$ .*

# Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки:



Если поставит левую руку так, чтобы перпендикулярная скорости составляющая вектора индукции входила в ладонь, а четыре пальца были бы расположены по направлению скорости движения положительно заряда (или против направления скорости отрицательно заряда), то согнутый большой палец укажет направление силы Лоренца.

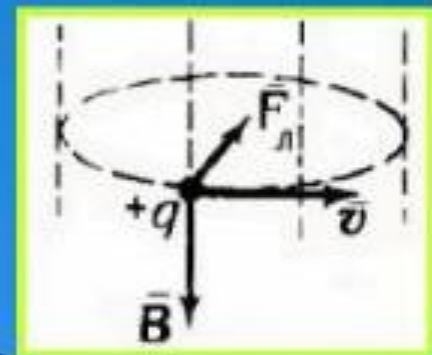
\* Так как сила Лоренца всегда перпендикулярна скорости заряда, то она не совершает работы (т.е. не изменяет величину скорости заряда и его кинетическую энергию).

\* Если заряженная частица движется параллельно силовым линиям магнитного поля, то  $F_l = 0$ , и заряд в магнитном поле движется равномерно и прямолинейно.

\* Если заряженная частица движется перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, то сила Лоренца является центростремительной:

$$F_l = ma_{\text{ц}}$$

В этом случае частица движется по окружности



Согласно второму закону Ньютона: сила Лоренца равна произведению массы частицы на центростремительное ускорение:

$$|q|vB = \frac{v^2 m}{R}$$

тогда радиус окружности:

$$R = \frac{vm}{qB}$$

а период обращения заряда в магнитном поле:

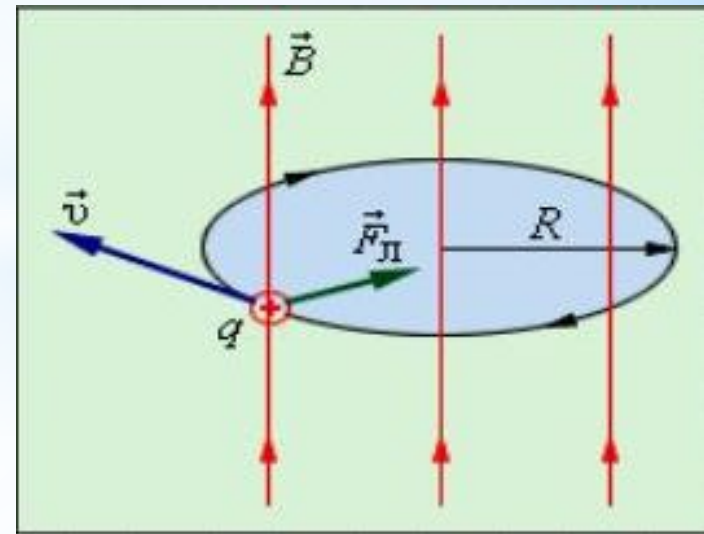
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{gB}$$

**Частота вращения частицы:**

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{gB}{2\pi m}$$

**Угловая скорость:**

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{gB}{m}$$



## Это интересно

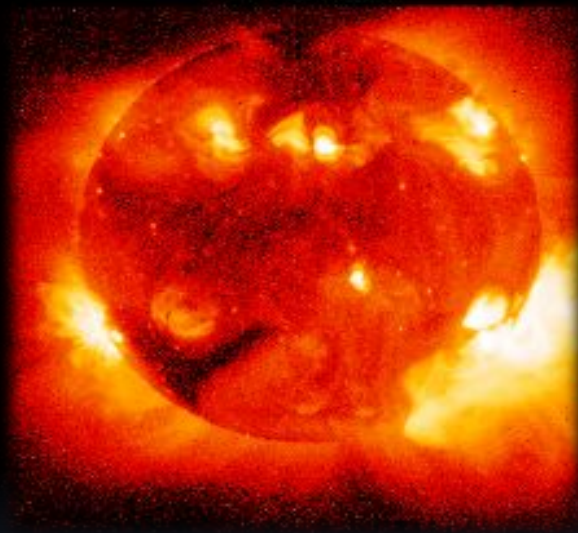
Магнитные полюсы Земли много раз менялись местами (инверсии). За последний миллион лет это случалось 7 раз.

570 лет назад магнитные полюса Земли были расположены в районе экватора



# Это интересно

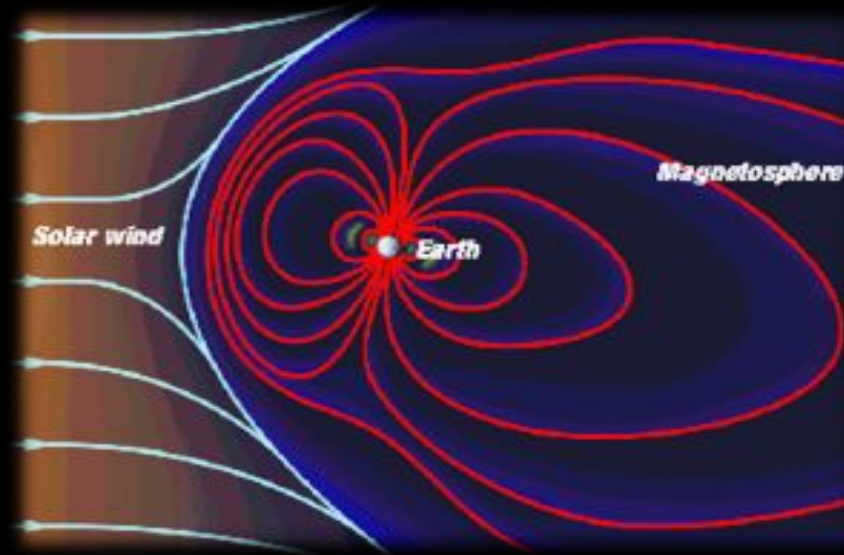
Yahiko Soft-X Telescope, Soft X rays  
April 18, 1998 at 06:05



Если на Солнце происходит мощная вспышка, то усиливается солнечный ветер. Это вызывает возмущение земного магнитного поля и приводит к магнитной буре. Пролетающие мимо Земли частицы солнечного ветра создают дополнительные магнитные поля.

Магнитные бури причиняют серьёзный вред: они оказывают сильное влияние на радиосвязь, на линии электросвязи, многие измерительные приборы показывают неверные результаты.

# Это интересно



Земное магнитное поле надежно защищает поверхность Земли от космического излучения, действие которого на живые организмы разрушительно. В состав космического излучения, кроме электронов, протонов, входят и другие частицы, движущиеся в пространстве с огромными скоростями.

# Это интересно



Результатом взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли является полярное сияние. Вторгаясь в земную атмосферу, частицы солнечного ветра (в основном электроны и протоны) направляются магнитным полем и определённым образом фокусируются.

Сталкиваясь с атомами и молекулами атмосферного воздуха, они ионизируют и возбуждают их, в результате чего возникает свечение, которое называют **полярным сиянием**.



# Это интересно

Изучением влияния различных факторов погодных условий на организм здорового и больного человека занимается специальная дисциплина - биометрология.

Магнитные бури вносят разлад в работу сердечно -сосудистой, дыхательной и нервной системы, а также изменяют вязкость крови; у больных атеросклерозом и тромбофлебитом она становится гуще и быстрее свёртывается, а у здоровых людей, напротив, повышается.

