

# Магнитное поле

Тема лекции

Сегодня вторник, 1 марта 2016 г.

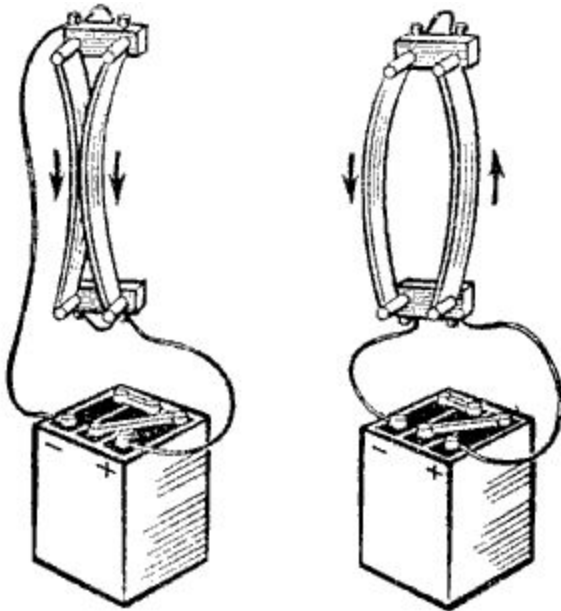
План:

1. Магнитное поле.

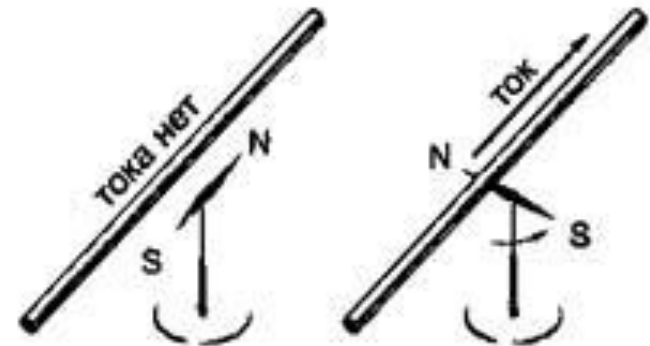
# Взаимодействие токов и постоянных магнитов

Опыт показывает, что взаимодействуют между собой:

- магниты,
- проводники с токами (токи),
- магниты и проводники с токами.



Опыт Эрстеда  
(1820г)



*Поворот магнитной стрелки  
при включении тока.*

Силы, вызывающие взаимодействие между телами называют магнитными

По аналогии с электрическими зарядами взаимодействие магнитов осуществляется посредством магнитного поля.

Магниты взаимодействуют и с токами, следовательно вокруг токов так же существует магнитное поле.

Электрический ток по определению представляет собой упорядоченное движение зарядов.

Следовательно, магнитное поле порождается движущимися зарядами.

Что касается постоянных магнитов, то их поля обусловлены внутриатомными движениями заряженных частиц и их свойствами.

Магнитное поле действует на токи и магниты. Этот факт является критерием наличия поля в пространстве.

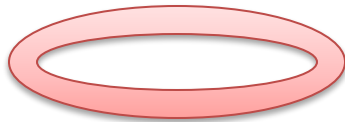
**Магнитное поле** – это особая форма материи, создаваемая движущимися электрическими зарядами.

## Вектор магнитной индукции

Для исследования магнитного поля используем небольшой замкнутый контур с током. Такой контур называют «пробным током».

Магнитное поле на контур будет оказывать ориентирующее действие, т.е. на рамку будет действовать крутящий момент (момент силы).

**Магнитная индукция** – векторная физическая величина, определяемая максимальным вращающим моментом, действующим на контур с током.

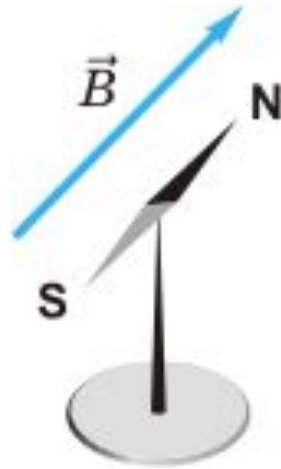


В СИ единица измерения 1 тесла (1 Тл).

1 тесла – это индукция такого магнитного поля, в котором на контур площадью  $1 \text{ м}^2$  при силе тока в нем 1 А действует со стороны поля максимальный момент силы  $1 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Направление вектора магнитной индукции можно определить с помощью магнитной стрелки.

За направление вектора индукции магнитного поля в данной точке поля принимают направление от южного полюса к северному у магнитной стрелки, которая находится в этой точке поля.

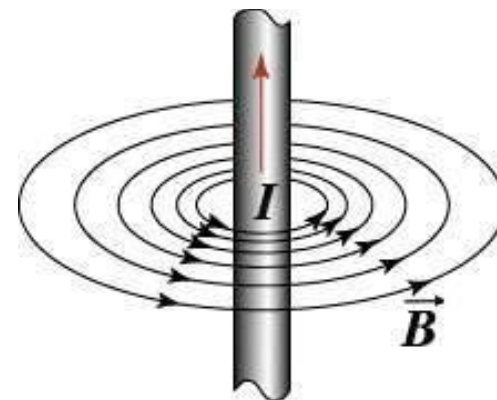
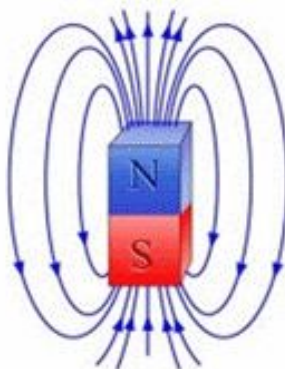
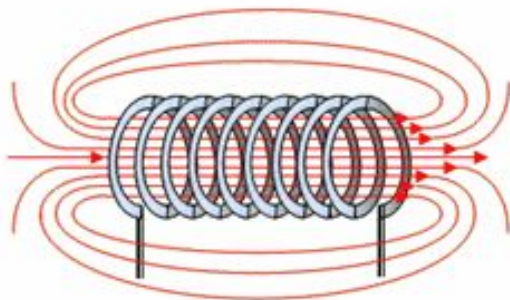
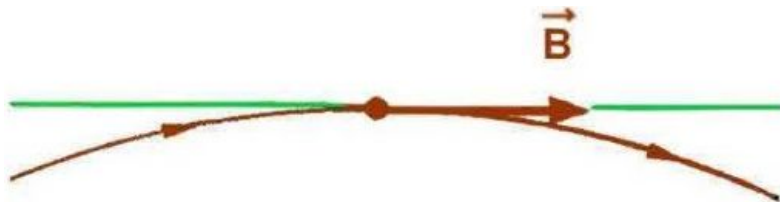


S – южный полюс,  
N – северный  
полюс

## Линии магнитной индукции

Магнитное поле можно представить графически при помощи линий индукции. **Линия магнитной индукции** – линия, касательные к которой в каждой точке совпадают с направлением вектора магнитной индукции.

В отличие от линий напряженности электростатического поля линии индукции магнитного поля всегда замкнуты (это обусловлено тем, что в природе нет магнитных зарядов).

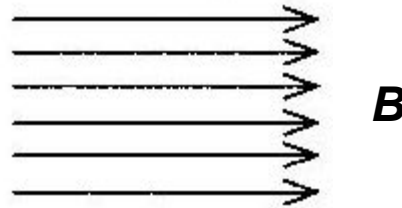


Линии магнитной индукции соленоида и прямого полосового магнита

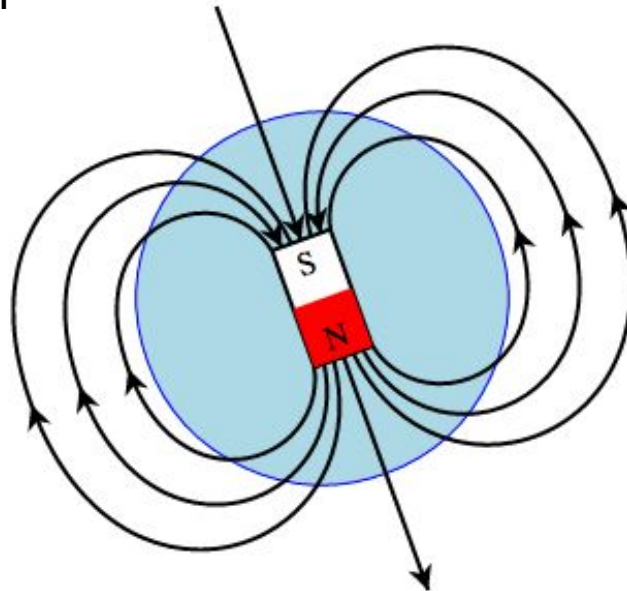
Линии магнитной индукции прямого тока

Чем гуще линии, тем больше магнитная индукция поля.

Магнитное поле, индукция которого во всех точках одинакова по модулю и направлению, называется однородным. Линии индукции такого поля прямые параллельные линии.

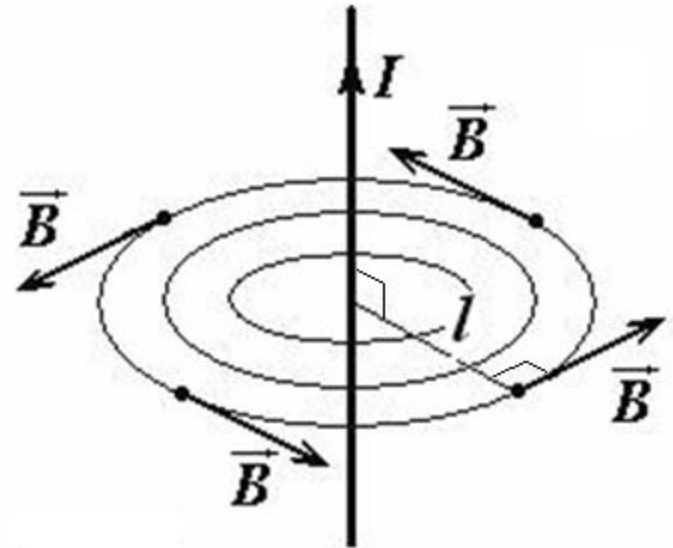


Линии индукции магнитного поля Земли





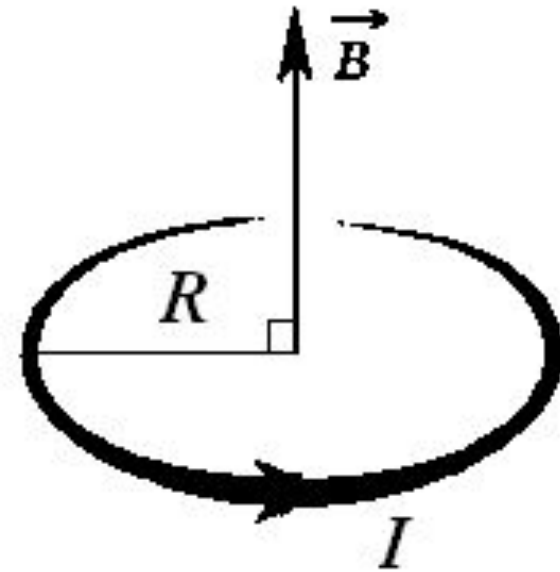
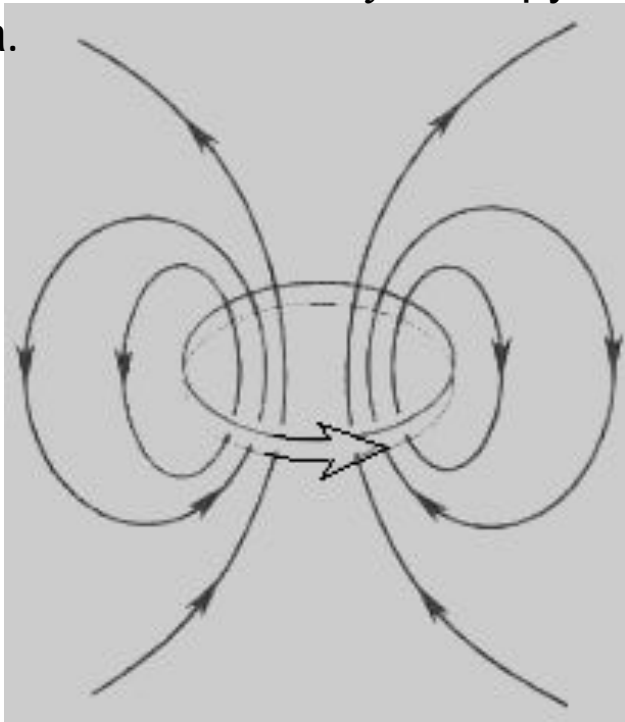
Линии магнитной индукции прямого провода с током.



Направление линий определяется по правилу правого винта.



Линии магнитной индукции кругового тока.

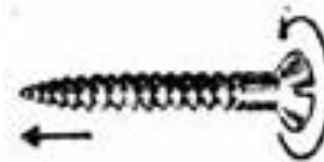
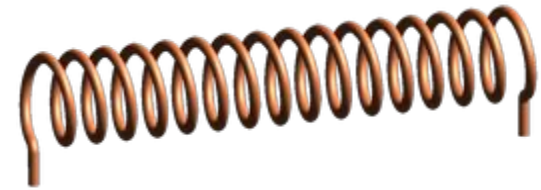
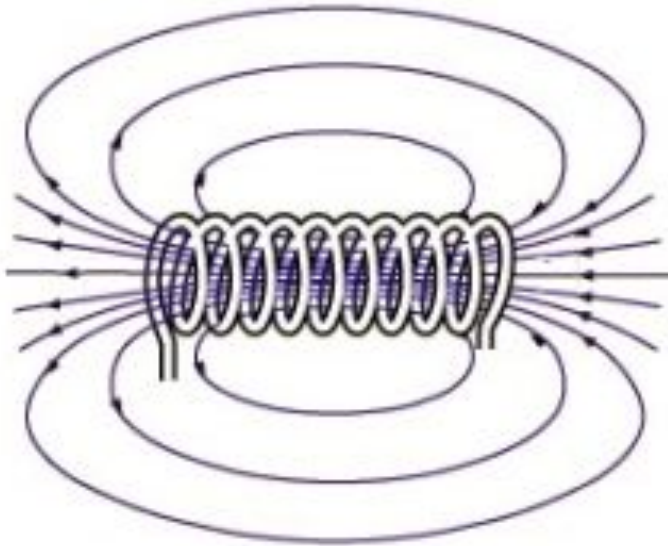


Направление линий определяется по правилу правого винта.



Линии магнитной индукции соленоида.

Соленоид – это катушка провода, навитый на каркас (или без каркаса).



Направление линий определяется по правилу правого винта.

## Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов.

На проводник с током в магнитном поле действует **сила Ампера**.

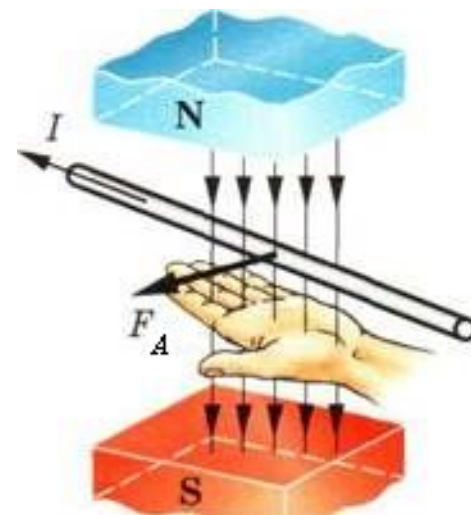
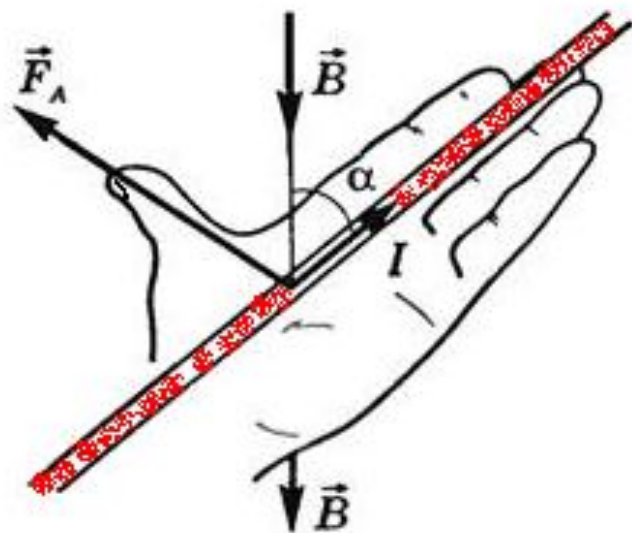
$$F_A = IlB \sin \alpha$$

$I$  – сила тока,

$l$  – длина проводника,

$\alpha$  – угол между проводником и магнитной индукцией.

Направление вектора силы Ампера может быть найдено по **правилу левой руки**: если ладонь левой руки расположить так, чтобы в нее входил вектор  $B$ , а четыре вытянутых пальца расположить по направлению тока в проводнике, то отогнутый большой палец покажет направление силы, действующей на ток



# Сила Лоренца

На проводник с током, который находится в магнитном поле, действует сила Ампера. Поскольку ток представляет упорядоченное движение свободных электрических зарядов, то это означает, что магнитное поле действует на каждый из этих зарядов. Сила, действующая на заряд, который движется в магнитном поле, называется **силой Лоренца**.

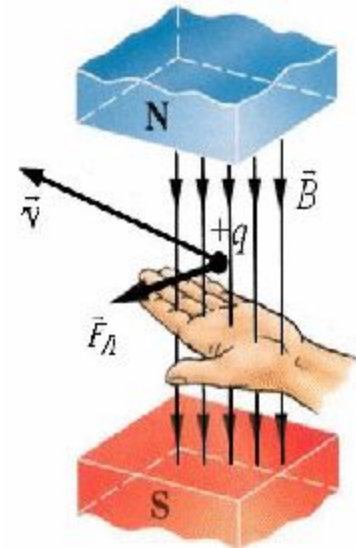
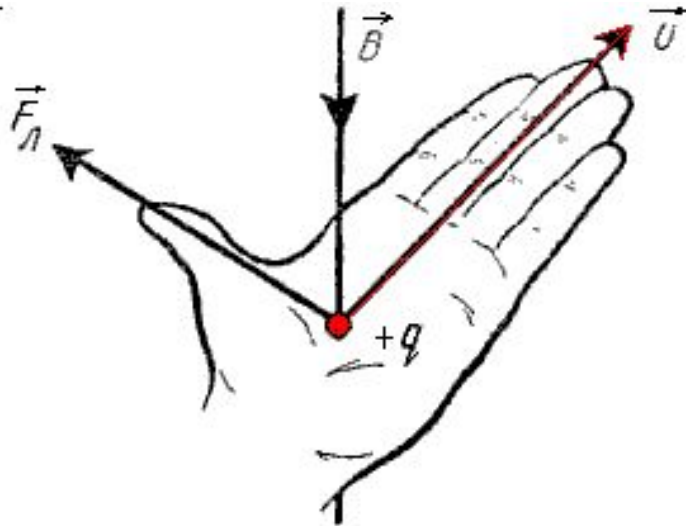
$$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha$$

$q$  – величина заряда,

$v$  – скорость движения заряда,

$\alpha$  – угол между скоростью и магнитной индукцией.

Направление силы Лоренца, как и силы Ампера, также определяется с помощью правила левой руки.



Сила Лоренца всегда перпендикулярна скорости движения заряженной частицы, поэтому она изменяет только направление этой скорости, не изменяя ее модуля.

## Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

Рассмотрим движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Выделим 3 случая:

1. Частица движется параллельно линиям магнитной индукции.  $\alpha=0^\circ$ .

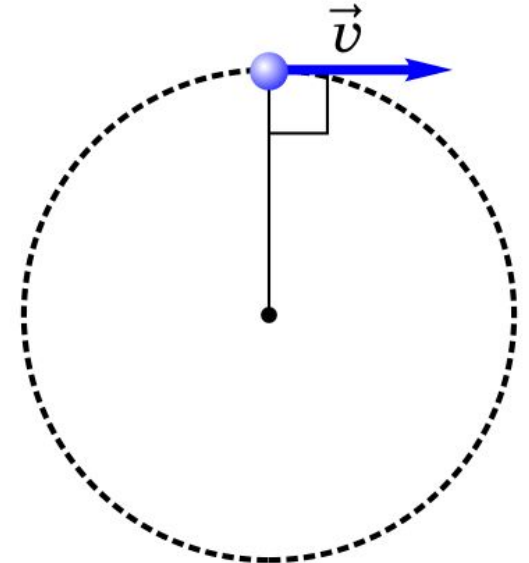
В этом случае сила Лоренца равна нулю и частица будет двигаться по прямой линии.

$$F_l = qvB \sin \theta = 0$$



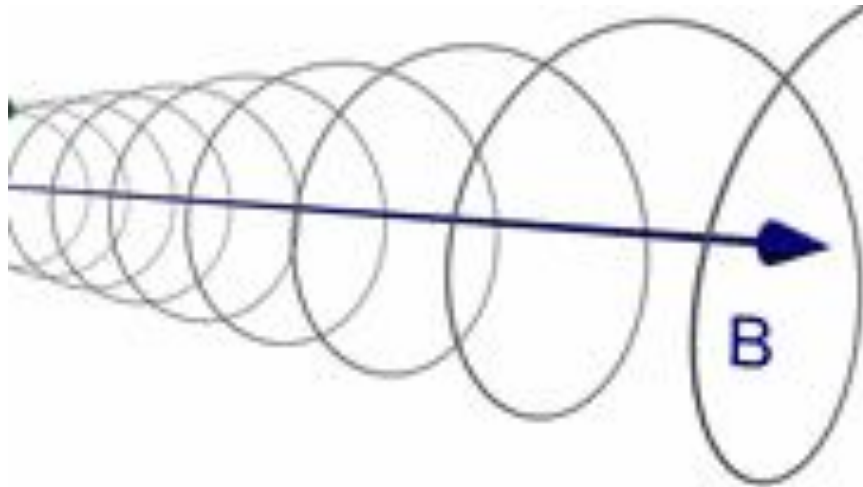
2. Частица движется перпендикулярно линиям магнитной индукции.  $\alpha=90^\circ$ .

При этих условиях заряженная частица движется равномерно по окружности определенного радиуса.

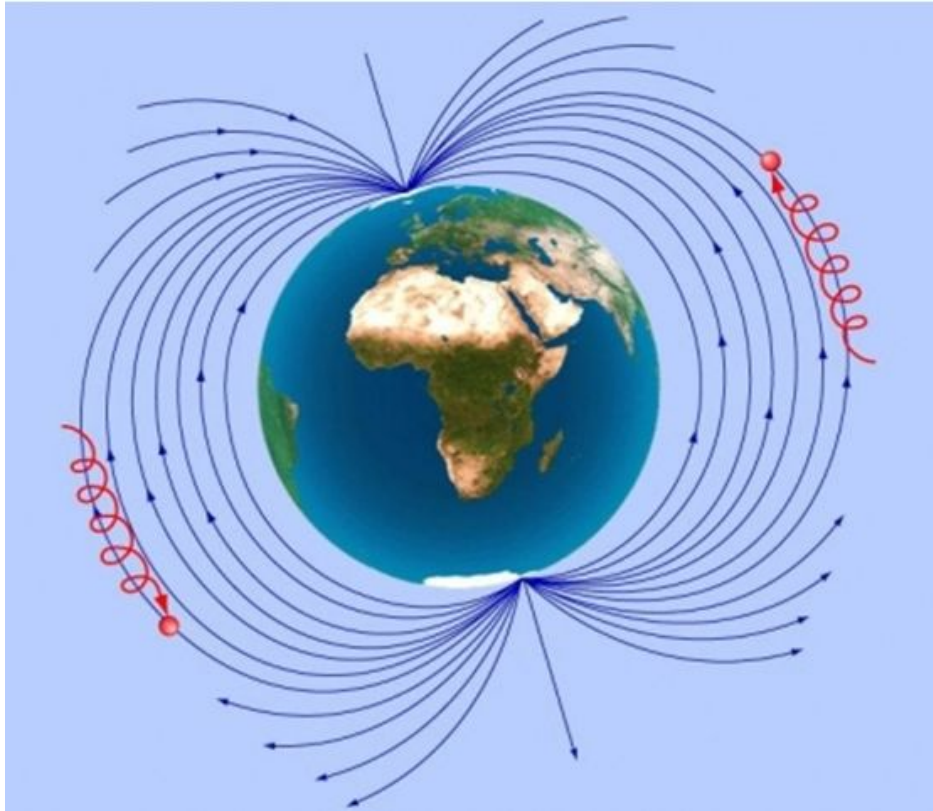


3. Частица движется под произвольным углом к линиям магнитной индукции.

При этих условиях заряженная частица движется по спирали.







Поток заряженных частиц, идущих от Солнца, «наматываются» на линии магнитной индукции поля Земли и смещаются к полюсам. Там эти частицы ионизируют верхние слои атмосферы, вызывая полярные сияния.



## Магнитное поле в веществе

Для количественной характеристики магнитного поля в веществе вводится физическая величина  $\mu$ , которая называется магнитной проницаемостью вещества. Она показывает, во сколько раз индукция магнитного поля  $B$  в веществе отличается от индукции того же магнитного поля  $B_0$  в вакууме:

В зависимости от величины магнитной проницаемости все магнетики подразделяются на три группы:

- 1) диамагнетики  $\mu < 1$  (внешнее поле ослабляется);
- 2) парамагнетики  $\mu > 1$  (внешнее поле усиливается);
- 3) ферромагнетики  $\mu \gg 1$  (внешнее поле усиливается значительно).

Для каждого ферромагнетика имеется определенная температура  $T_c$ , при достижении которой он утрачивает ферромагнитные свойства и становится парамагнетиком. Эта температура называется **точкой Кюри**. Для железа, например, она равна  $768^\circ\text{C}$ , для никеля  $365^\circ\text{C}$ .

## Магнитные свойства вещества

<i>вид вещества</i>	<i>ферро-магнетики</i>	<i>пара-магнетики</i>	<i>диа-магнетики</i>
<i>свойства</i>	<i>Большое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое ослабление магнитного поля</i>
<i>маг. прониц.</i>	$\mu \gg 1$	$\mu > 1$	$\mu < 1$
<i>температурная зависимость</i>	<i>М уменьшается с повышением температуры. (При достижении температуры Кюри маг. свойства не проявляются).</i>	<i>М уменьшается с повышением температуры</i>	<i>М не зависит от температуры</i>
<i>примеры</i>	<i>железо, кобальт, никель</i>	<i>алюминий, платина, кислород</i>	<i>вода, висмут, поваренная соль</i>



Лекция окончена.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**