

Магнитное поле тока

2-я часть

Вектор магнитной индукции.
Вектор магнитной индукции и
магнитные линии.



Для того чтобы описать магнитные взаимодействия токов количественно, нужно решить **три задачи:**

- 1. Ввести величину, количественно характеризующую магнитное поле.
- 2. Установить закон, определяющий распределение магнитного поля в пространстве в зависимости от тока.
- 3. Найти выражение для силы, действующей на ток со стороны магнитного поля.



Вектор магнитной индукции

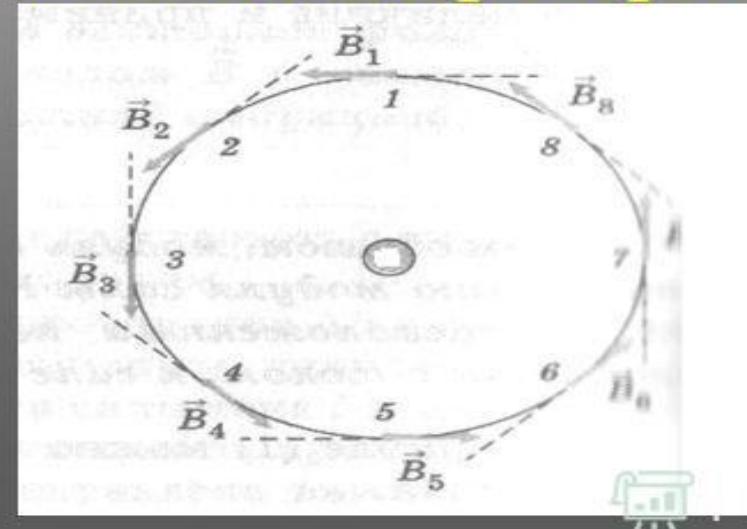
- это векторная величина, которая служит для характеристики магнитного поля в некоторой его точке.

Имеет

1. модуль

и 2. направление в пространстве

B



Вектор магнитной индукции

- Основной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции (\vec{B}).
- Направление вектора \vec{B} совпадает с направлением магнитной стрелки от южного полюса S к северному N.
- *Направление этого вектора для поля прямого проводника с током и соленоида можно определить по правилу буравчика.*



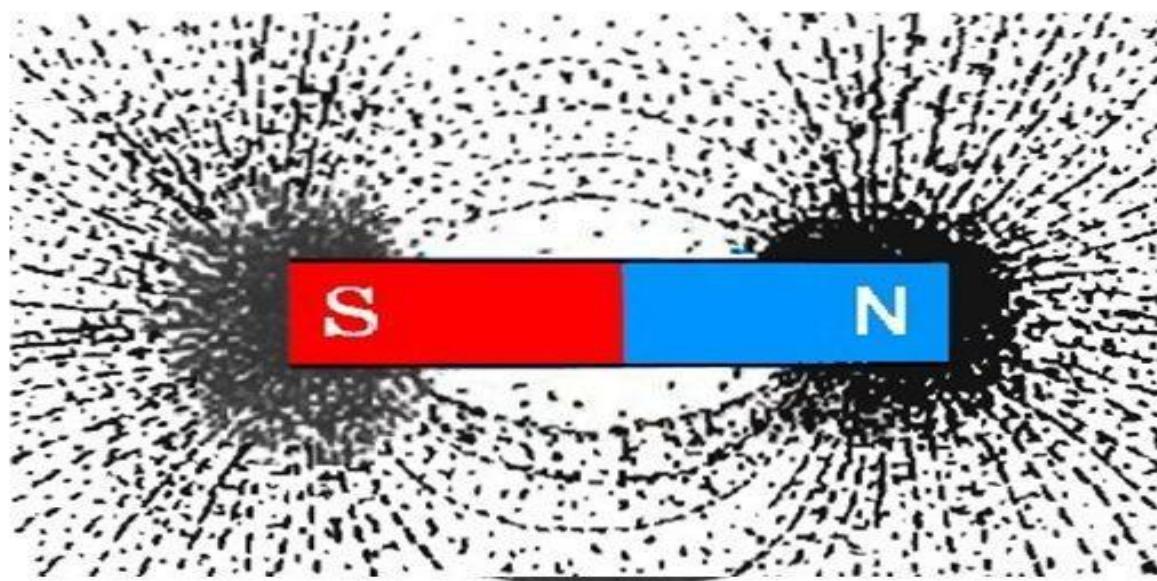
Линии магнитной индукции

- Линиями магнитной индукции называют линии, касательные к которым в любой их точке перпендикулярны вектором \mathbf{B} в данной точке поля.
- Картину линий магнитной индукции можно сделать видимой, воспользовавшись опытом с мелкими железными опилками.



Картину линий магнитной индукции можно сделать видимой, используя мелкие железные опилки.

В магнитном поле каждый кусочек железа, насыпанный на лист картона, намагничивается и ведёт себя как маленькая магнитная стрелка. Большое количество таких стрелок позволяет в большем числе точек определить направление магнитного поля и, следовательно, более точно выяснить расположение линий магнитной индукции.



Примеры картин магнитного поля



MyShared

Модуль вектора \vec{B}

- Модуль вектора магнитной индукции есть отношение максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого участка.
- Выражается магнитная индукция в теслах.

$$1 \text{ Тл} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ А} \cdot 1 \text{ м}}$$



MyShared

В ходе своих исследований Ампер сумел установить выражение для силы, действующей на отдельный элемент тока, в результате чего смог определить модуль вектора магнитной индукции

$$B_{\perp} = \frac{F_{\max}}{I_{\Delta} l}$$

Модулем вектора магнитной индукции называется отношение максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого участка.

За единицу магнитной индукции принимается магнитная индукция однородного поля, в котором на участок проводника длиной 1 м при силе тока в нем 1 А действует со стороны поля максимальная сила 1 Н

$$1 \frac{H}{Am} = Tл(Тесла)$$

Магнитная индукция.

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

B – модуль вектора магнитной индукции поля

F_{max} – максимальная сила, действующая
на отрезок проводника со стороны поля

I – сила тока в проводнике

Δl – длина прямолинейного отрезка

В системе единиц СИ за единицу магнитной индукции принята индукция такого магнитного поля, в котором на каждый метр длины проводника при силе тока 1 А действует максимальная сила Ампера, равная 1 Н. Эта единица называется тесла (Тл).



Модуль вектора индукции магнитного поля

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

$$B = \frac{M}{I \cdot S}$$

1 Тл = 1 Н/А·м



, Shared

Линии магнитной индукции



Наглядную картину магнитного поля можно получить, если построить так называемые **линии магнитной индукции**.

Линии магнитной индукции – линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор \vec{B} в данной точке поля.

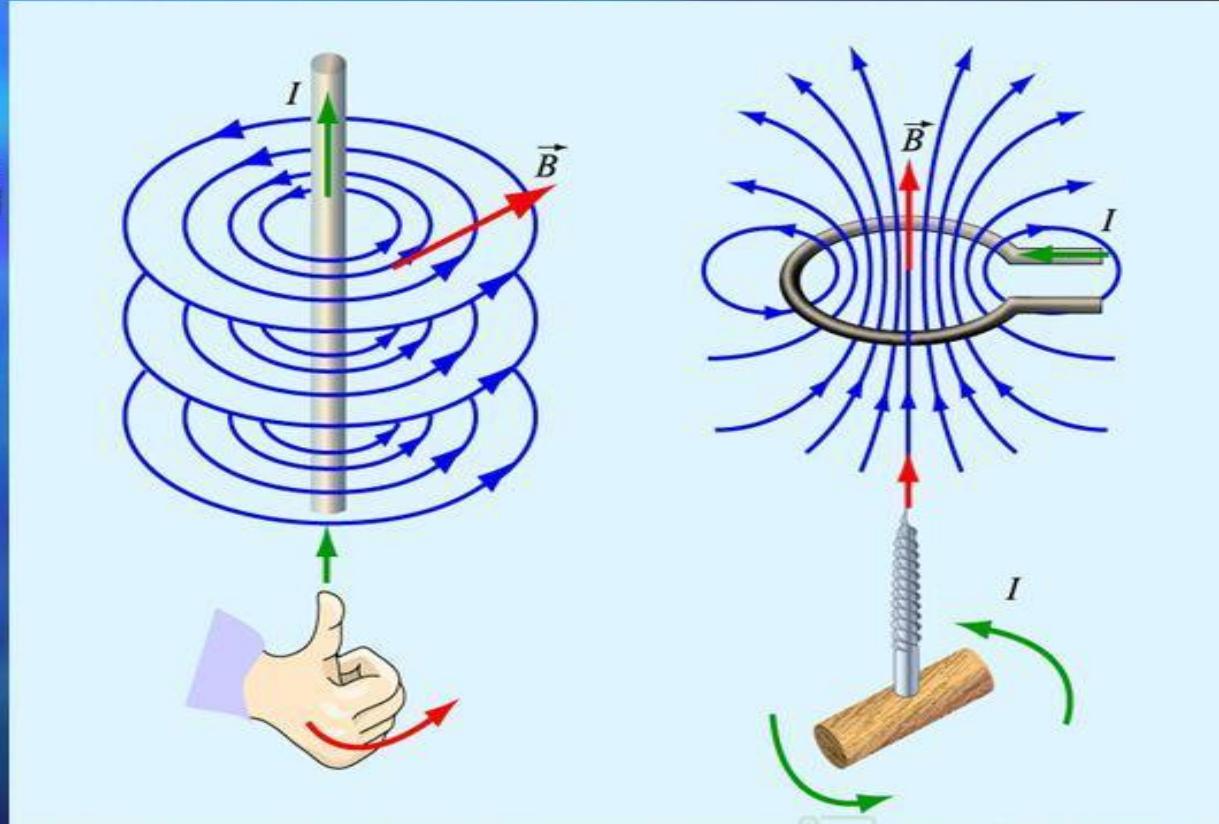
Вектор магнитной индукции

$$\vec{B}$$

Вектор магнитной индукции
— силовая характеристика
магнитного поля

Вектор магнитной индукции
направлен по касательной
к магнитным линиям

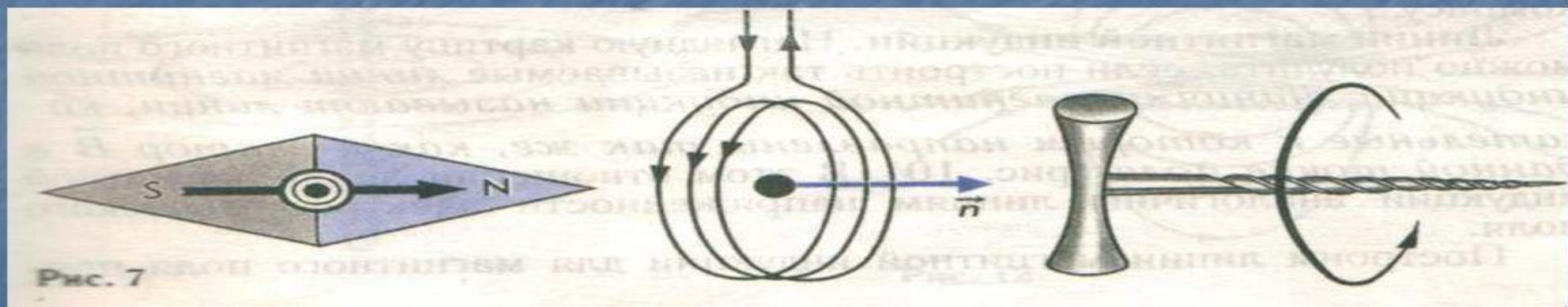
В системе единиц СИ за
единицу магнитной
индукции принята
индукция такого
магнитного поля, в
котором на каждый метр
длины проводника при
силе тока 1 А действует
максимальная сила
Ампера, равная 1 Н. Эта
единица называется тесла
(Тл).



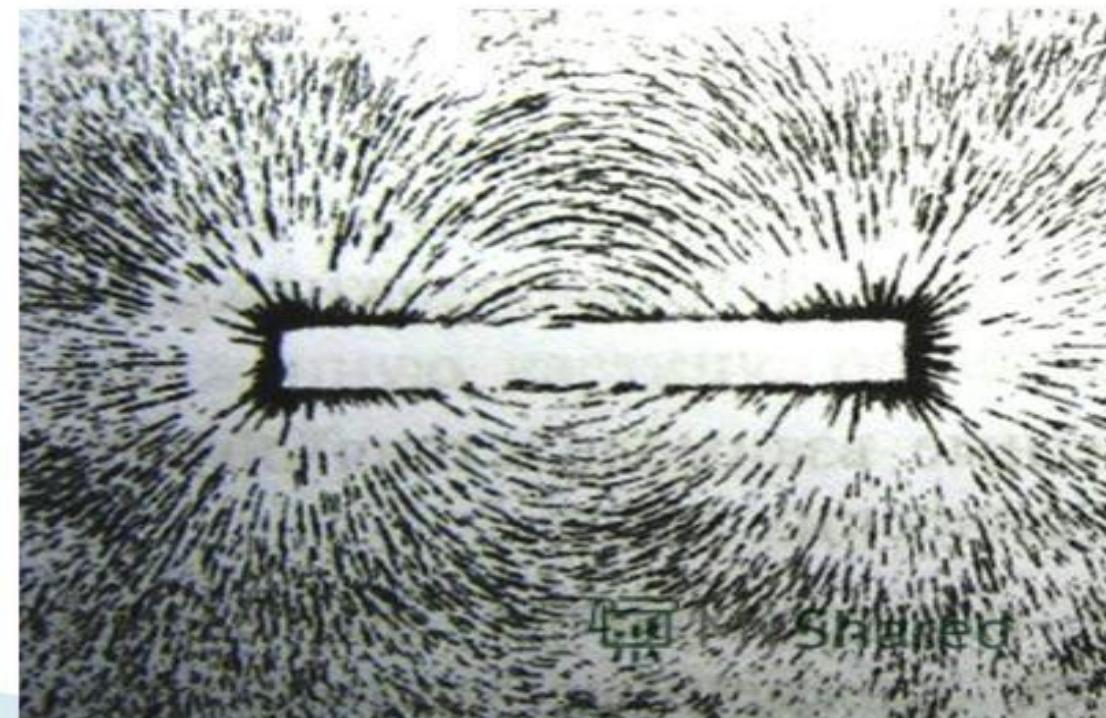
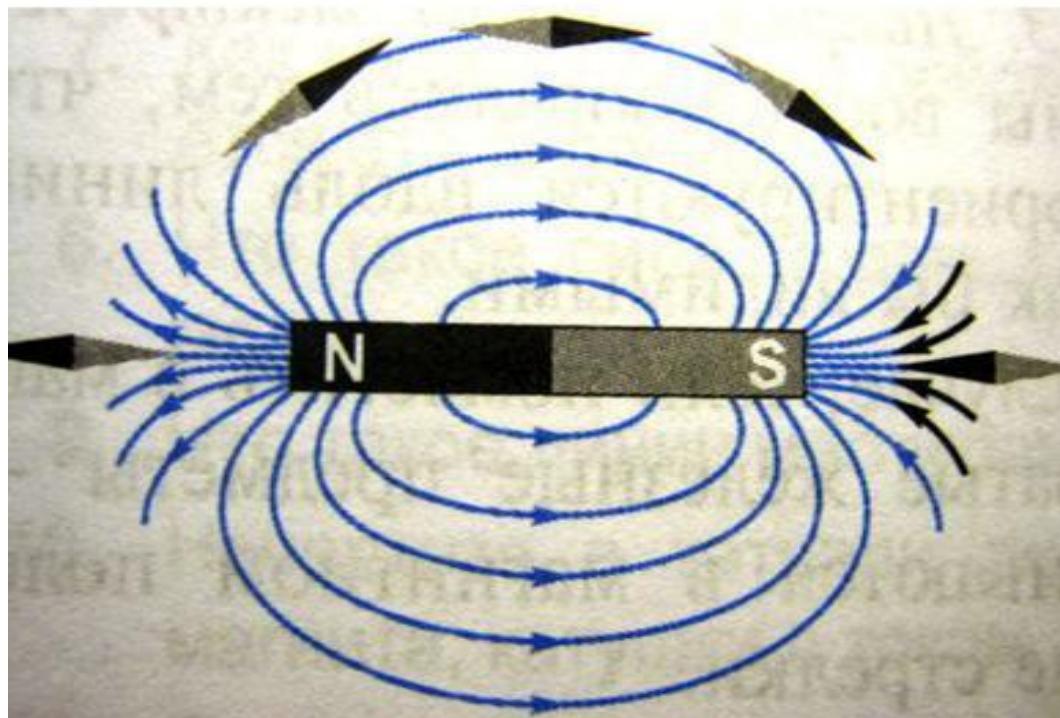
MyShared

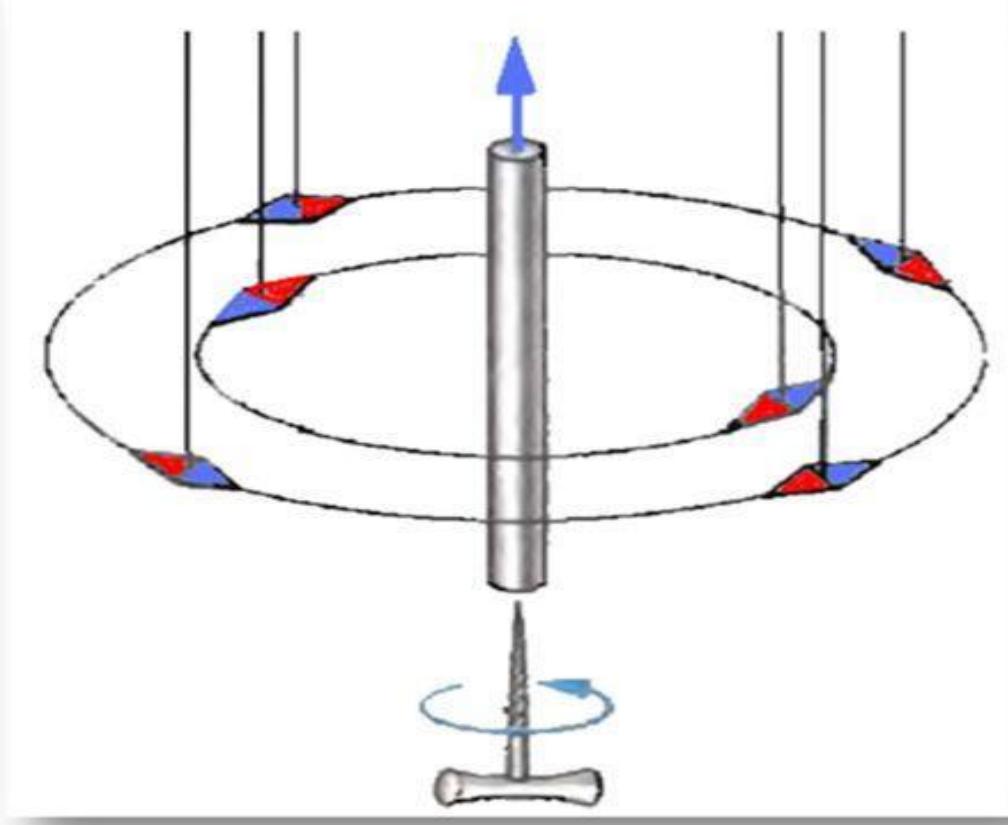
За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле. Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током.

Направление вектора магнитной индукции так же можно определить и с помощью правила буравчика:
если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.



За направление вектора магнитной индукции принимают направление, которое указывает северный полюс свободно вращающейся магнитной стрелки.

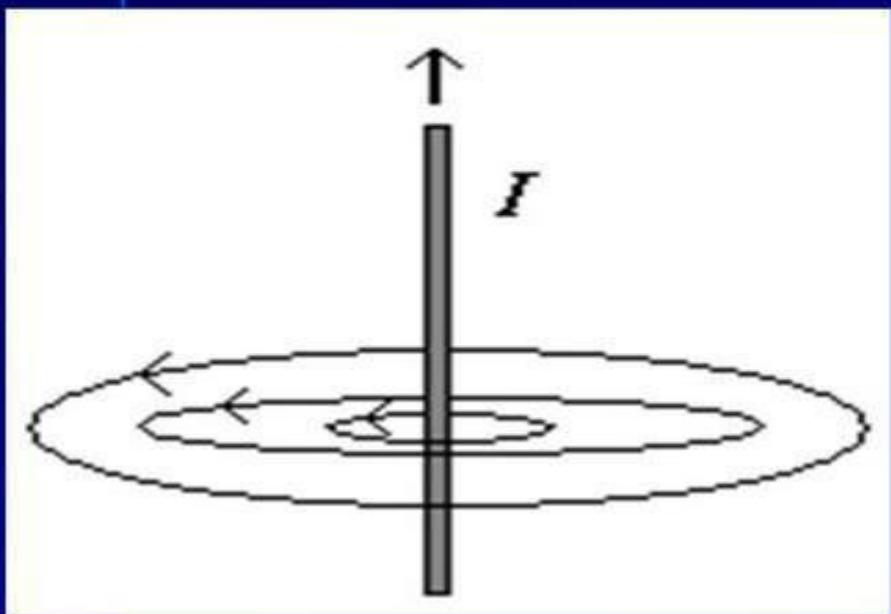




Для магнитного поля прямолинейного проводника с током линии магнитной индукции – концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной этому проводнику с током.

**Центр окружностей находится на оси проводников.
Стрелки на линиях указывают, в какую сторону направлен вектор магнитной индукции, касательный к данной линии.**

Правило буравчика

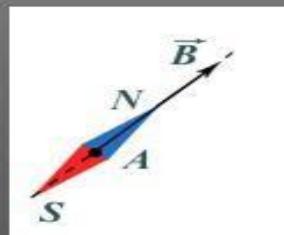


- Если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадет с направлением вектора магнитной индукции.

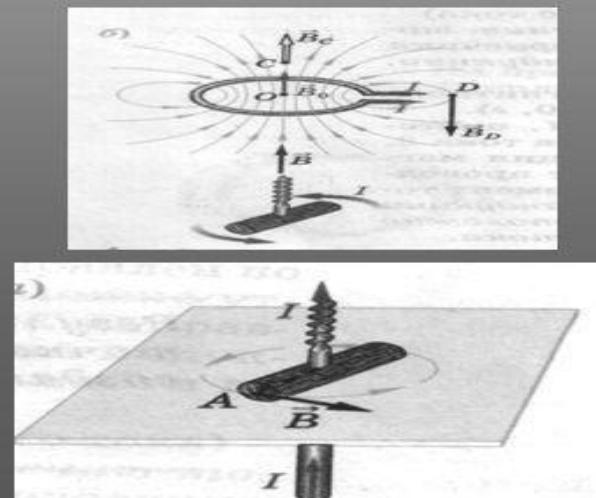
Определение направления вектора магнитной индукции

Способы определения вектора магнитной индукции:

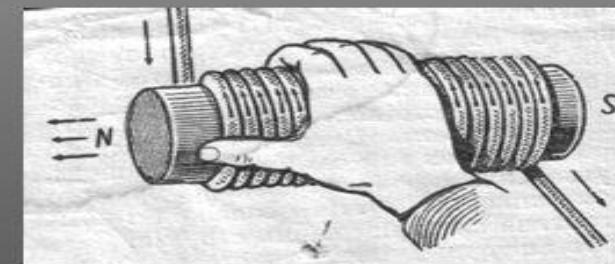
При помощи
магнитной
стрелки



По правилу
буравчика

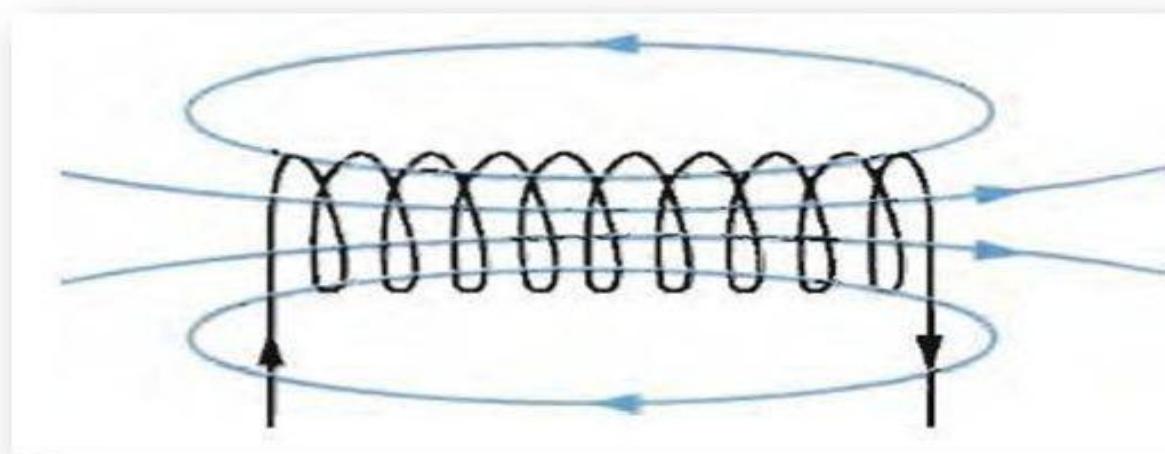


По правилу
правой руки



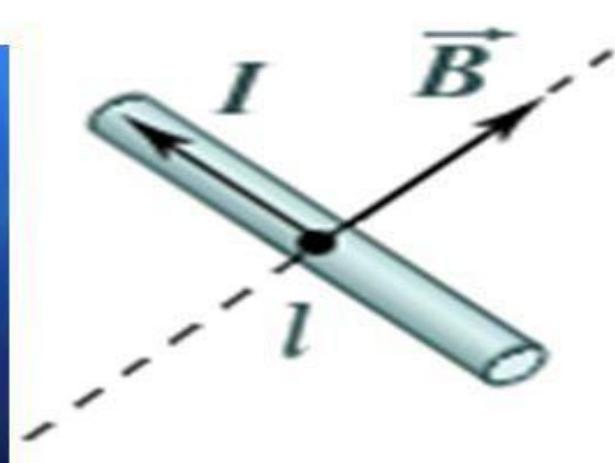
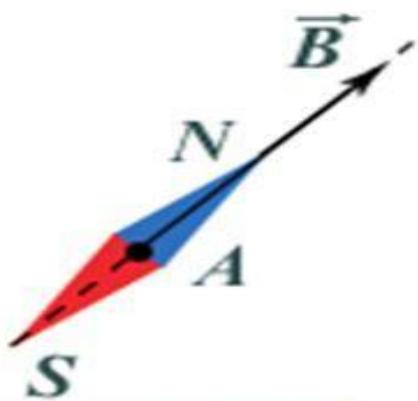
Если длина соленоида много больше его диаметра, то магнитное поле внутри соленоида можно считать однородным.

Линии магнитной индукции такого поля параллельны и находятся на равных расстояниях друг от друга.



Картина магнитного поля катушки с током (соленоида).

Магнитная индукция.



- Вектор магнитной индукции \vec{B} – силовая характеристика магнитного поля. Направление вектора магнитной индукции задается направлением магнитной стрелки, помещенной в данную точку поля. Оно совпадает с направлением, которое указывает северный полюс стрелки.



модуль вектора магнитной индукции

В ходе своих исследований Ампер сумел установить выражение для силы, действующей на отдельный элемент тока, в результате чего смог определить модуль вектора магнитной индукции

$$B_{\perp} = \frac{F_{\max}}{I_{\Delta} l}$$

$$1 \frac{H}{Am} = Tl(Tесла)$$

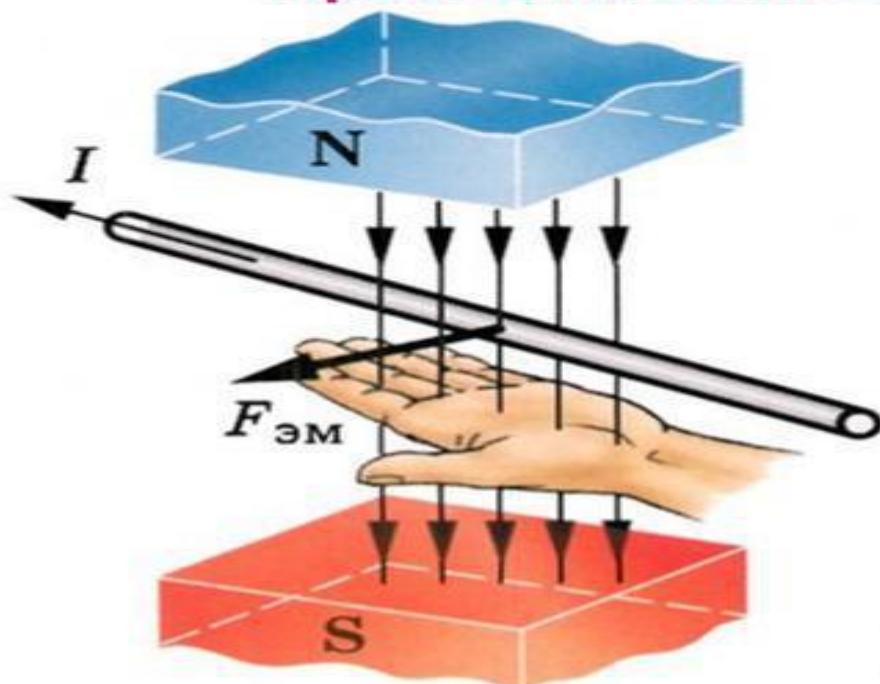
За единицу магнитной индукции принимается магнитная индукция однородного поля, в котором на участок проводника длиной 1 м при силе тока в нем 1 А действует со стороны поля максимальная сила 1 Н

Модулем вектора магнитной индукции называется отношение максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого участка



Shared

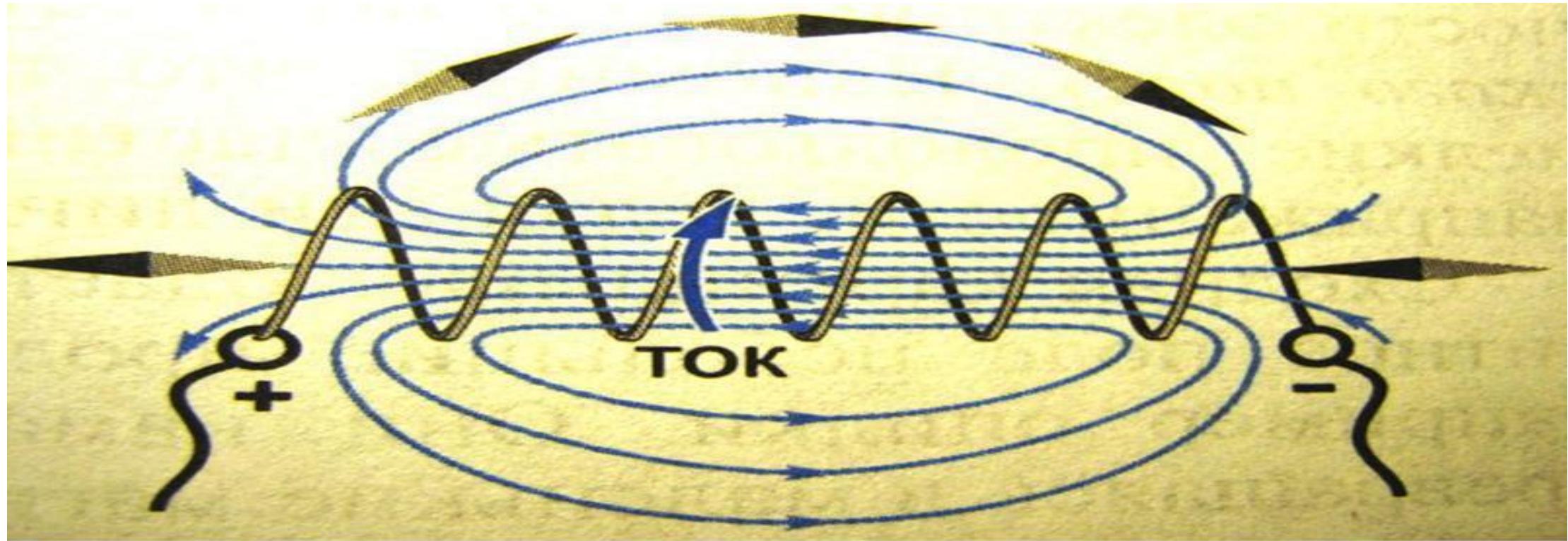
Модуль вектора магнитной индукции равен отношению силы, действующей на проводник с током, расположенный перпендикулярно вектору магнитной индукции, к произведению силы тока в проводнике и длины проводника.



$$B = \frac{F}{Il}$$

$$[B] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 1 \text{ Тл}$$





Линии магнитной индукции замкнуты, т.е. не имеют начала и конца. Густота линий магнитной индукции пропорциональна модулю вектора магнитной индукции.



Линии магнитной индукции

- Линиями магнитной индукции называют линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор магнитной индукции в данной точке поля.
- Если линии магнитной индукции расположены параллельно, с одинаковой густотой, то такое поле называется однородным.

Однородное поле

- Поле, в каждой точке которого, сила, действующая на элемент проводника с током имеет одинаковую величину и сохраняет направление называется однородным



Вихревое поле

- Электрическое поле
- Линии напряженности начинаются на «+», а заканчиваются на «-»
- В природе существуют электрические заряды
- Т.к. линии не замкнуты, то работа поля по замкнутому пути равна нулю. Работа не зависит от формы траектории
- Магнитное поле
- Линии индукции замкнуты, что означает отсутствие в природе магнитных зарядов.
- Магнитное поле – вихревое
- Направление магнитного поля – определяется направлением вектора магнитной индукции.

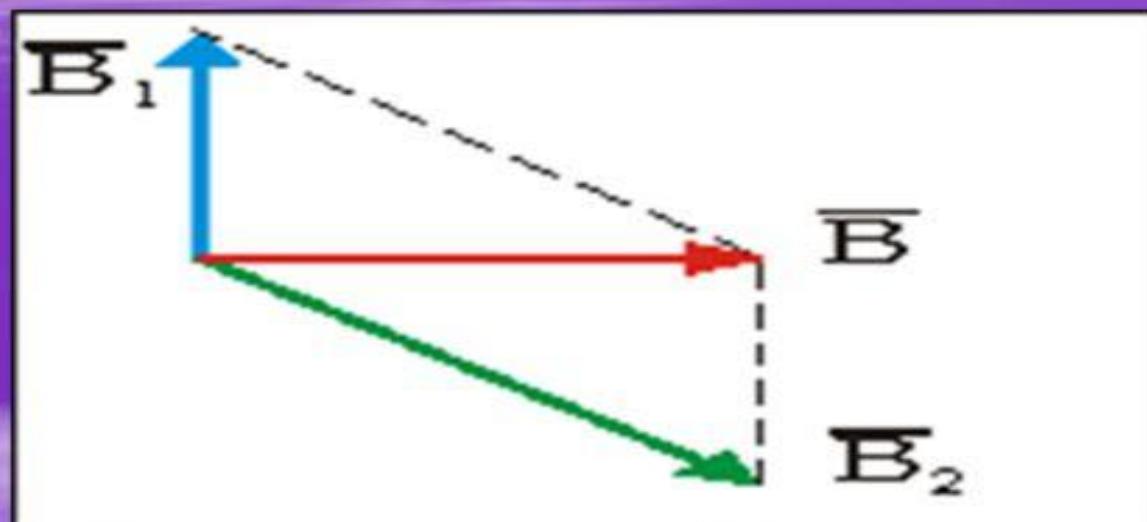


Линии магнитной индукции

- Начинаются на северном полюсе, заканчиваются на южном.
- Всегда замкнуты.
- За направление принято направление северного полюса маленькой магнитной стрелки, помещенной в магнитное поле.



Принцип суперпозиции полей.



- Если в какой-либо области пространства происходит наложение нескольких магнитных полей, то вектор магнитной индукции результирующего поля, равен векторной сумме индукций отдельных полей:
- $\mathbf{B} = \sum \mathbf{B}_i$



Направление вектора магнитной индукции

Правило буравчика:

Правило правой руки
для прямого тока:

позволяют находить направление
вектора магнитной индукции, созданной
только прямым током

НО!



Мысленно разделив криволинейный проводник на
прямолинейные участки, можно найти направление
вектора магнитной индукции от каждого участка, а затем
сложить эти векторы.



Для магнитного поля также как и для электрического выполняется принцип
суперпозиции!!!



MyShared

Принцип суперпозиции для магнитного поля

Принцип суперпозиции:

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

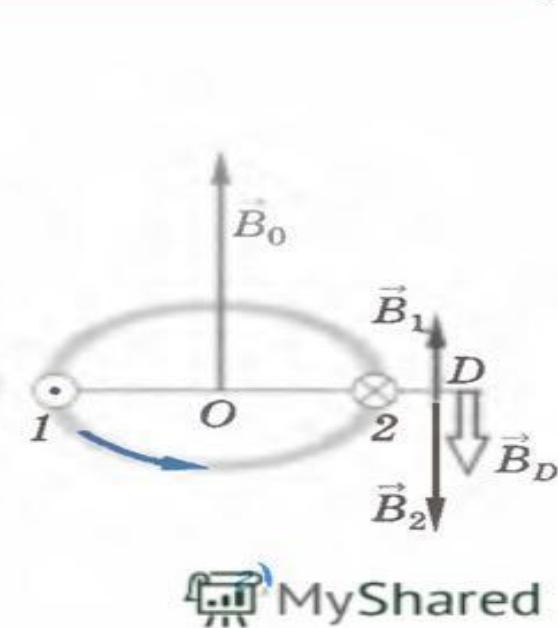
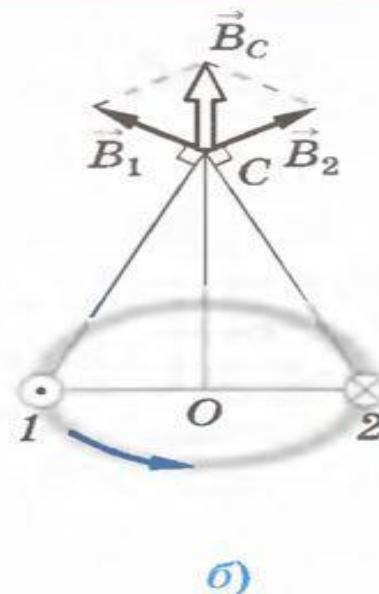
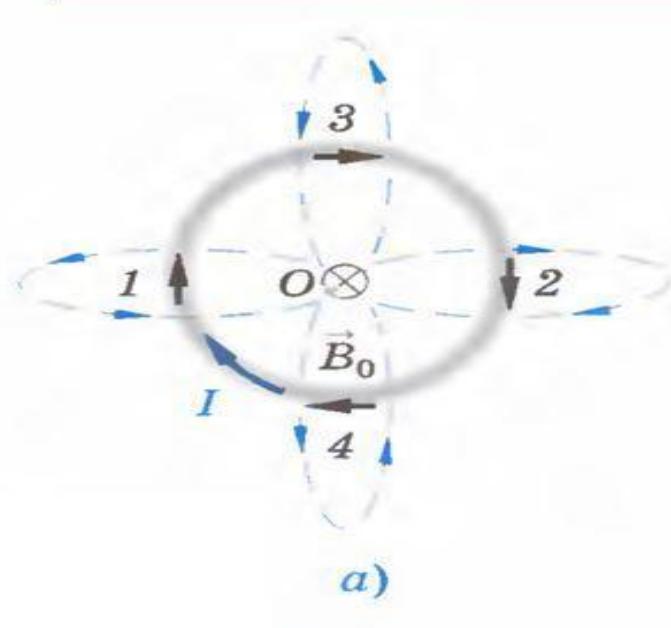
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \cdots + \vec{B}_n$$



Принцип суперпозиции для магнитного поля

Правило буравчика для витка с током (контурного тока):

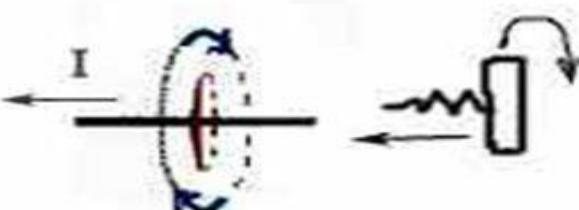
Если вращать рукоятку буравчика по направлению тока в витке, то поступательное перемещение буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции, созданной током в витке на своей оси



MyShared

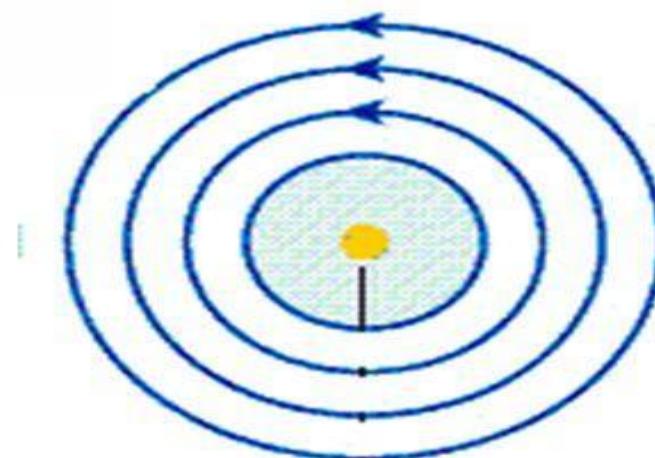
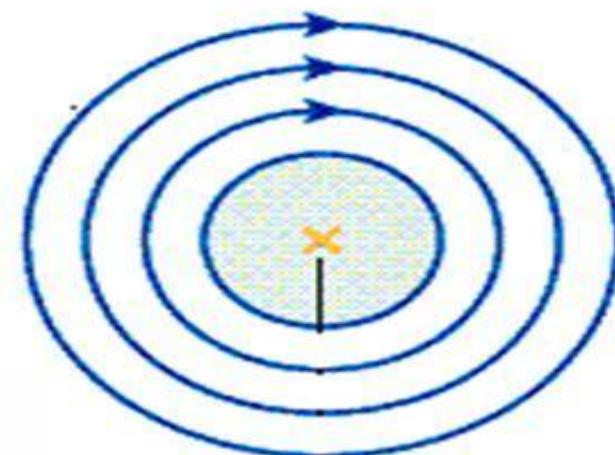
Проводник с током расположен перпендикулярно плоскости листа: направление электрического тока от нас (в плоскость листа)

Согласно **правилу буравчика**, линии магнитного поля будут направлены **по часовой стрелке**.



Направление электрического тока на нас (из плоскости листа)

Линии магнитного поля будут направлены **против часовой стрелки**.



Важная особенность линий магнитной индукции состоит в том, что они **не имеют ни начала, ни конца**. Они **всегда замкнуты**.

Поля с замкнутыми векторными линиями называют **вихревыми**.
Магнитное поле – вихревое поле.

Замкнутость линий магнитной индукции представляет собой фундаментальное свойство магнитного поля.

Оно заключается в том, что магнитное поле не имеет источников.

Магнитных зарядов, подобных электрическим, в природе нет.

Вихревое поле

- **Важная особенность** линий магнитной индукции состоит в том, что они не имеют ни начала, ни конца. Они всегда замкнуты.
- Поля с замкнутыми силовыми линиями называют *вихревыми*.
- Магнитное поле – ***вихревое поле***.
- Магнитное поле не имеет источников. Магнитных зарядов, подобных электрическим, в природе нет.



Примеры магнитных полей

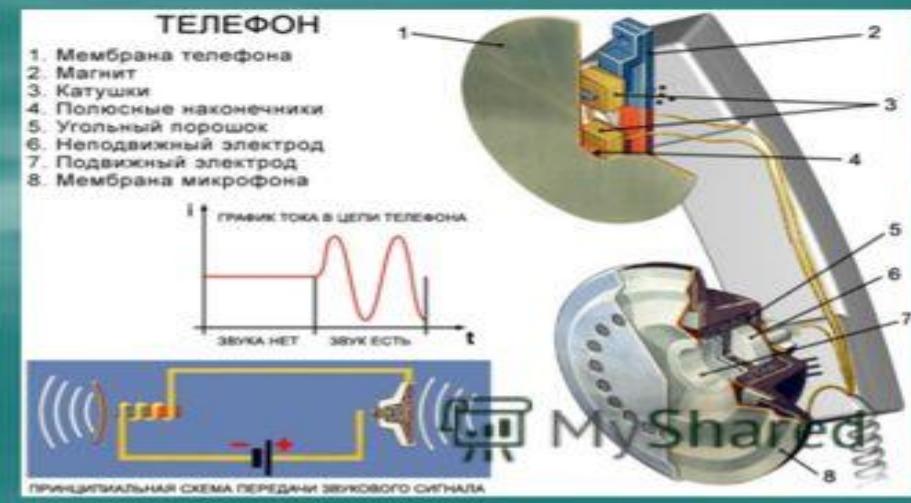
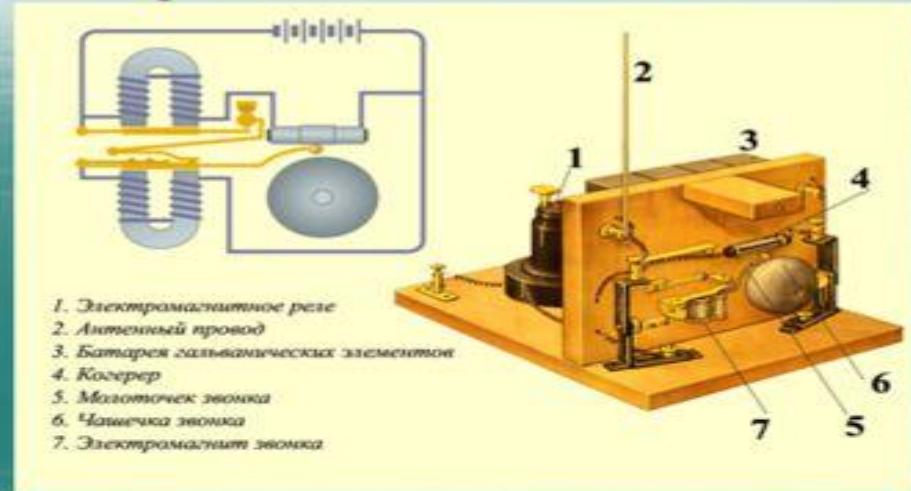


Область существования магнитного поля и метод его получения	Индукция, Тл
Нейтронные звезды, пульсары	10^8
Внутри атома	10^5
Звезды	10^4
Наибольшее, полученное в лаборатории при сжатии магнитного потока	10^3
Разряд конденсаторной батареи на импульсный соленоид	10^2
Радиогалактики	10^2
Сверхпроводящие соленоиды	10
Электромагниты	до 10
Солнце (солнечные пятна)	10^{-1}
Школьные магниты	10^{-2}
Солнце (протуберанцы)	10^{-3}
Солнце	10^{-4}
Земля	$(2-5) \cdot 10^{-5}$
Межпланетное пространство	10^{-5}
Сердце человека	10^{-10}
Межзвездная среда	10^{-12}
Мозг человека	10^{-13}
Достигнутый предел измерений	10^{-15}

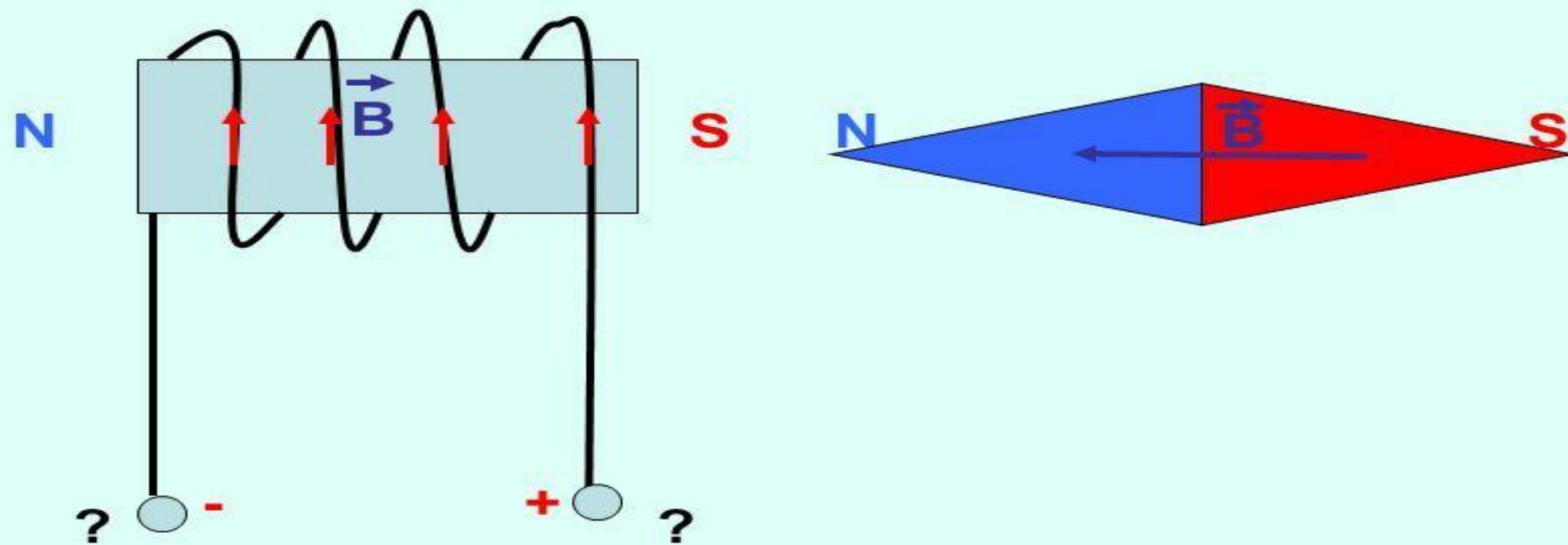


MyShared

Использование электромагнитов

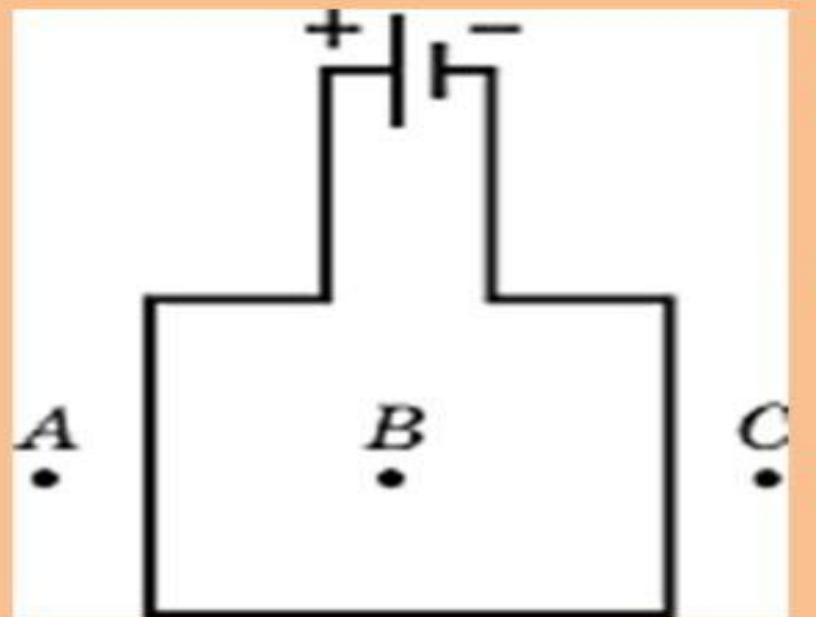


Определить полюса источника тока:



10. На рисунке изображена рамка, подключенная к источнику тока, и точки A , B , C , лежащие в плоскости рамки.

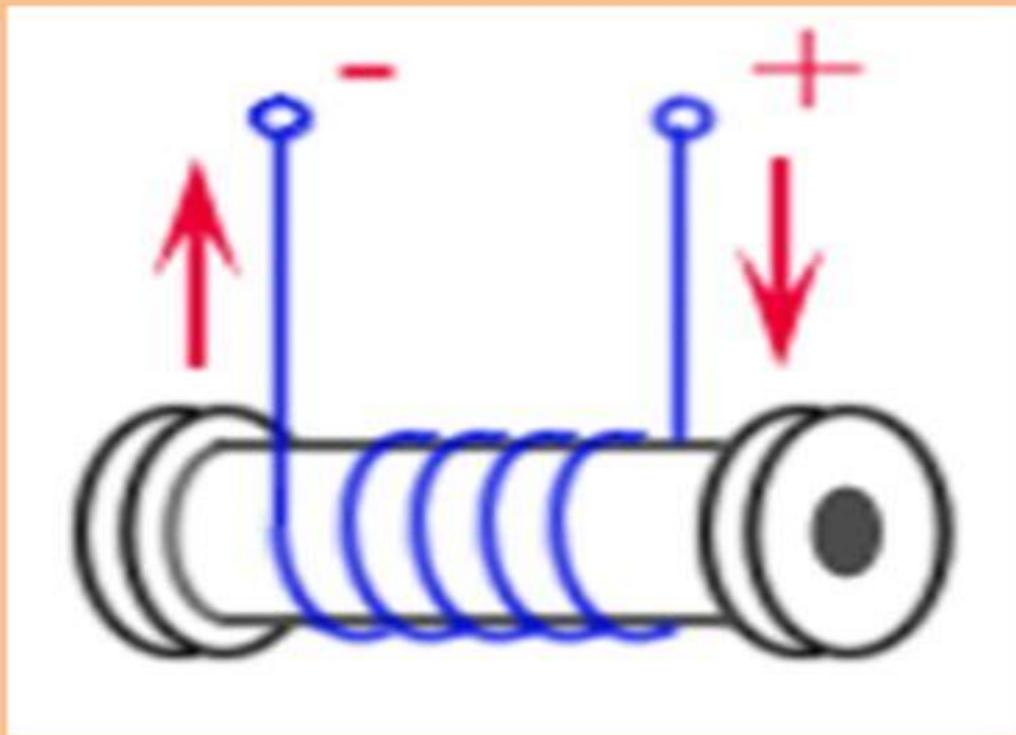
Как направлено магнитное поле в точках A, B, C ?



1. В т. A - от нас в рисунок, B - от нас в рисунок, C - от нас в рисунок.
2. В т. A - от нас в рисунок, B - к нам из рисунка, C - от нас в рисунок.
3. В т. A - от нас в рисунок, B - от нас в рисунок, C - от нас в рисунок.
4. В т. A - к нам из рисунка, B - от нас в рисунок, C - от нас в рисунок.



11. Оттолкнется ли катушка, если поднести к ее правому торцу южный полюс магнита?



1. Не будет реагировать
2. Да
3. Притягнется
4. Нет верного ответа



MyShared

Задание:

- Начертите (приблизительно) расположение нескольких магнитных линий для двух магнитов
- Определите полюсы магнитов.

