

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.



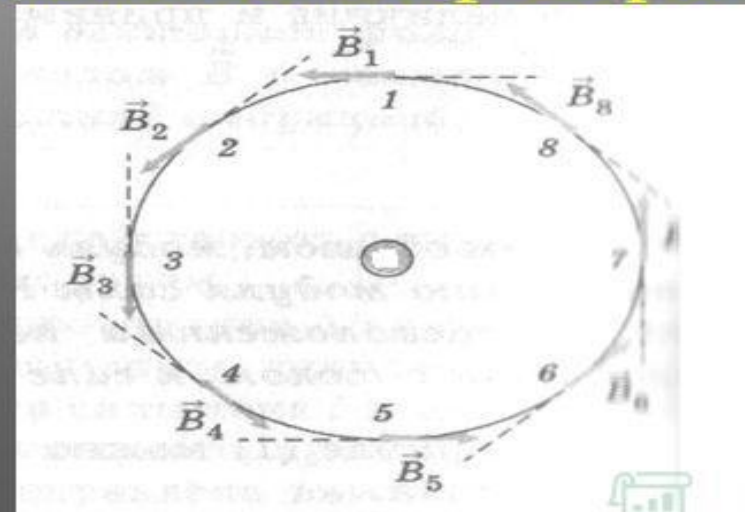
Вектор магнитной индукции

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

Имеет

1. модуль и 2. направление в пространстве

В



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 соленооида можно определить по правилу буравчика.*

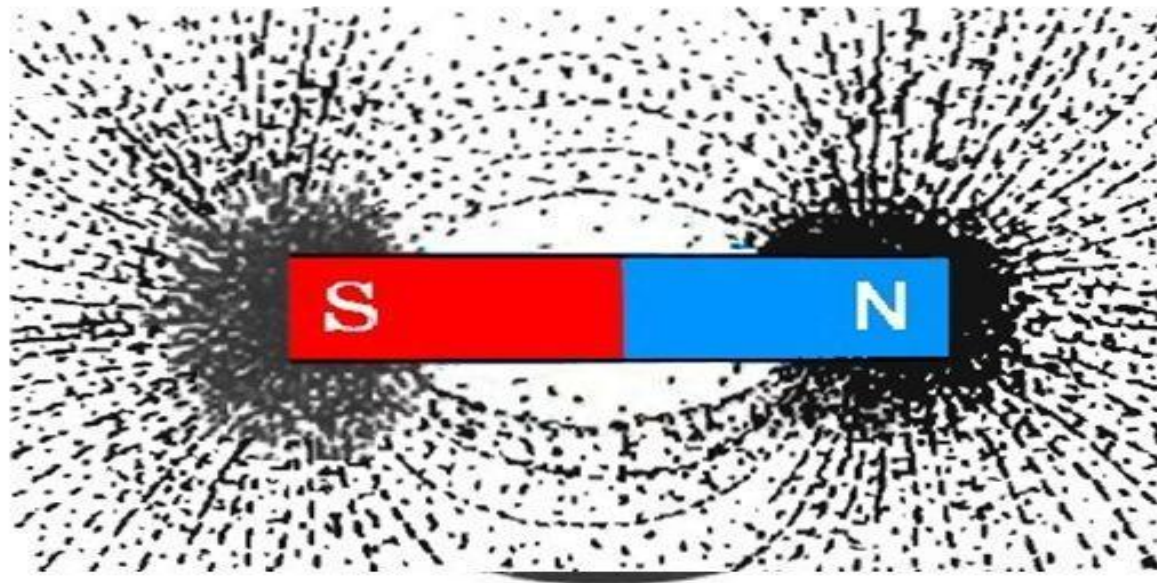


Линии магнитной индукции

- Линиями магнитной индукции называют линии, касательные к которым в любой их точке совпадают с вектором 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

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.*

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

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

$$1 \frac{\text{Н}}{\text{Ам}} = Tл(\text{Тесла})$$

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

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

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

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



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.

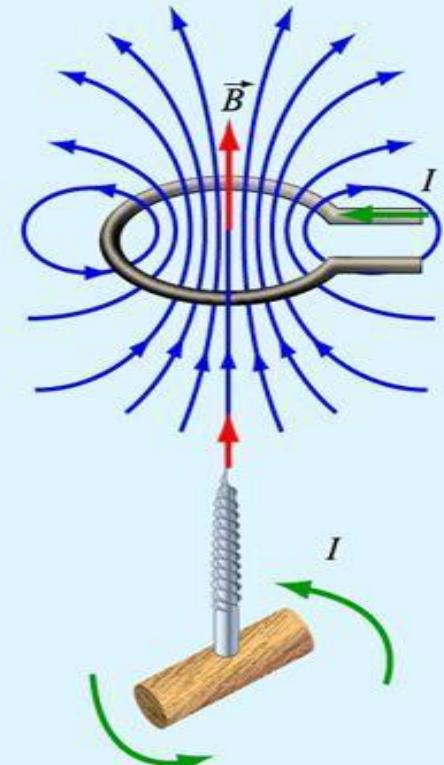
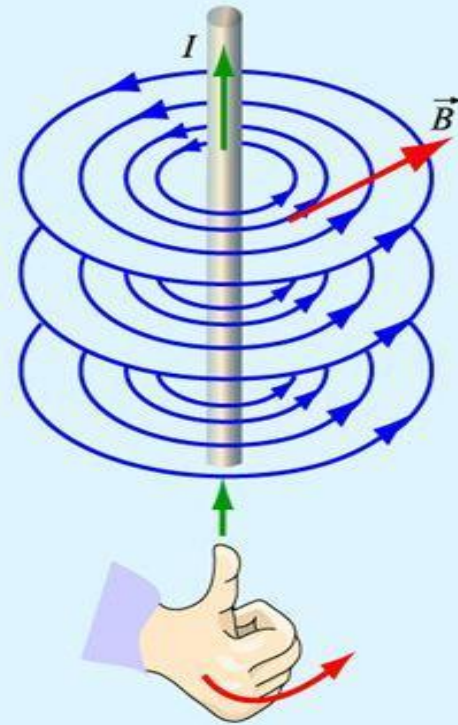
Вектор магнитной индукции

\vec{B}

Вектор магнитной индукции — силовая характеристика магнитного поля

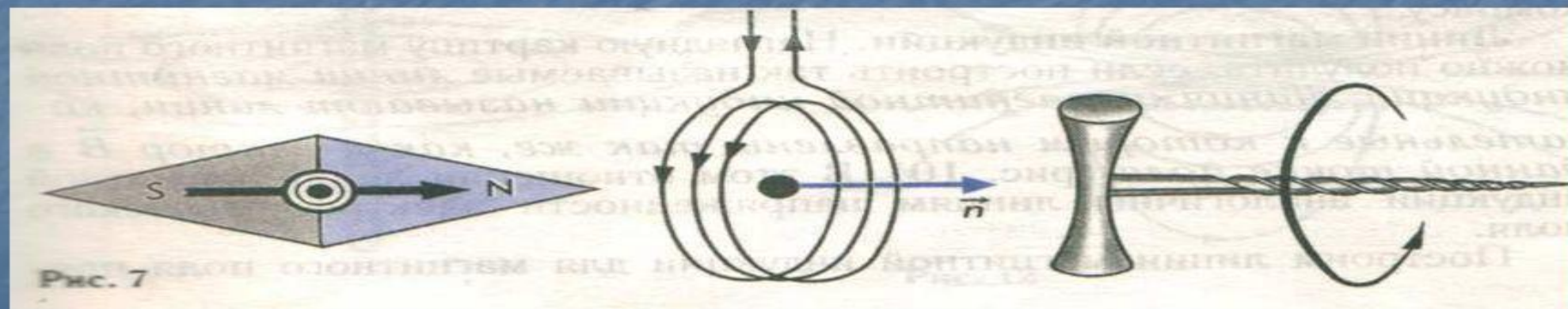
Вектор магнитной индукции направлен по касательной к магнитным линиям

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).

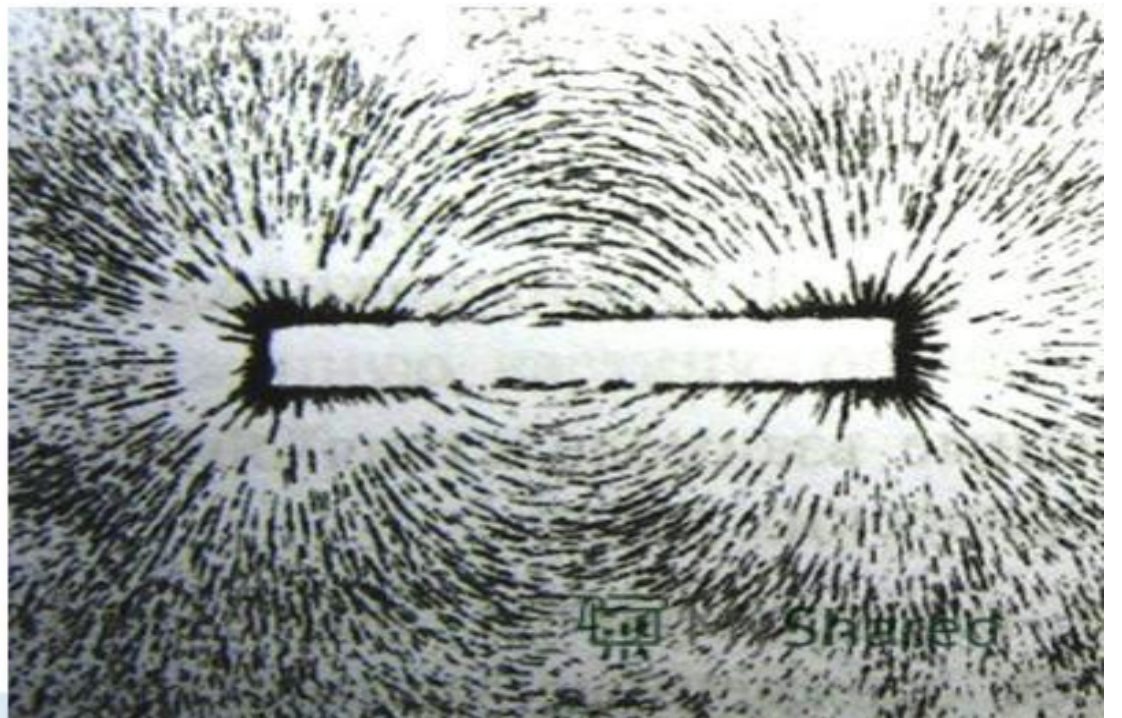
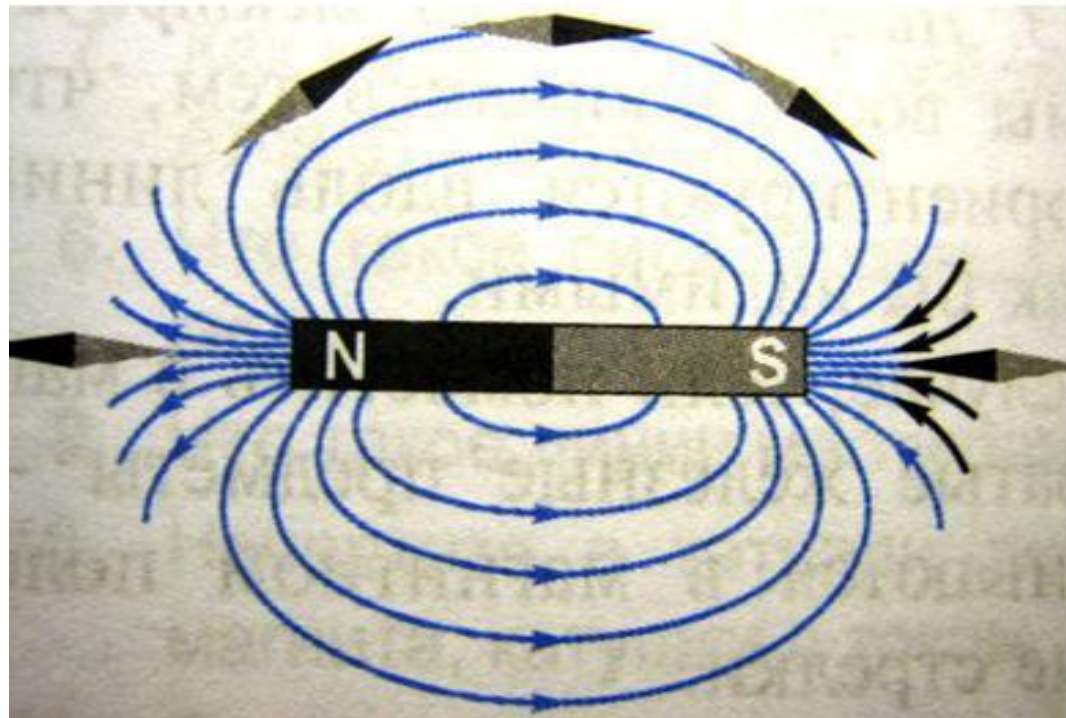


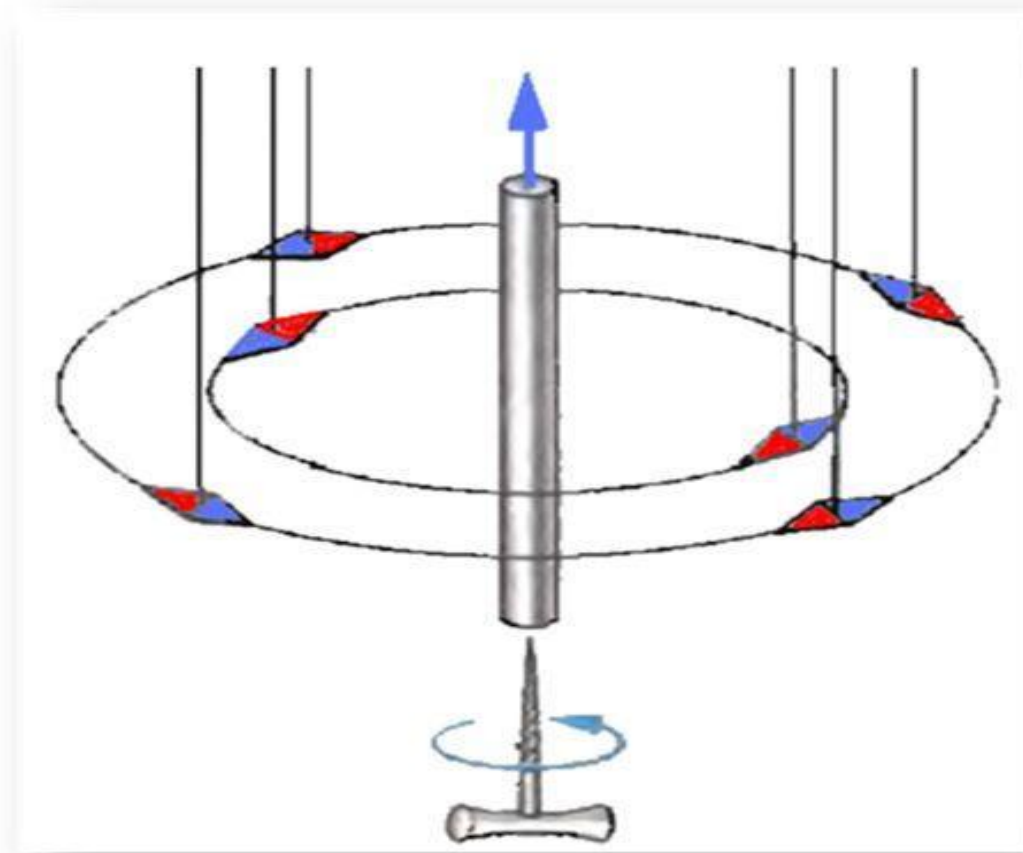
За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле. Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током.

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.

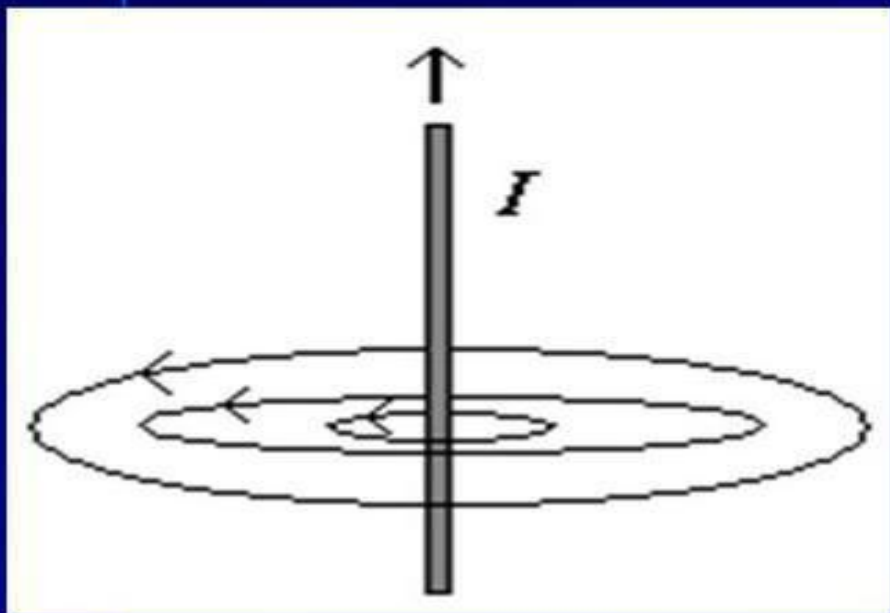




Для магнитного поля прямолинейного проводника с током линии магнитной индукции – концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной этому проводнику с током.

**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.

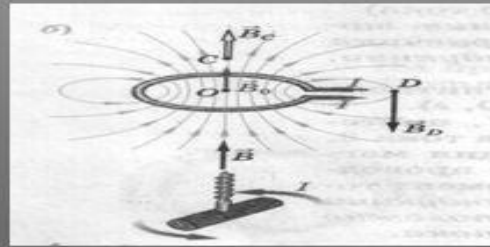
Определение направления вектора магнитной индукции

Способы определения вектора магнитной индукции:

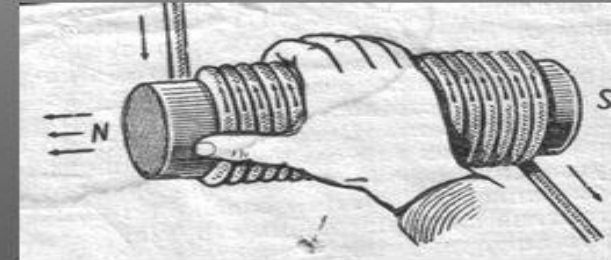
При помощи магнитной стрелки



По правилу буравчика

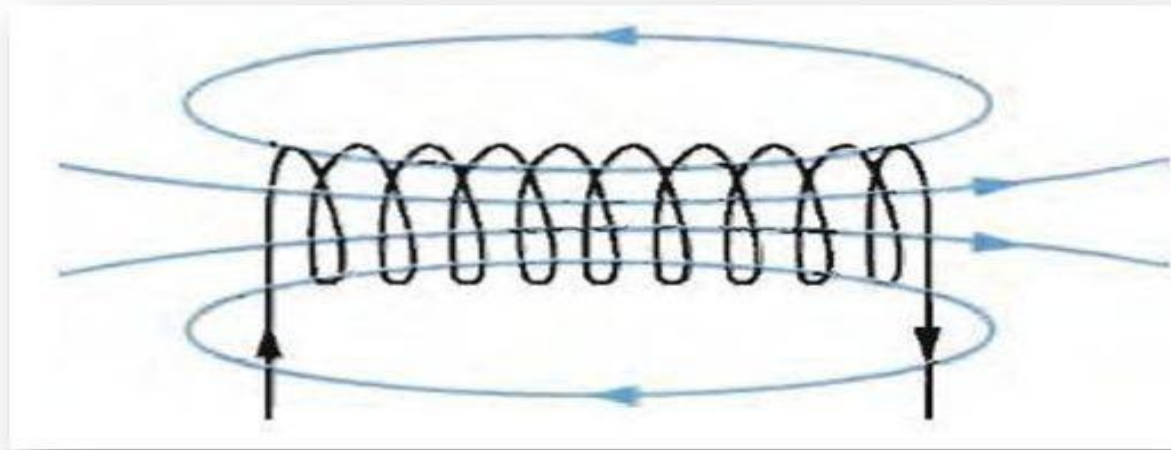


По правилу правой руки



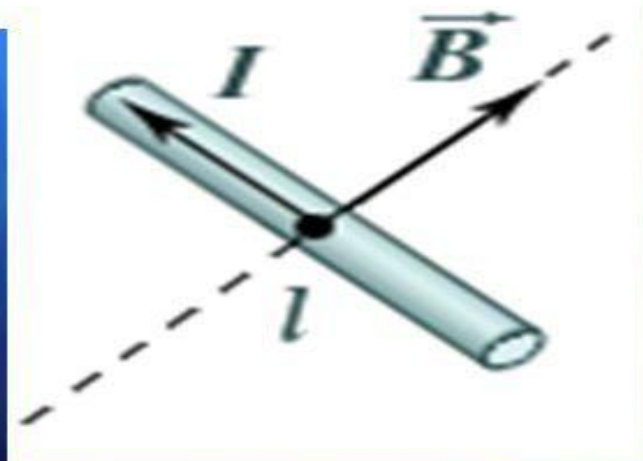
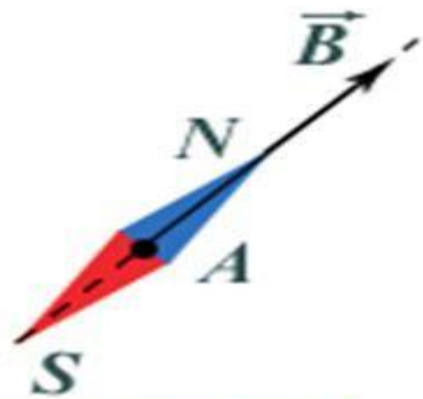
Если длина соленоида много больше его диаметра, то магнитное поле внутри соленоида можно считать **однородным**.

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 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

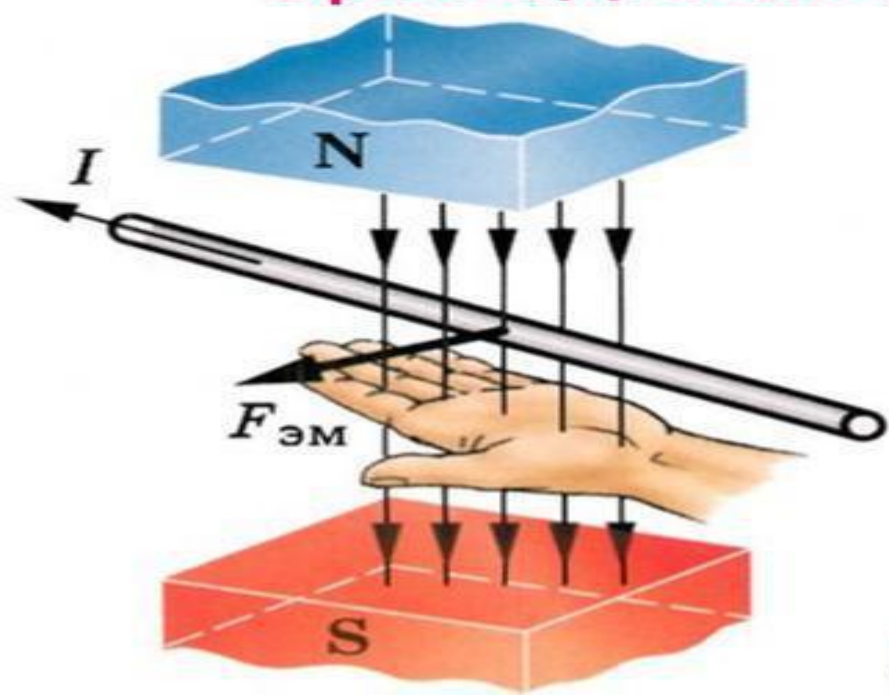
$$B_{\perp} = \frac{F_{\max}}{I \Delta l}$$

$$1 \frac{Н}{Ам} = Тл(Тесла)$$

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

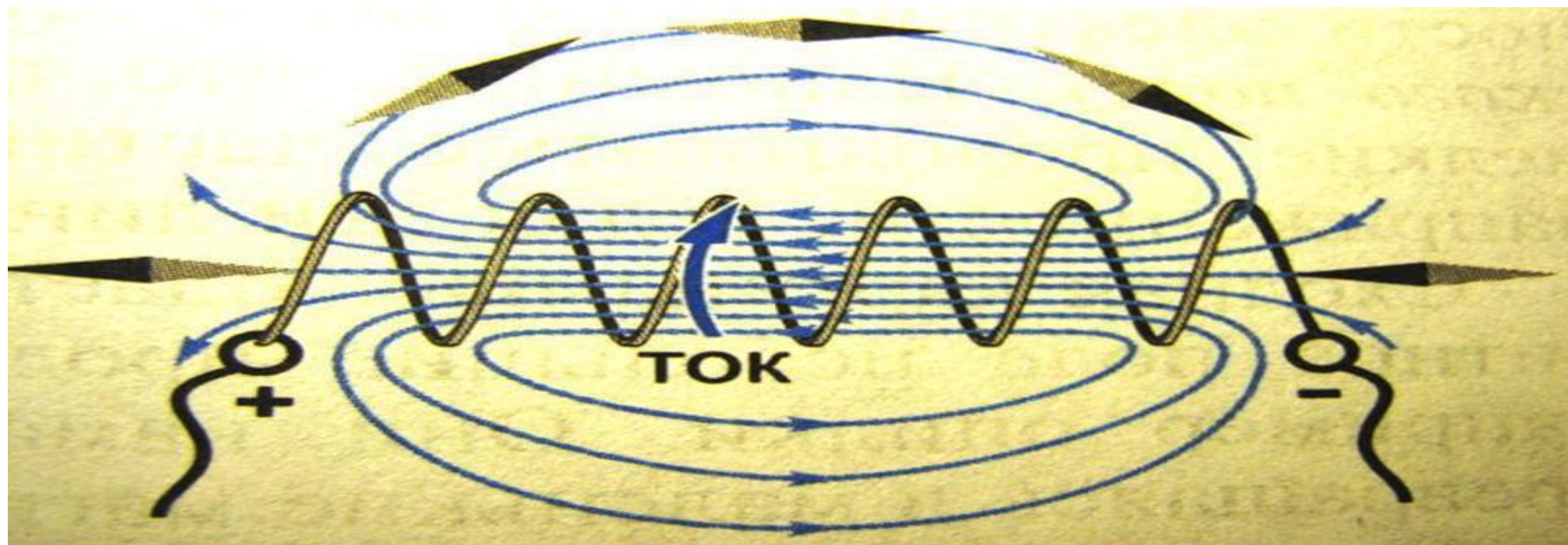
Модуль вектора магнитной индукции равен отношению силы, действующей на проводник с током, расположенный перпендикулярно вектору магнитной индукции, к произведению силы тока в проводнике и длины проводника.



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

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

MyShared



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 плотностью, 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

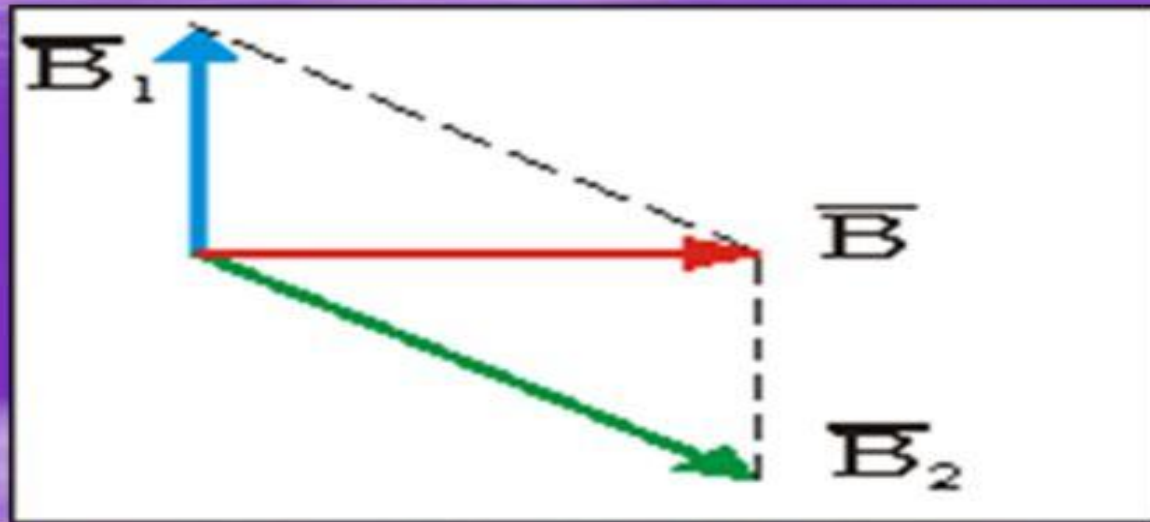
Вихревое поле

- 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:

- $\vec{B} = \sum \vec{B}_i$



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!!!

Принцип суперпозиции для магнитного поля

Принцип суперпозиции:

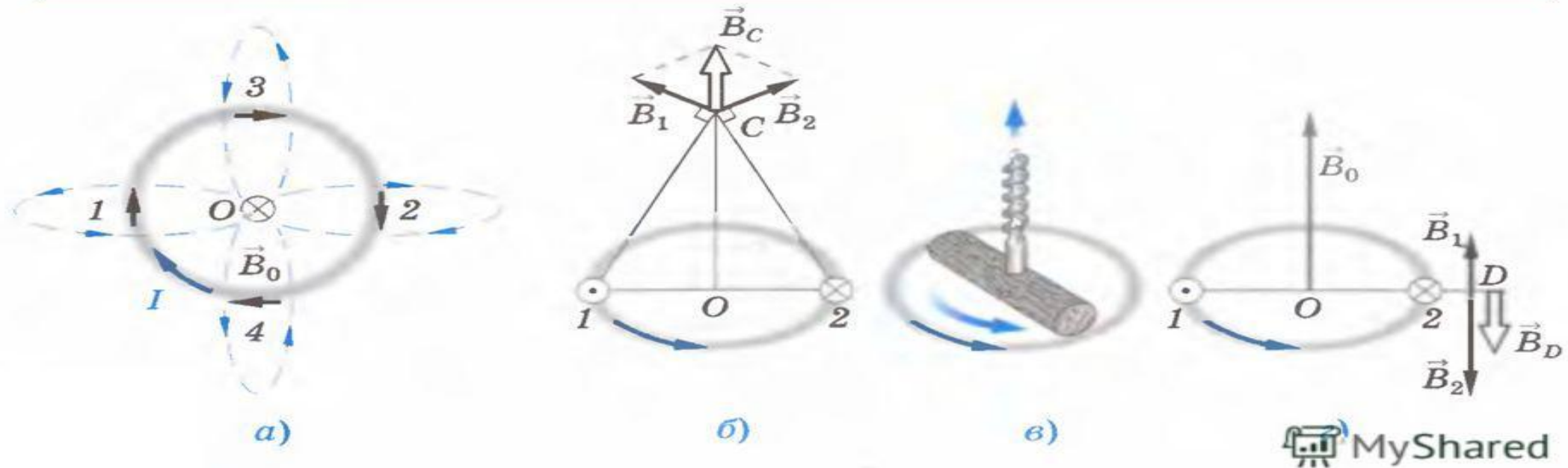
Результирующий вектор магнитной индукции в данной точке складывается из векторов магнитной индукции, созданной различными токами в этой точке:

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

Принцип суперпозиции для магнитного поля

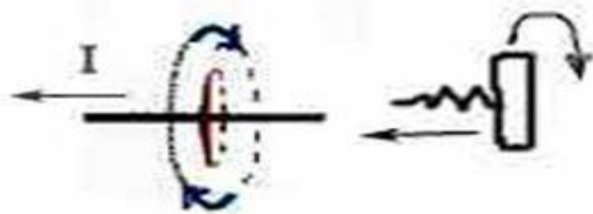
Правило буравчика для витка с током (контурного тока):

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



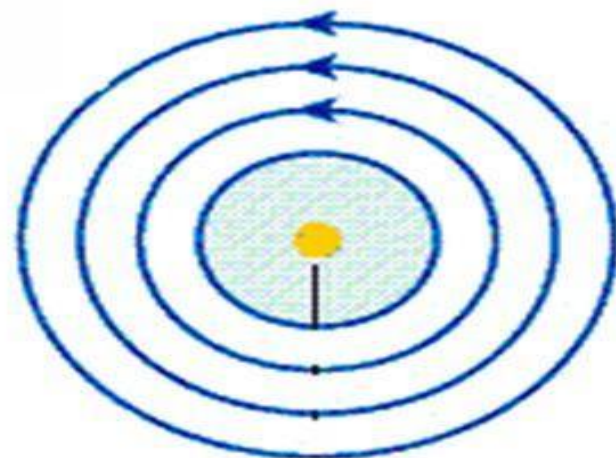
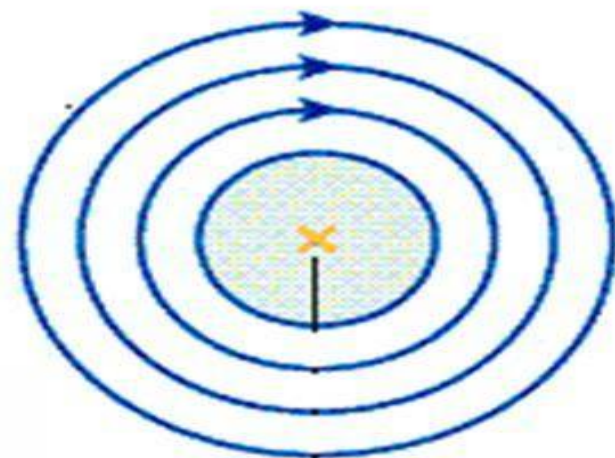
Проводник с током расположен перпендикулярно плоскости листа: направление электрического тока от нас (в плоскость листа)

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.

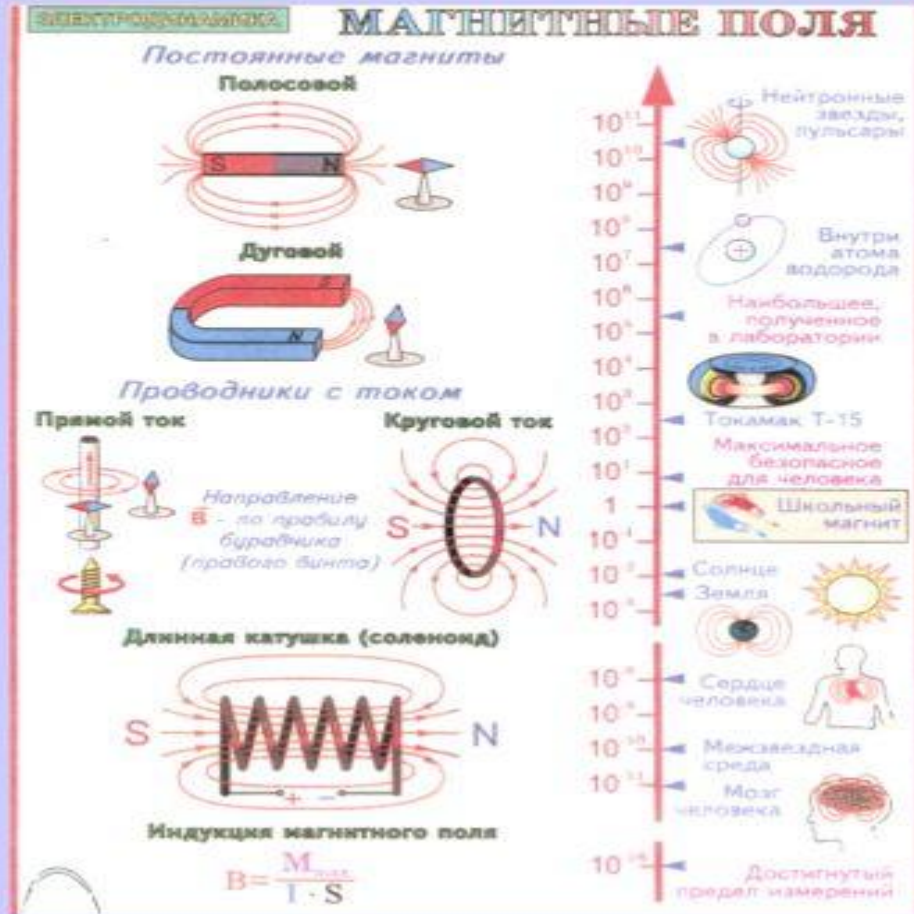
Магнитных зарядов, подобных электрическим, в природе нет.

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.

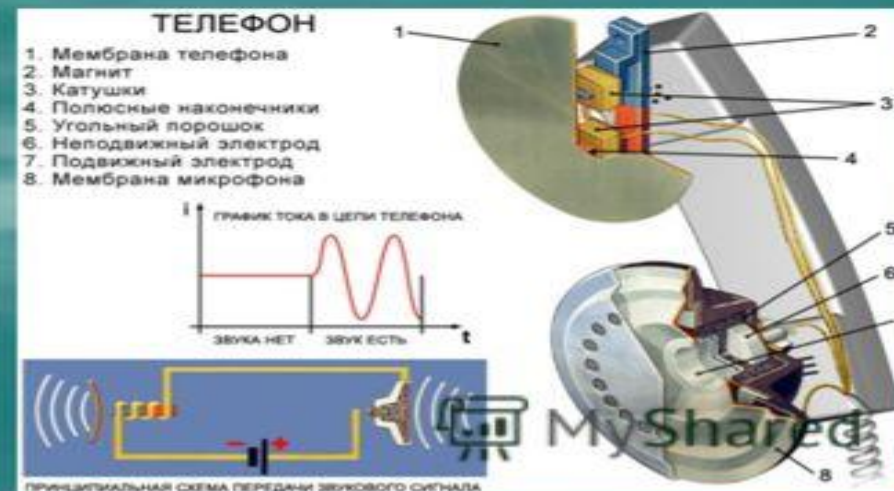
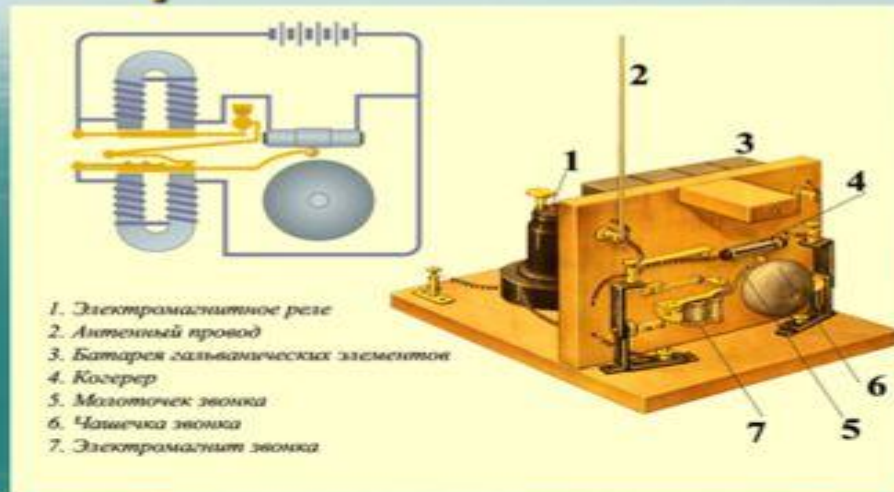


Примеры магнитных полей

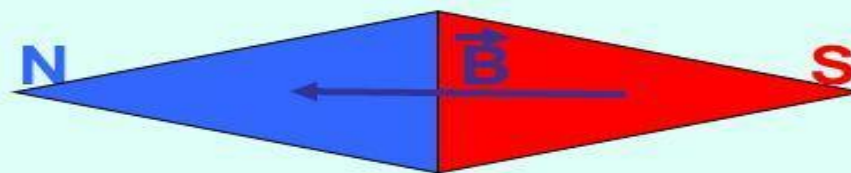
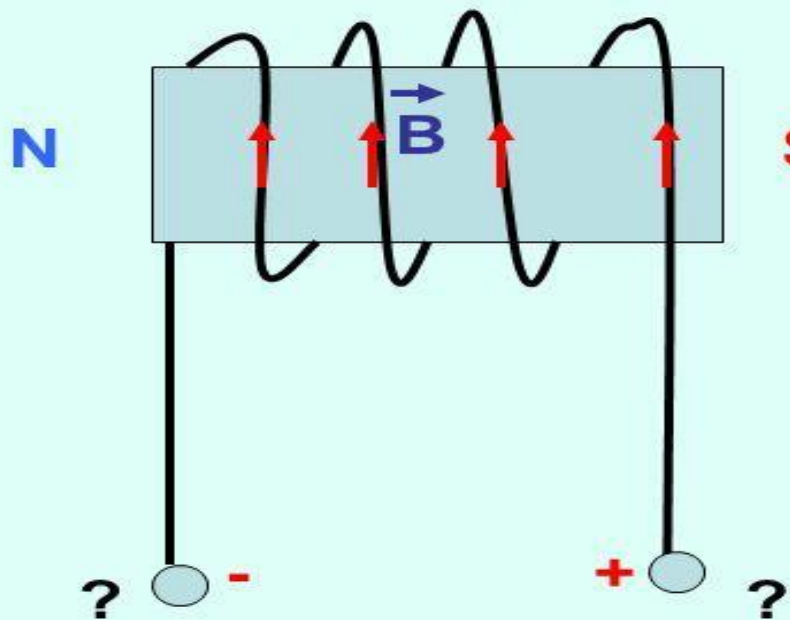


Область существования магнитного поля и метод его получения	Индукция, Тл
Нейтронные звезды, пульсары	10 ⁸
Внутри атома	10 ⁵
Звезды	10 ⁴
Наибольшее, полученное в лаборатории при сжатии магнитного потока	10 ³
Разряд конденсаторной батареи на импульсный соленоид	10 ²
Радиогалактики	10 ²
Сверхпроводящие соленоиды	10
Электромагниты	до 10
Солнце (солнечные пятна)	10 ⁻¹
Школьные магниты	10 ⁻²
Солнце (протуберанцы)	10 ⁻³
Солнце	10 ⁻⁴
Земля	(2—5) · 10 ⁻⁵
Межпланетное пространство	10 ⁻⁸
Сердце человека	10 ⁻¹⁰
Межзвездная среда	10 ⁻¹²
Мозг человека	10 ⁻¹³
Достигнутый предел измерений	10 ⁻¹⁴

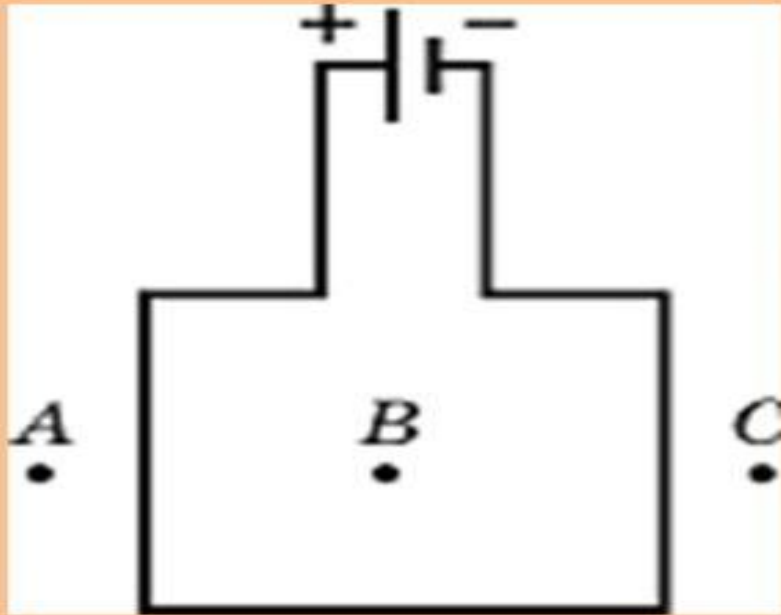
Использование электромагнитов



Определить полюса источника тока:



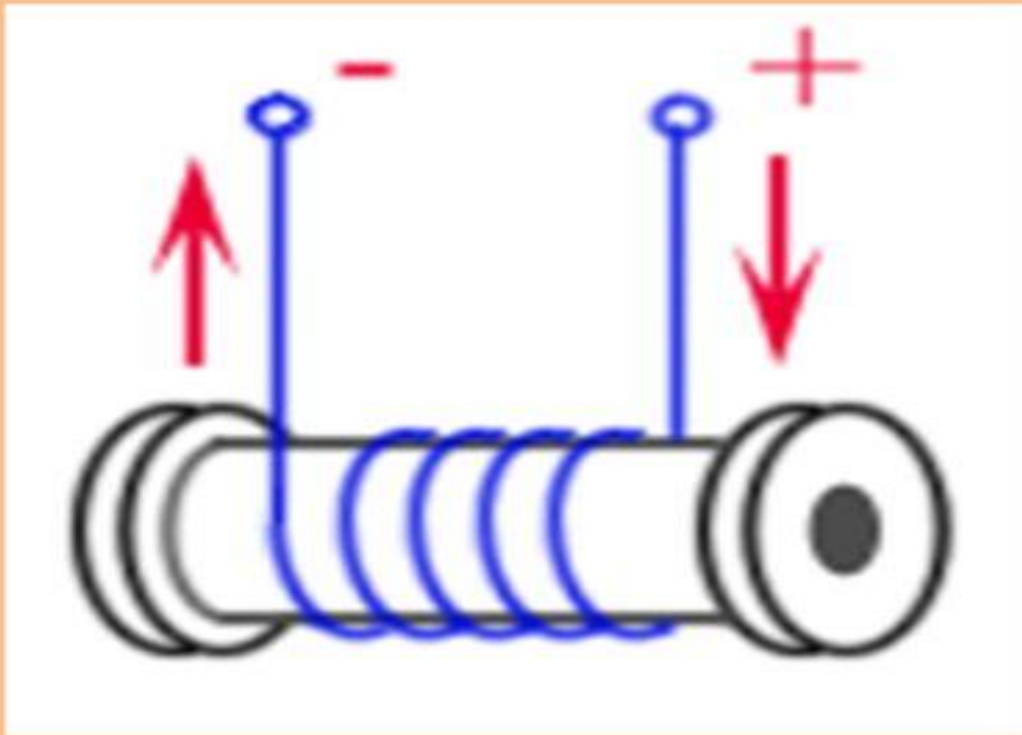
10. На рисунке изображена рамка, подключенная к источнику тока, и точки A , B , C , лежащие в плоскости рамки.



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.

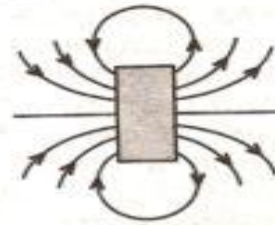
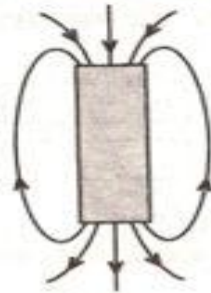
11. Оттолкнется ли катушка, если поднести к ее правому торцу южный полюс магнита?



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

Задание:

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



MyShared