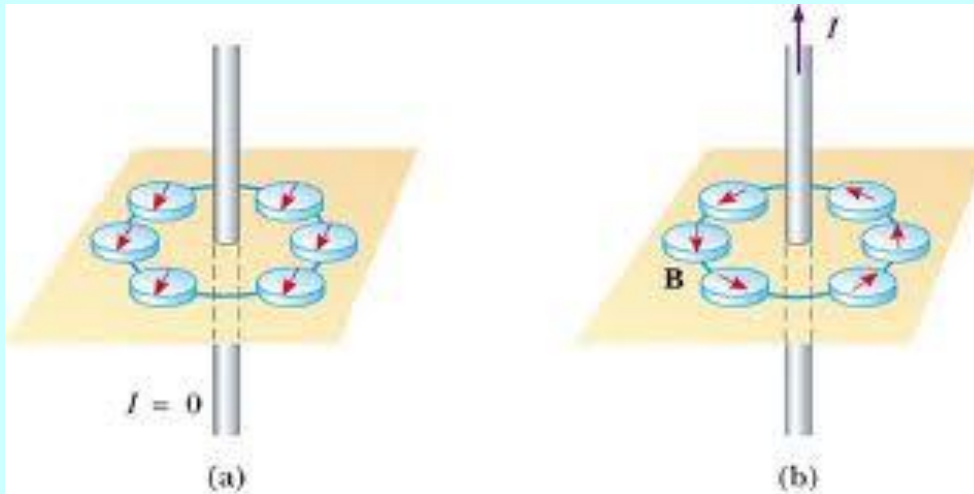
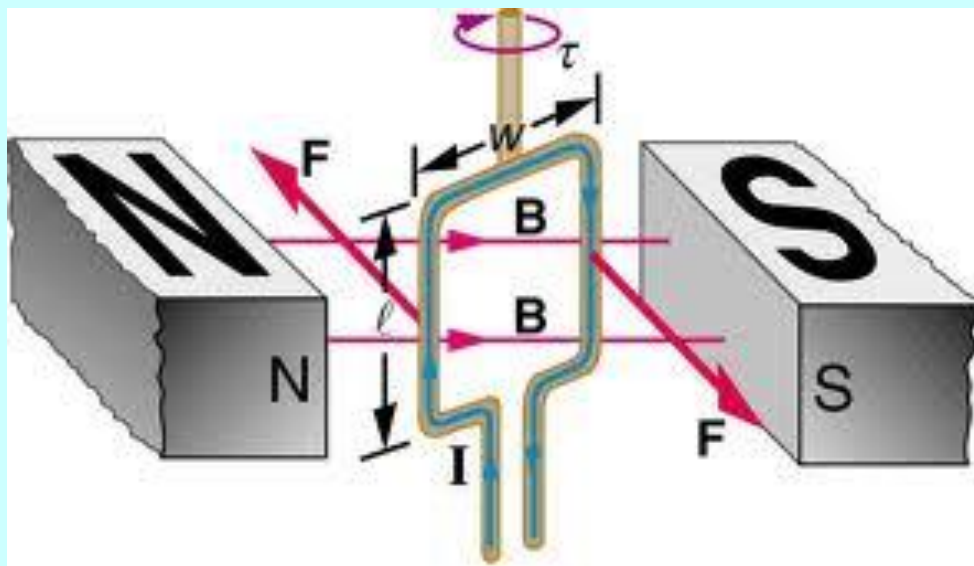


# ***МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ***

# Магнитное поле



Около проводника с током стрелка компаса изменяет свое направление

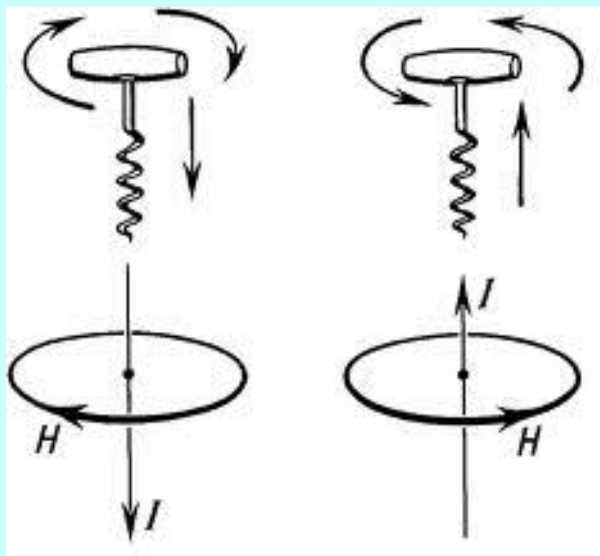


В магнитном поле рамка с током поворачивается

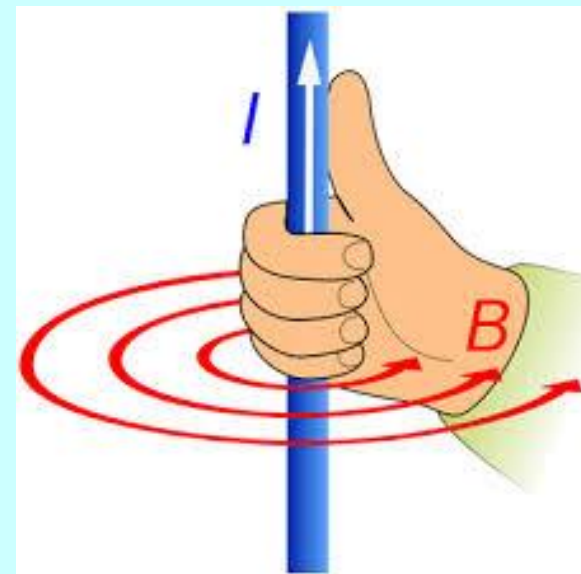
# Законы магнетизма

Выводы из экспериментов:

- 1) Электрический ток (движущийся заряд) создает вокруг себя магнитное поле.
- 2) Магнитное поле проявляется по действию на движущиеся заряды.

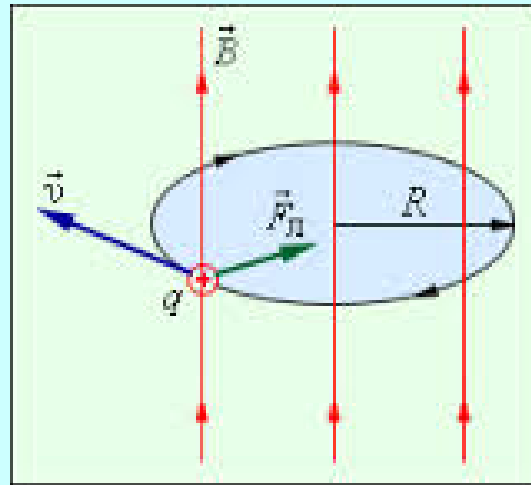


Для определения направления силовых линий магнитного поля используют правило правой руки (**правило буравчика**)



Для описания магнитного поля была введена векторная физическая величина, называемая **магнитной индукцией**.

# Электрический заряд в магнитном поле

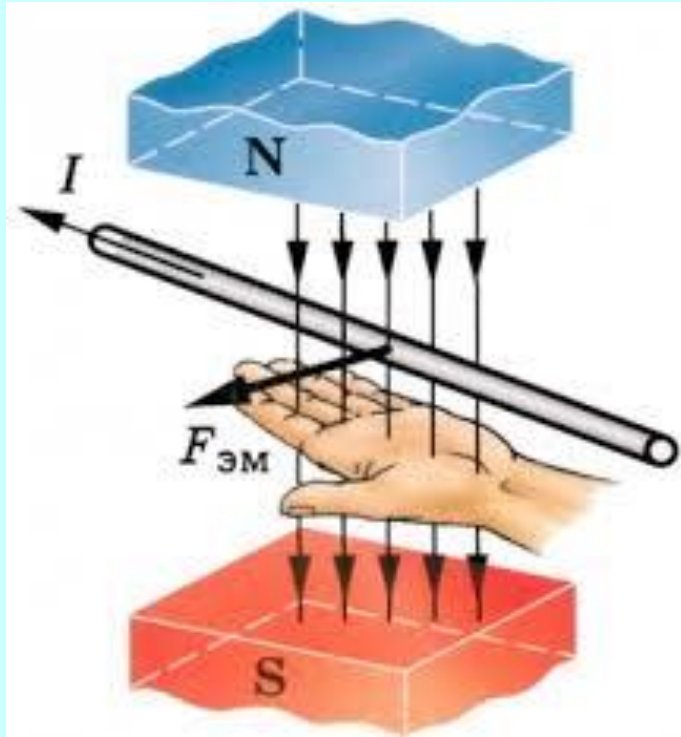


Сила, действующая на движущийся в магнитном поле заряд, называется **силой Лоренца**.

$$F_{\text{л}} = q[\mathbf{v}, \mathbf{B}]$$

$$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha$$

# Проводник с током в магнитном поле



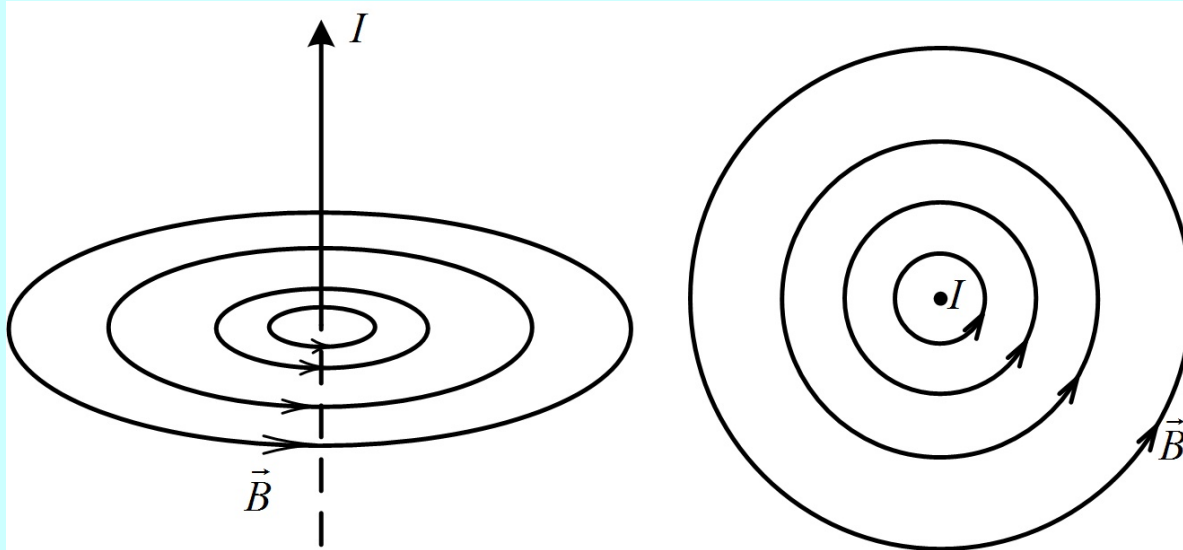
Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, называется **силой Ампера**.

$$F_A = I \cdot l \times B$$

$$F_A = I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Направление сил Ампера и Лоренца определяется правилом **Левой руки**.

# Магнитное поле прямолинейного проводника с током

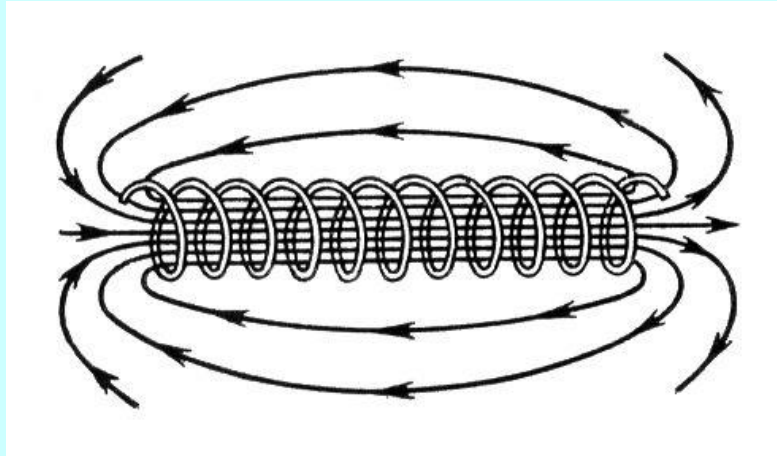


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

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

Магнитная индукция бесконечно длинного проводника с током прямо пропорциональна силе тока в проводнике и обратно пропорциональна расстоянию до оси проводника.

# Магнитное поле соленооида



Соленоид – катушка с намотанным на нее большим количеством витков.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

Индукция магнитного поля соленооида направлена вдоль оси соленооида и пропорциональна числу его витков.

# Магнитные свойства веществ

**Магнетики** – вещества, способные менять свойства внешнего магнитного поля.

**Магнитная проницаемость вещества** – определяется отношением магнитной индукции внутри вещества к индукции внешнего магнитного поля:

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

В зависимости от значения магнитной проницаемости магнетики делятся на три группы:

**Диамагнетики ( $\mu < 1$ ):** Cu, Ag, Au, Hg. Магнитная проницаемость незначительно отличается от единицы.

**Парамагнетики ( $\mu > 1$ ):** Na, Mg, Al, K. Магнитная проницаемость диамагнетиков незначительно превышает единицу.

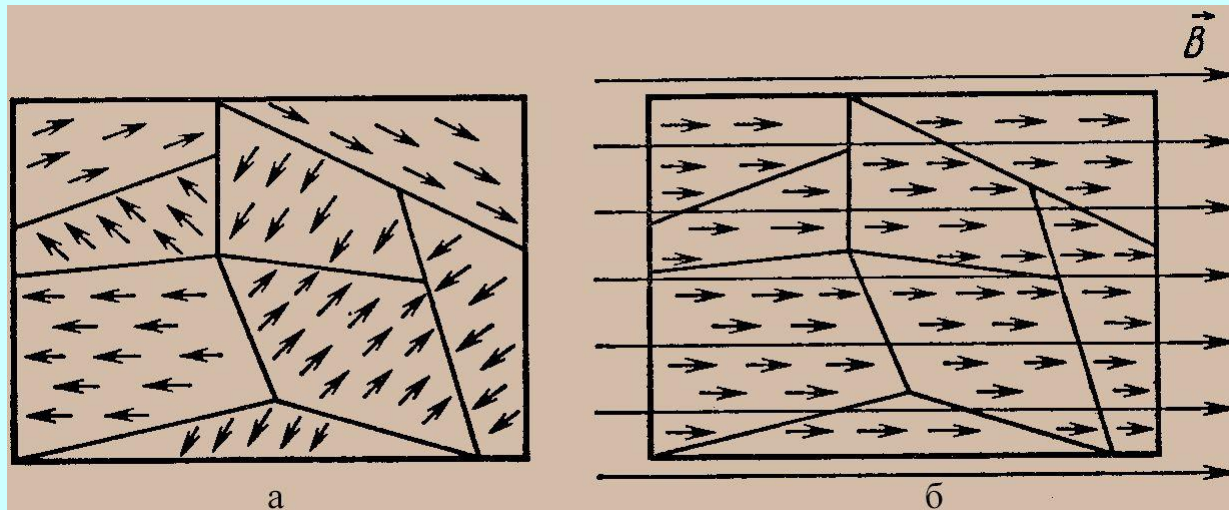
**Ферромагнетики ( $\mu \gg 1$ ):** Fe, Co, Ni, Cd. Эти вещества могут находиться в намагниченном состоянии и без внешнего магнитного поля. При нагревании ферромагнитные свойства исчезают. Температура, при которой это происходит называется **температурой Кюри**. Для железа температура Кюри равна 1043 К.



# Ферромагнетики

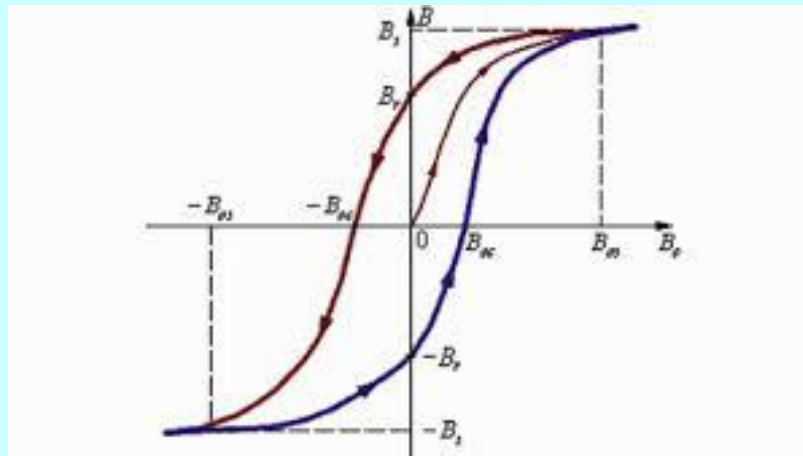
При температуре ниже температуры Кюри ферромагнетики состоят из доменов.

**Домены** – это области самопроизвольного спонтанного намагничивания.  
Размер домена –  $10^{-4}$  –  $10^{-7}$  м.



# Гистерезис. Кривая намагниченности.

**Магнитным гистерезисом** называется явление запаздывания изменения магнитной индукции в ферромагнетике относительно магнитной индукции внешнего поля.



Значение магнитной индукции внешнего поля, необходимое для полного размагничивания вещества, называется **коэрцитивной силой**.

# Закон электромагнитной индукции



направление индукционного тока

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$$

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

# Уравнения Максвелла

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{\text{div}}E = 4\pi \rho, \quad \vec{\text{rot}}E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}, \\ \vec{\text{div}}B = 0, \quad \vec{\text{rot}}B = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \end{array} \right.$$

Из уравнений Максвелла следует, что скорость распространения электромагнитных волн в вакууме равна:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$