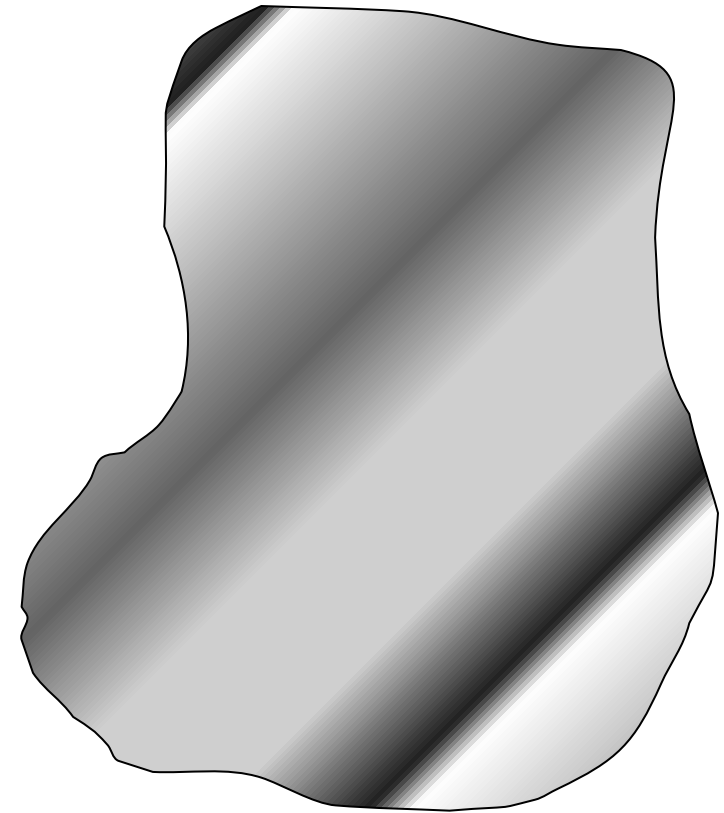


III. Магнитное поле



Слово «магнит»
произошло от
названия города
Магнессии (теперь
это город Маниса в
Турции).

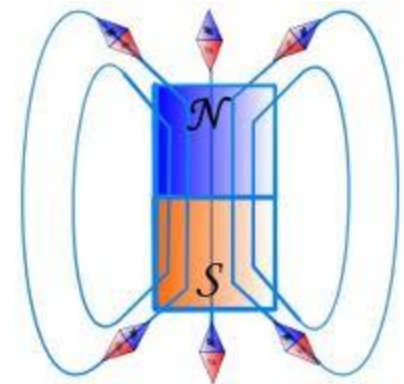


«камень Геркулеса». «любящий камень»,
«мудрое железо», и «царственный камень»

1

Магнитное поле

это особый вид материи, невидимый и неосязаемый для человека, существующий независимо от нашего сознания. Еще в древности ученые-мыслители догадывались, что вокруг магнита что-то существует.

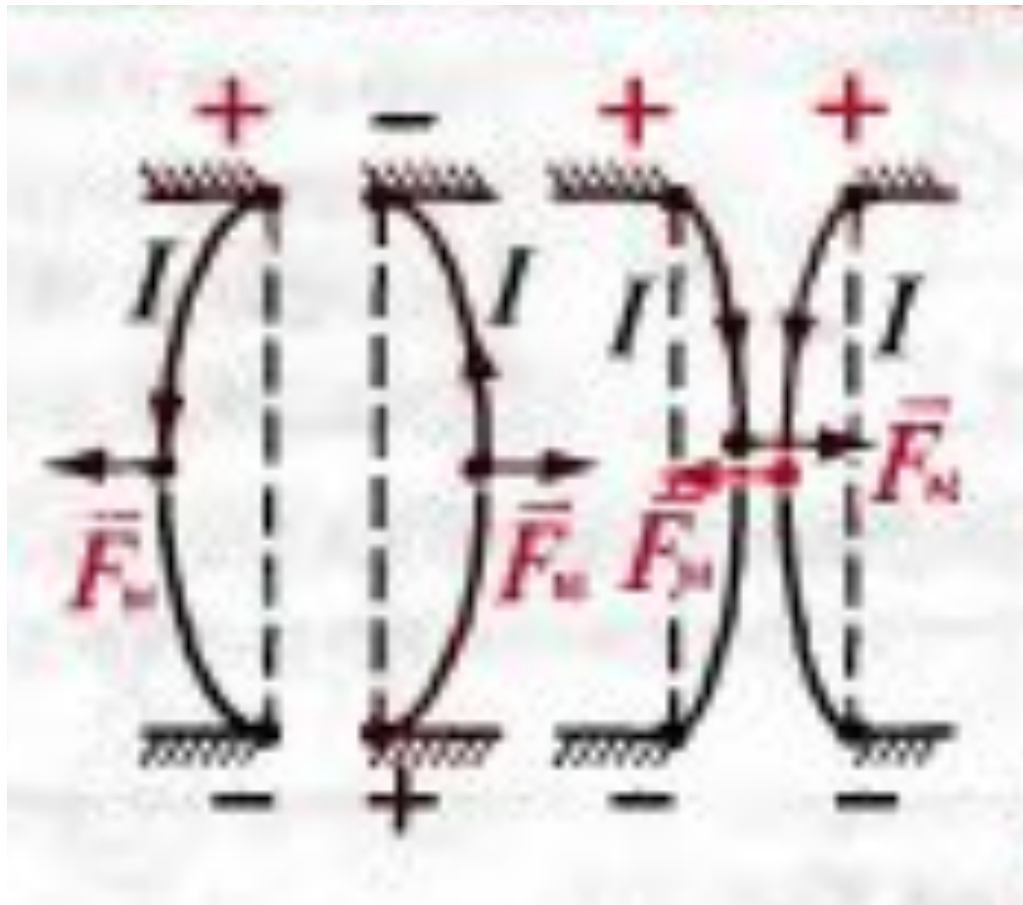


1) Магнитное поле

- силовое поле в пространстве, окружающем электрические токи и постоянные магниты
- создаётся движущимися зарядами!
- действует на движущиеся заряды!

2) Магнитные взаимодействия

- это взаимодействия между проводниками с электрическим током



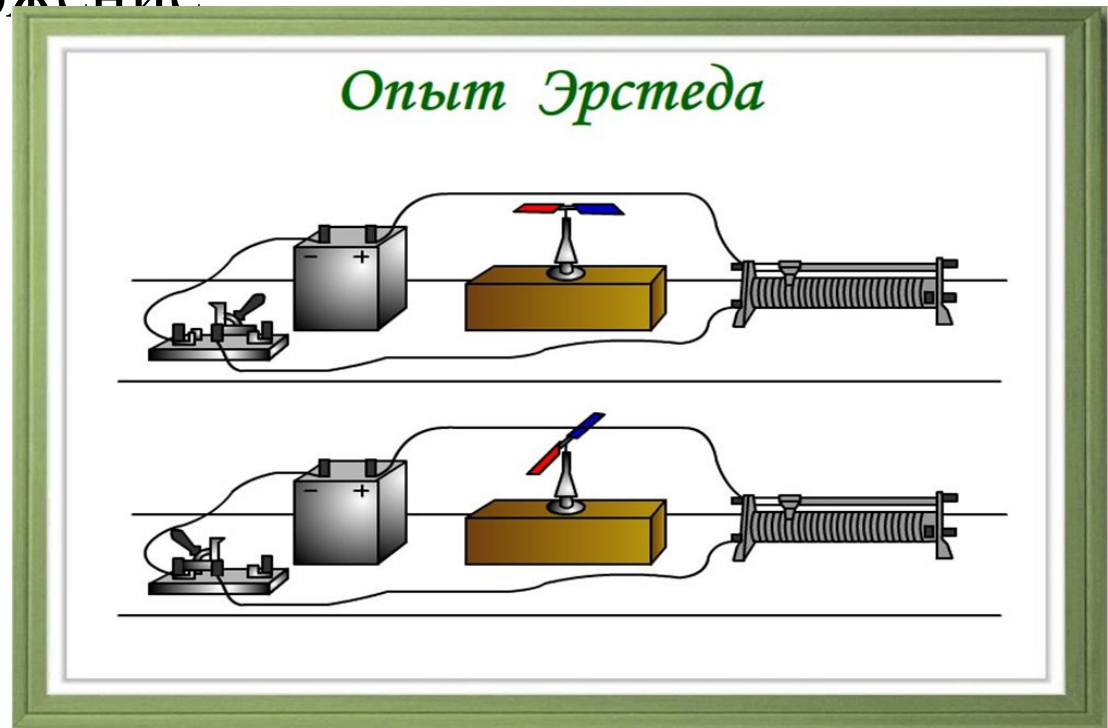
Магнитные силы- это силы, с которыми проводники действуют друг на друга

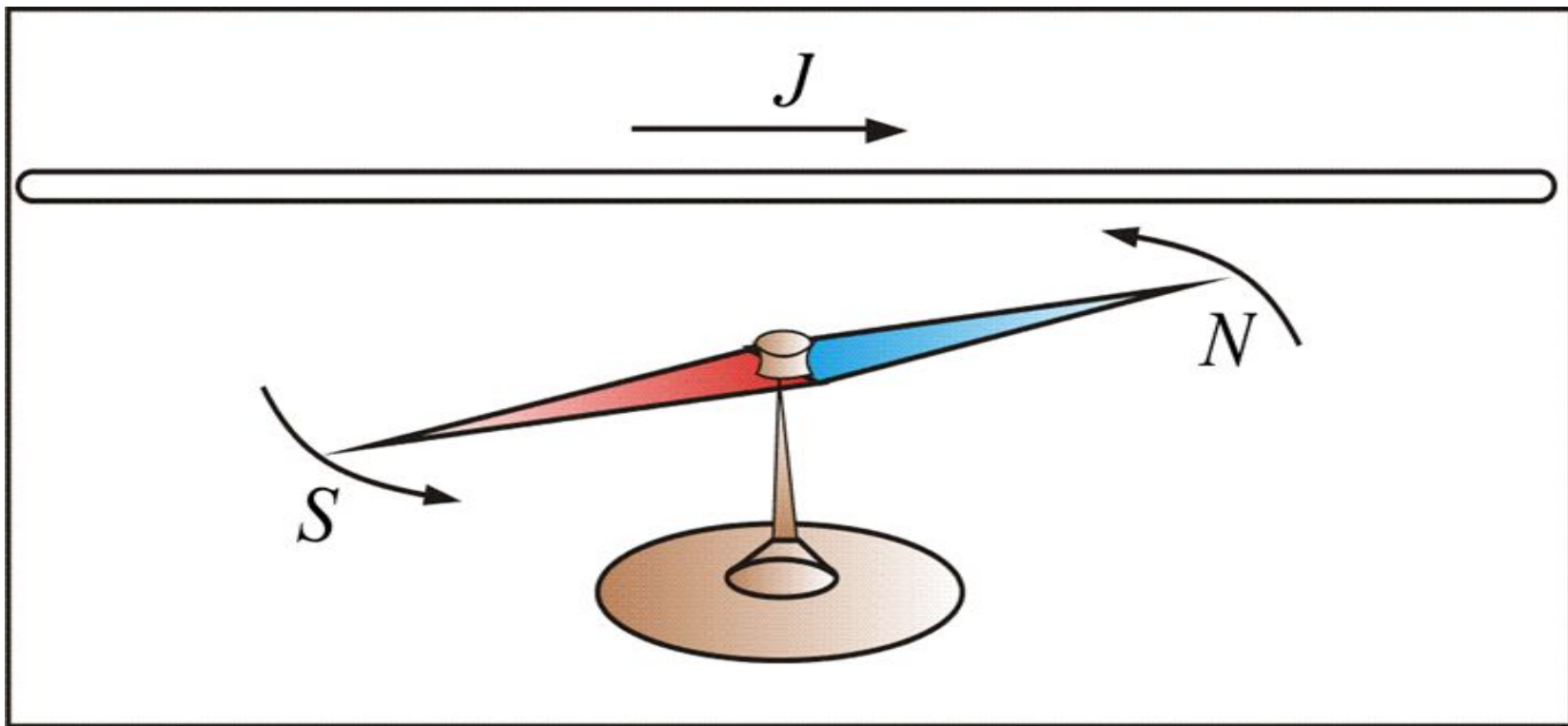
Опыт Эрстеда (1820г.)

показывает, как взаимодействует проводник с током и магнитная стрелка. При замыкании электрической цепи магнитная стрелка **отклоняется** от своего первоначального положения, при размыкании цепи магнитная стрелка возвращается в свое первоначальное положение.



Профессор Г.Х. Эрстед
(Дания) при проведении
опыта





Магнитная стрелка ориентируется около проводника. Вокруг проводника с током существует магнитное поле



Магнитная стрелка

Это устройство, необходимое при изучении магнитного действия электрического тока. Она представляет из себя маленький магнит, установленный на острие иглы, имеет два полюса: северный и южный. Магнитная стрелка может свободно вращаться на кончике иглы. Северный конец магнитной стрелки всегда показывает на "север".

3) Вектор магнитной индукции

- это векторная физическая величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля

Обозначение - B

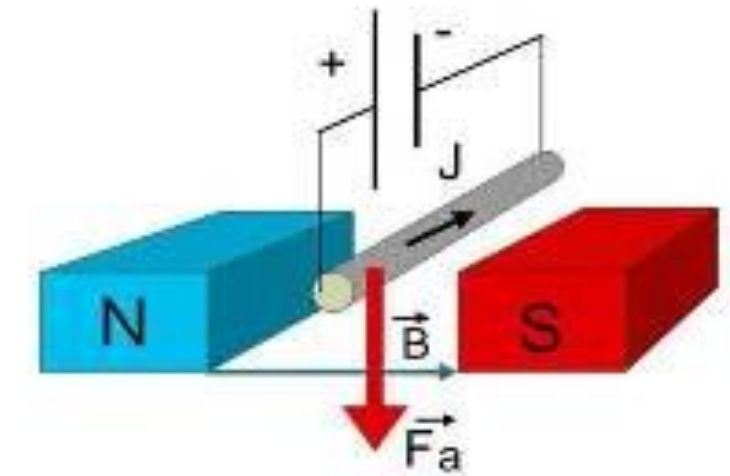
Единица измерения - 1Тл (Тесла)

$$B = \frac{M}{IS}$$

M -вращающий момент

I - сила тока

S – площадь рамки



Задачи

1. Максимальный вращающий момент, действующий на рамку площадью 1 см^2 , находящуюся в магнитном поле, равен $2 \text{ мкН}\cdot\text{м}$. Сила тока в рамке $0,5 \text{ А}$. Найти индукцию магнитного поля.

2. Рамка площадью 400 см^2 помещена в однородное магнитное поле индукцией $0,1 \text{ Тл}$ так, что нормаль к рамке перпендикулярна линиям индукции. При какой силе тока на рамку будет действовать вращающий момент $20 \text{ мН}\cdot\text{м}$

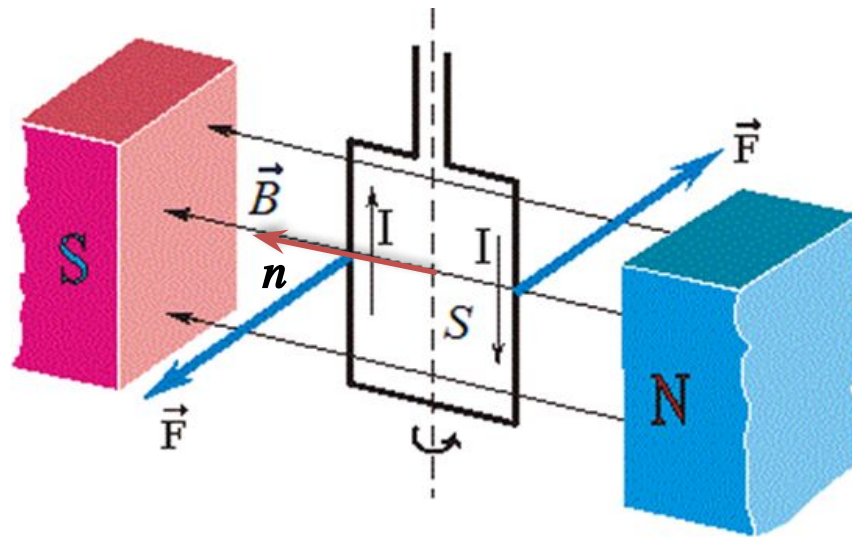
3. Плоская прямоугольная катушка из 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2А ?

4. Из проволоки длиной 8 см сделаны контуры: а) квадратный; б) круговой. Найти максимальный вращающий момент, действующий на каждый контур, помещённый в магнитное поле индукцией 0,2 Тл при силе тока в контуре 4 А.

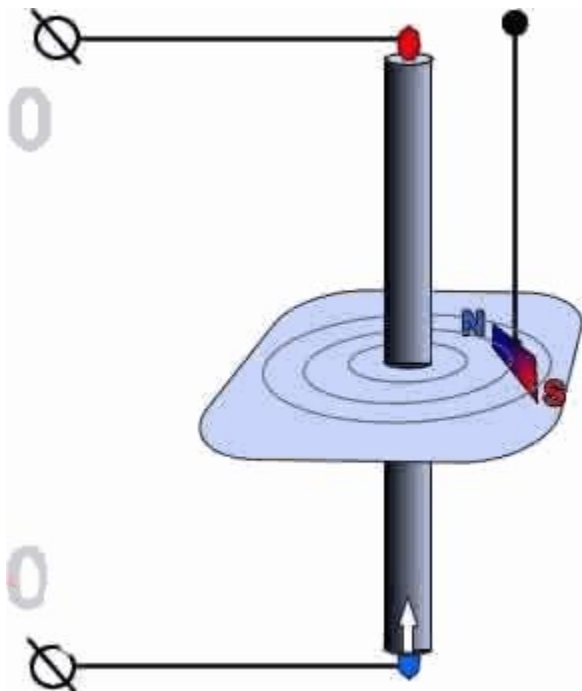
Направление вектора магнитной индукции

Направление вектора \vec{B} совпадает:

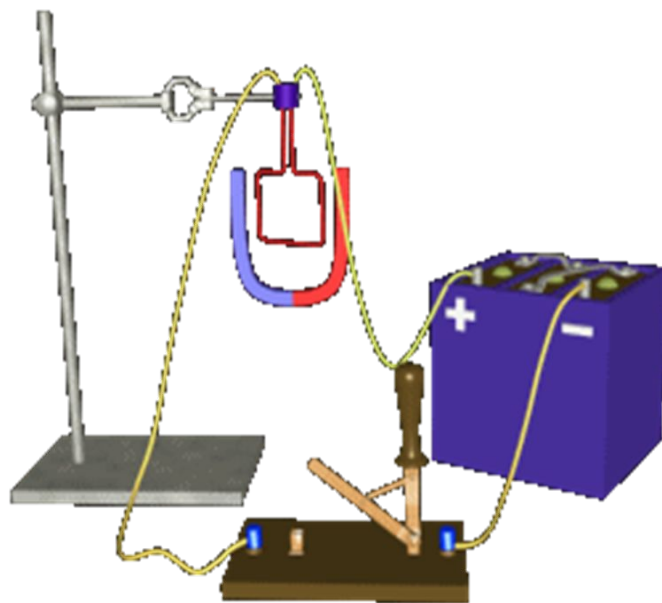
- а) с направлением северного (**N**) конца магнитной стрелки, ориентированной в магнитном поле
- б) с направлением нормали n к рамке с током в соответствии с **правилом буравчика**



Правило буравчика



Ориентирующее действие рамки



4) Принцип суперпозиции

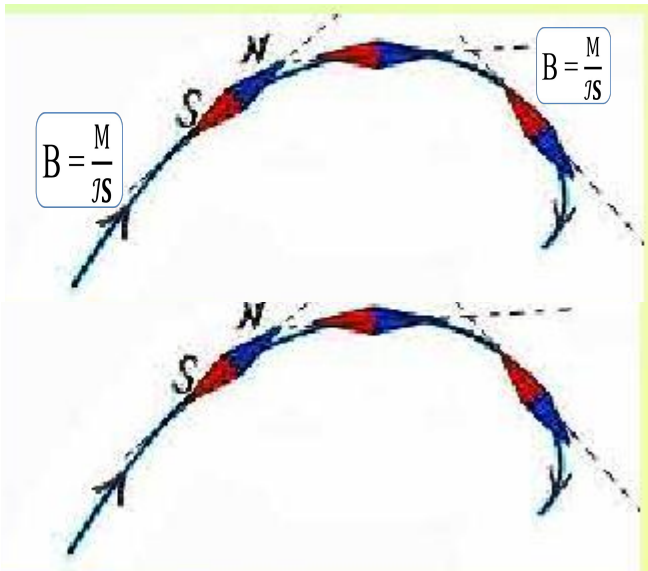
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

\vec{B} - вектор магнитной индукции
резльтирующего магнитного поля

$\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots, \vec{B}_n$ - вектор магнитных индукций
всех магнитных полей

2 Графическое изображение магнитных полей

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{I}S}$$



$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{I}S}$$

③ Магнитный поток

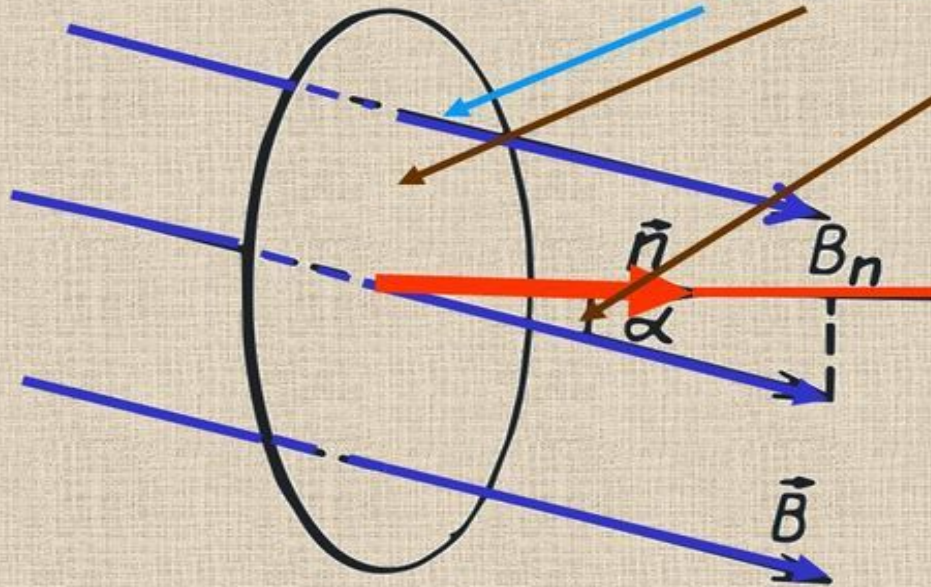
- скалярная физическая величина, определяющая число линий магнитной индукции, проходящих нормально (перпендикулярно) на данную площадь пространства

Обозначение - Φ

Единица измерения – 1 Вб (Вебер)

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha$$



$$\vec{B} = \frac{\vec{M}}{IS}$$

\vec{n} — нормаль к поверхности (вектор, модуль которого равен единице)

Задачи.

1. Магнитный поток внутри контура, площадь поперечного сечения которого 60 см^2 , равен $0,3 \text{ мВб}$. Найти индукцию поля внутри контура.

2. Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см^2 при индукции поля $0,4 \text{ Тл}$, если эта поверхность:

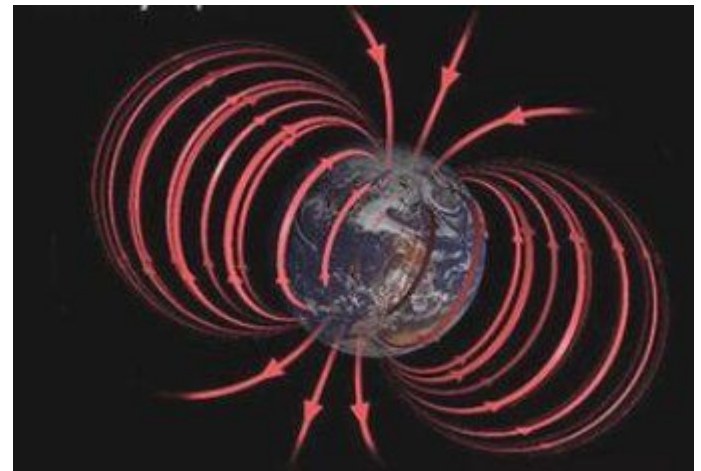
а) перпендикулярна вектору индукции поля;

б) расположена под углом 45° к вектору индукции;

в) расположена под углом 30° к вектору индукции?

④ Энергетическая характеристика поля

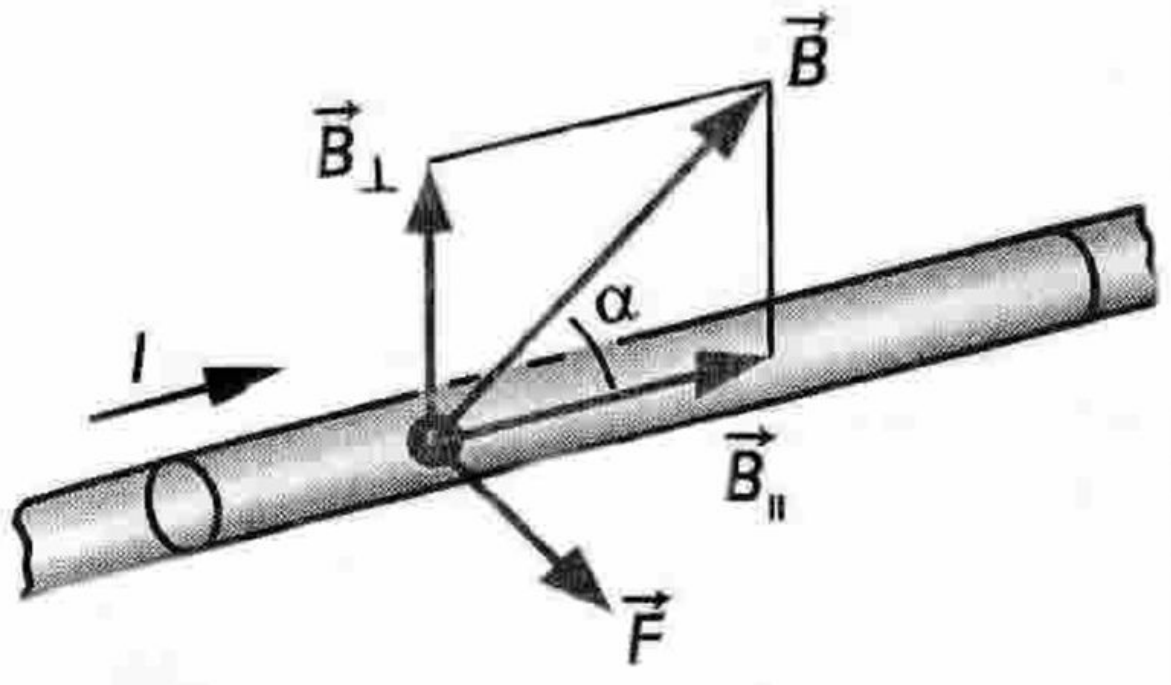
Работа по замкнутому контуру не равна нулю. Значит, магнитное поле не потенциально (не связано с частицами вещества)



5

Магнитные силы

$$B = \frac{M}{\mu_0}$$



$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{J}S}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{J}S}$$

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

- 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

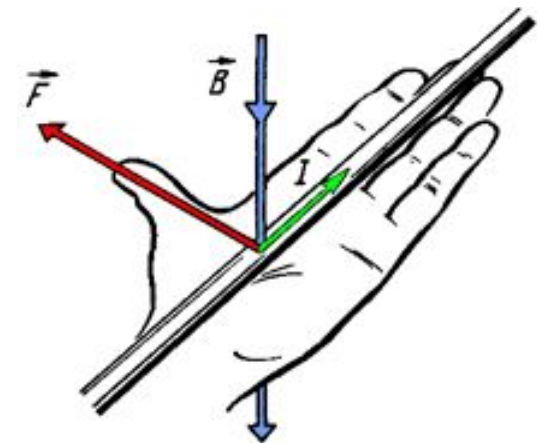
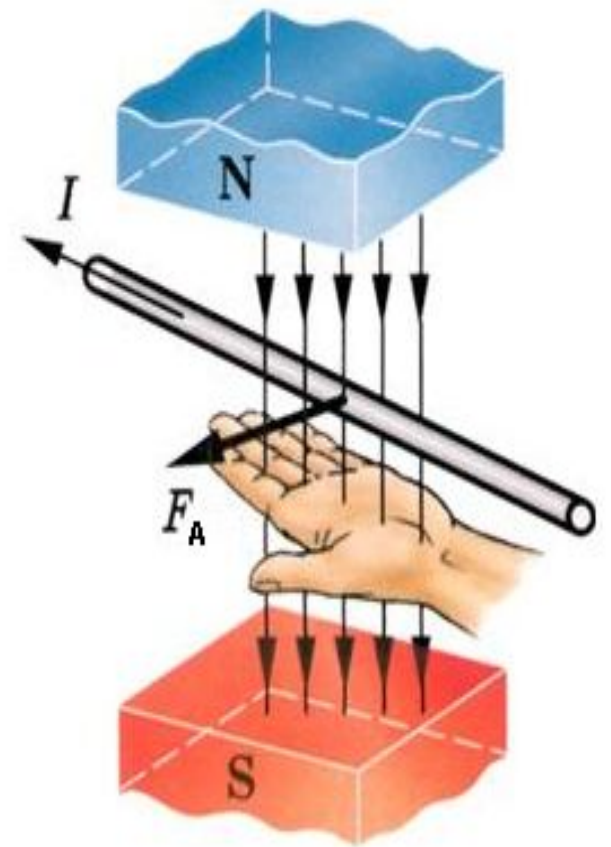
$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{J}\mathbf{S}}$$

3. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно вектору индукции магнитного поля.

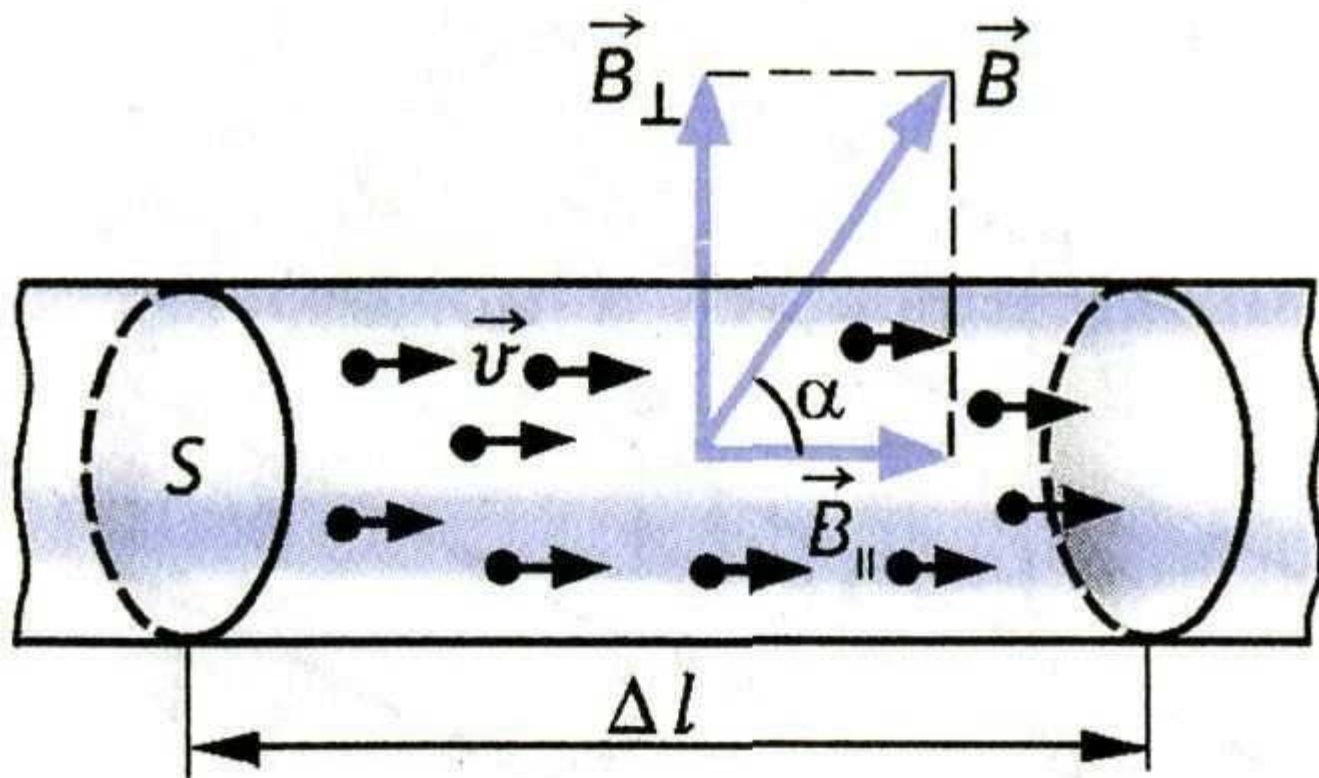
4. С какой силой действует магнитное поле индукцией 10 мТл на проводник, в котором сила тока 50 А, если длина активной части проводника 0,1 м? Линии индукции поля и ток взаимно перпендикулярны.

Направление силы Ампера

определяется по **правилу левой руки**: если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции \vec{B} входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника с током, то есть силы Ампера.



$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{\mathcal{J}S}$$



Сила Лоренца определяется соотношением:

$$\mathbf{F}_л = q \cdot \mathbf{V} \cdot \mathbf{B} \cdot \sin\alpha$$

q - величина движущегося заряда (Кл);

V - скорость заряда (м/с);

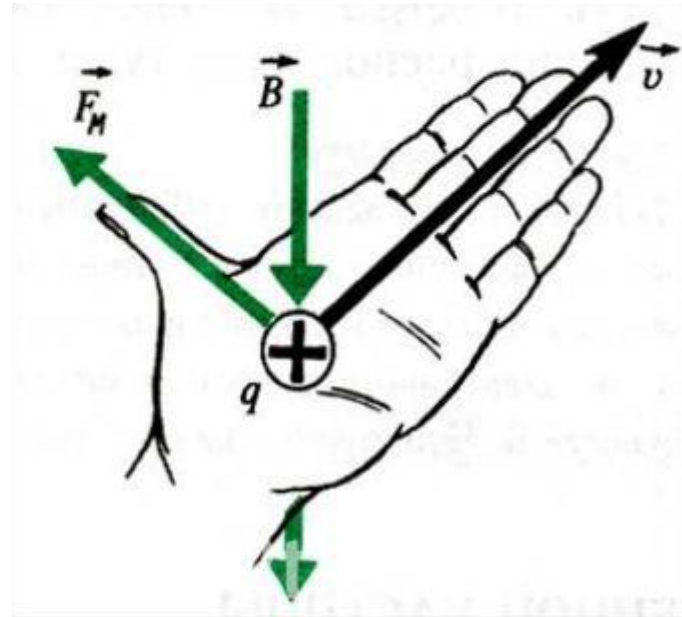
B - модуль вектора индукции магнитного поля (Тл);

α - угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции.

$$\left[\mathbf{B} = \frac{\mathbf{M}}{r\epsilon} \right]$$

1. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 10 Мм/с в магнитном поле индукцией $0,2 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции?
2. В направлении, перпендикулярном линиям индукции влетает в магнитное поле электрон со скоростью 10 Мм/с . Найти индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см .
3. Протон в магнитном поле индукцией $0,01 \text{ Тл}$ описал окружность радиусом 10 см . Найти скорость проводника.
4. В однородное магнитное поле индукцией $B=10 \text{ мТл}$ перпендикулярно линиям индукцией вылетает электрон с кинетической энергией $W_k = 30 \text{ кэВ}$. Каков радиус кривизны траектории движения электрона в поле?

Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки: если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции B , перпендикулярная скорости заряда, **входила в ладонь**, а четыре пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца (F_L).



6

Движение заряженных частиц в магнитном поле

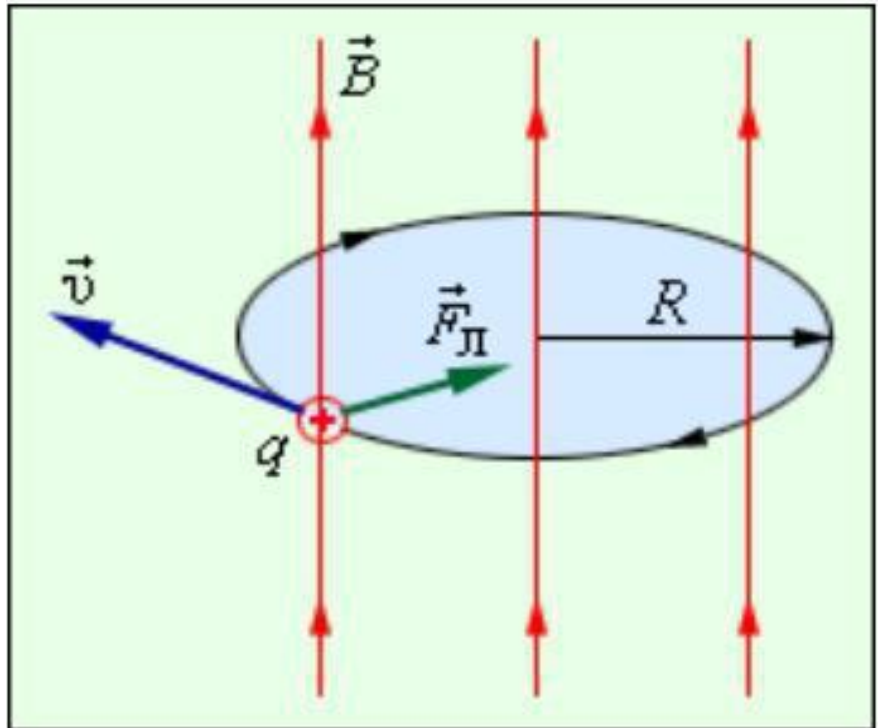
$$a = \frac{F}{m} = \frac{qBv}{m}$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{qBv}{m} = \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

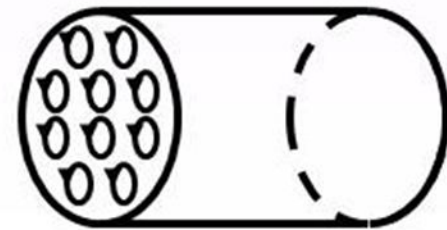
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$



Круговое движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.

7 Магнитные свойства вещества

Гипотеза Ампера - магнитные свойства тела можно объяснить циркулирующими внутри него токами.



К ферромагнитным материалам относят железо, кобальт, никель и их сплавы. Они обладают высокой магнитной проницаемостью, в тысячи и даже десятки тысяч раз большей магнитной проницаемости неферромагнитных веществ, и хорошо притягиваются к магнитам и электромагнитам.

К парамагнитным материалам относят алюминий, олово, хром, марганец, платину, вольфрам, растворы солей железа и др. Относительная магнитная проницаемость у них несколько больше единицы. Парамагнитные материалы притягиваются к магнитам и электромагнитам в тысячи раз слабее, чем ферромагнитные материалы.

Диамagnetные материалы к магнитам не притягиваются, а, наоборот, отталкиваются. К ним относят медь, серебро, золото, свинец, цинк, смолу, воду, большую часть газов, воздух и пр. Относительная магнитная проницаемость у них несколько меньше единицы.

Физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в одной среде больше или меньше индукции магнитного поля в вакууме, называется магнитной проницаемостью μ .

$$\mu = B/B_0$$