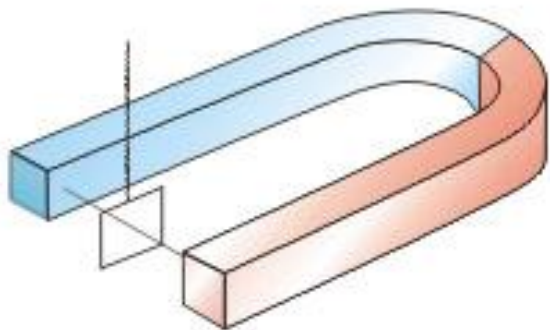


## Раздел 8

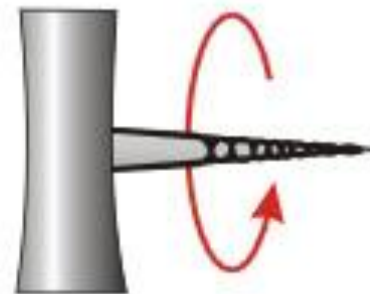
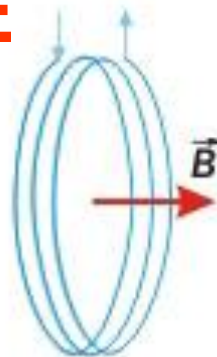
- 8.1. Индукция магнитного поля
- 8.2. Силовые линии магнитного поля
- 8.3. Сила Лоренца
- 8.4. Теорема Гаусса для магнитного поля



## Раздел 8

# МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

# В ВАКУУМЕ



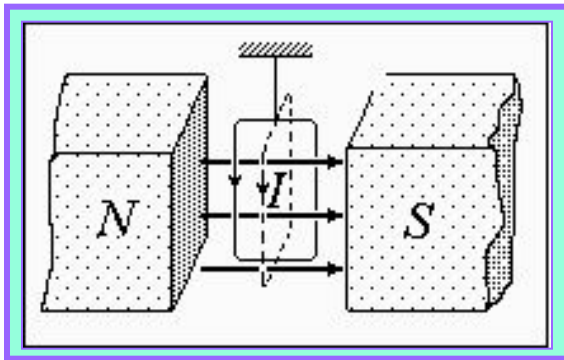
# 8.1. Индукция магнитного поля



**Магнитным полем** называют вид материи, посредством которой осуществляется силовое воздействие на движущиеся электрические заряды, помещенные в поле, и другие тела, обладающие магнитным моментом. Магнитное поле является одной из форм проявления электромагнитного поля.

Пробная рамка - это замкнутый плоский контур с маленьким током, размеры которого малы по сравнению с расстоянием до источников магнитного поля.

$\vec{B}$  - силовая характеристика магнитного поля (*вектор магнитной индукции*).

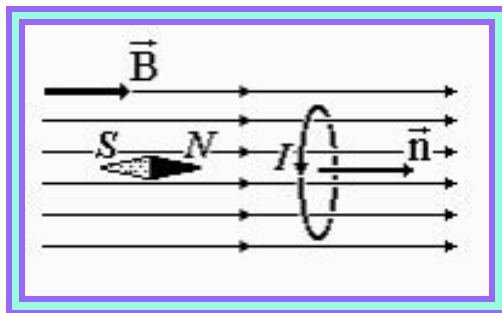


Вектор магнитной индукции определим как вектор, численно равный:

$$B = M_{\max} / IS,$$

$M_{\max}$  – максимальное значение вращающего момента, действующего на рамку со стороны магнитного поля;  $I$  – сила тока, протекающего по рамке;  $S$  – площадь рамки.

За направление  $\vec{B}$  поля принимается направление нормали рамки, когда она находится в положении устойчивого равновесия или направление северного полюса магнитной стрелки.



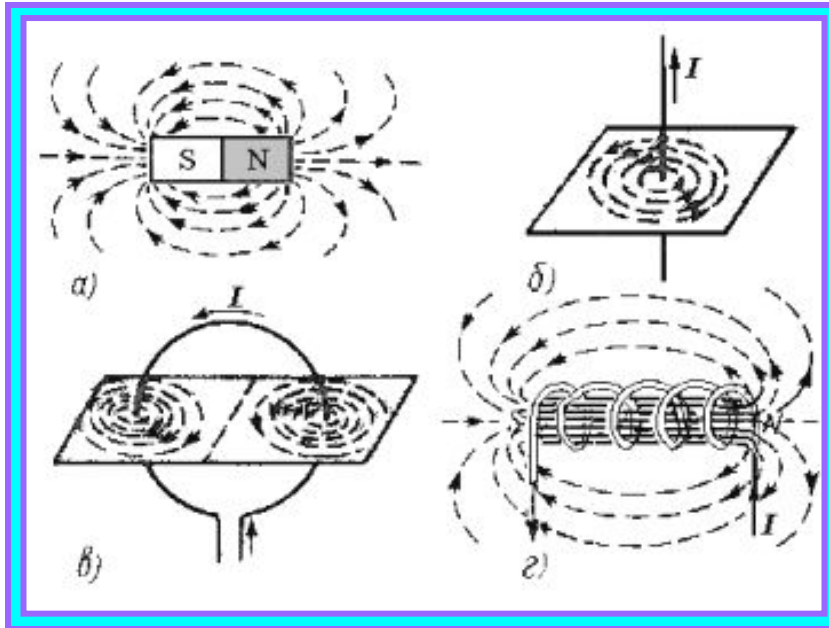
$\vec{n}$  - единичный вектор, перпендикулярный к плоскости рамки и связанный с направлением тока  $I$  в рамке правилом буравчика.

**Единица измерения в СИ:** Тесла (Тл).

Рис. 3.2.

## 8.2. Силовые линии магнитного поля

Силовые линии проводят так, чтобы касательная к ним в каждой точке совпадала с направлением вектора  $\vec{B}$ , а густота линий, была бы пропорциональна модулю вектора  $\vec{B}$ .



Магнитные силовые  
линии:  
а) постоянного магнита;  
б) прямого провода;  
в) проволочного витка;  
г) катушки с током.



# Принцип суперпозиции

Магнитное поле, создаваемое несколькими движущимися зарядами (или токами), равно векторной сумме магнитных полей, создаваемых каждым зарядом (или током) в отдельности:

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

Бесконечно малый отрезок проводника, по которому проходит ток, принято называть элементом тока.

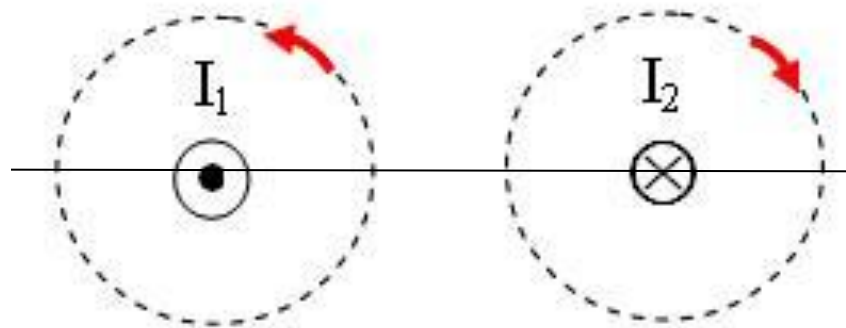
$$\vec{B} = \int d\vec{B},$$

$\vec{B}$  — магнитная индукция проводника,  
 $d\vec{B}$  — магнитная индукция отдельного элемента тока.

# Магнитное поле прямого тока:

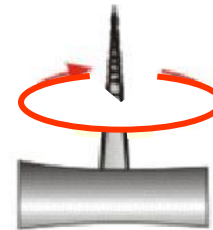
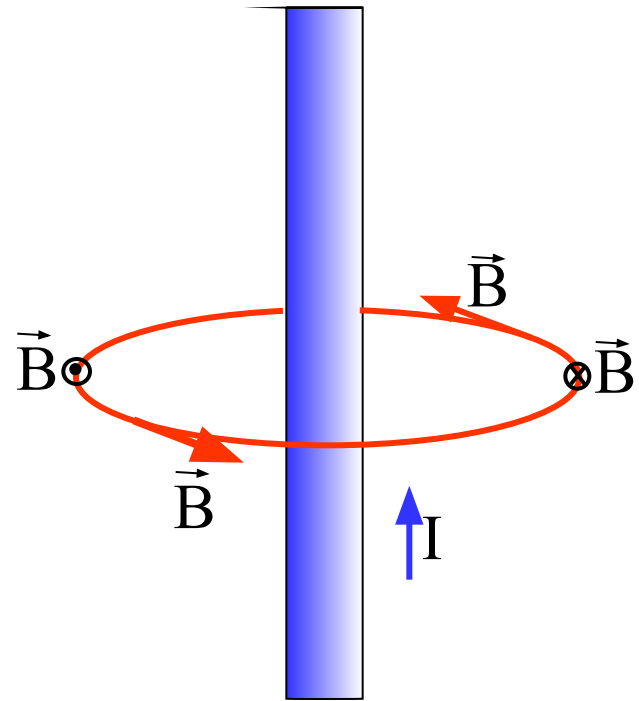
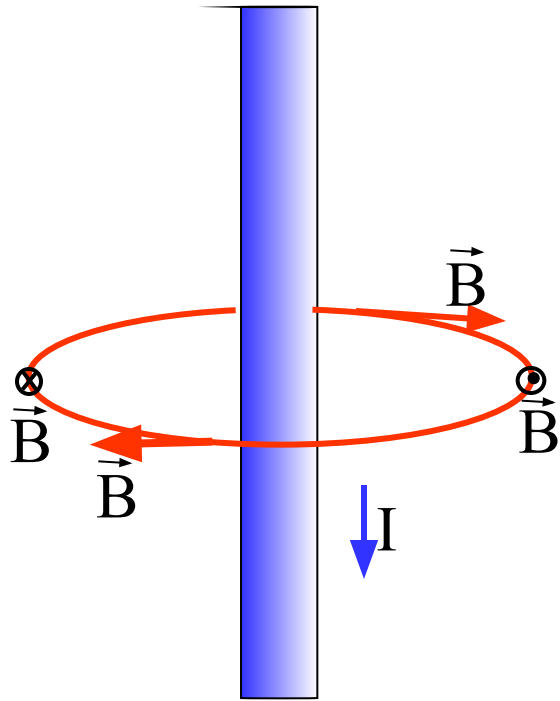
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{b},$$

$\mu_0$  - магнитная постоянная,  $b$  – расстояние от провода с током до точки наблюдения,





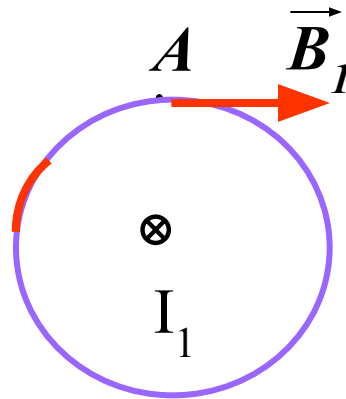
# Магнитное поле прямого тока



## Тестовое задание №1

Магнитное поле создано параллельным длинным проводником с током  $I_1$ , расположенным перпендикулярно плоскости чертежа. Укажите направление вектора магнитной индукции поля в точке  $A$ .

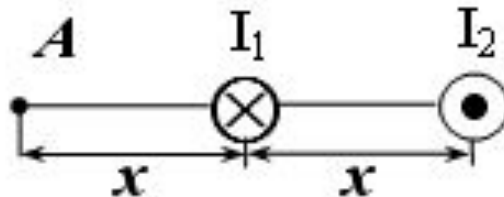
Варианты ответов: влево, вверх, вниз, вправо.

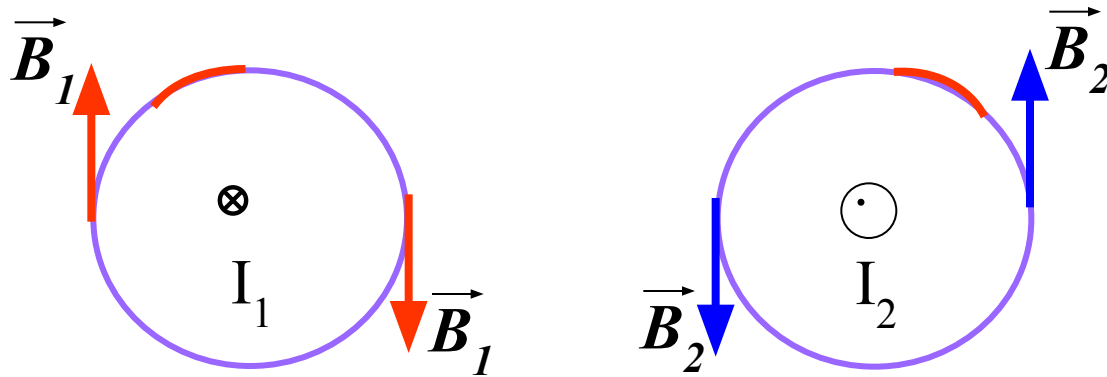
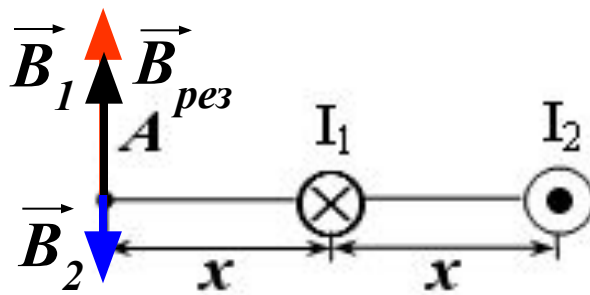


## Тестовое задание №2

Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Если  $I_1 = 2I_2$ , то вектор магнитной индукции  $B$  результирующего поля в точке  $A$  направлен ...

Варианты ответов: влево, вверх, вниз, вправо.

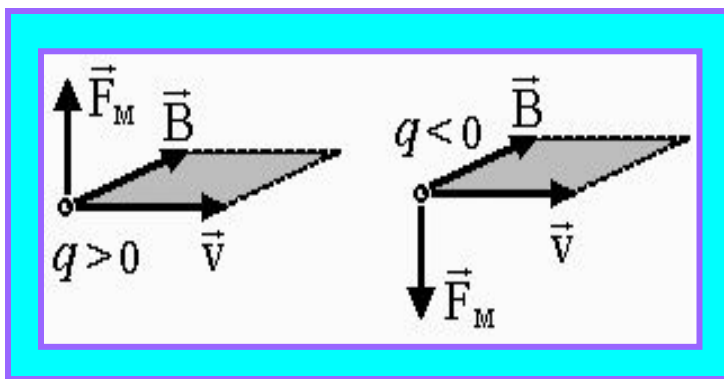




$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi b}, \quad \Rightarrow \quad B \sim \frac{I}{b}$$

В точке А:  $B_1 \sim \frac{I_1}{x} = \frac{2I_2}{x}, \quad B_2 \sim \frac{I_2}{2x}, \quad \Rightarrow \quad B_1 > B_2$

## 8.3. Сила Лоренца



$$F = qvB\sin\alpha,$$

$\alpha$  - угол между векторами скорости и индукции.

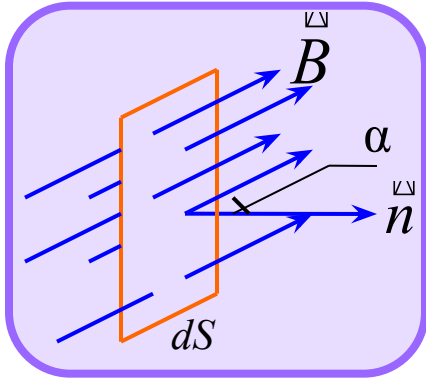
$$\vec{F} = q[\vec{v}, \vec{B}]$$

$\vec{F}$  - сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.

!  $\vec{F}$  - всегда направлена  $\perp \vec{v}$  и  $\vec{B}$ , и образует с ними правую тройку векторов (при  $q > 0$ ).



## 8.4. Теорема Гаусса для магнитного поля



*Поток  $d\Phi$  вектора  $\vec{B}$  сквозь элементарную площадку  $dS$  равен числу силовых линий, пронизывающих площадку, нормаль  $\vec{n}$  которой составляет угол  $\alpha$  с вектором  $\vec{B}$ :*

$$d\Phi = B dS \cos \alpha = B dS,$$

Поток магнитной индукции через некоторую поверхность  $S$ :

$$\Phi_m = \int_S B dS.$$

**Единица измерения в СИ:** Вебер (Вб).  $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$ .

## Два важнейших свойства магнитного поля:

□ Поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен нулю (теорема Гаусса для магнитного поля).

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0.$$

интегральная форма

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

дифференциальная форма

□ Циркуляция вектора  $\vec{B}$  по произвольному контуру  $\Gamma$  равна произведению  $\mu_0$  на алгебраическую сумму токов, охватываемых контуром  $\Gamma$  (теорема о циркуляции вектора  $\vec{B}$ ).

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I.$$

# Свойства электрического и магнитного магнитного полей в вакууме



# Магнитное поле Земли

