

### Магнитные силы.

① **Сила Ампера** -  $F_A$  - сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током.

Из опыта (Ампер, 1820):

сила Ампера равна произведению силы тока, модуля вектора магнитной индукции, длины отрезка проводника, находящегося в магнитном поле, и синуса угла между направлениями тока и магнитной индукцией.

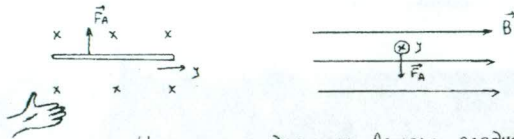
$$F_A = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha, \text{ где } I - \text{сила тока (А); } l - \text{длина проводника (м);}$$

$$B - \text{индукция магнитного поля (Тл);}$$

$$F_A - \text{сила Ампера (Н);}$$

$$\alpha = \vec{B} \wedge \vec{I} - \text{угол между направлениями индукции и тока в проводнике.}$$

Направление силы Ампера определяется по **правилу левой руки**: если левую руку расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление тока в проводнике, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на  $90^\circ$  (в плоскости ладони) большой палец укажет направление силы Ампера.



Из формулы для силы Ампера следует определение:

**Модуль вектора магнитной индукции** -  $B$  - физическая величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля и равная отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на отрезок проводника с током, к произведению силы тока на длину проводника.

$$B = \frac{F_{\max}}{I \cdot l}; \quad [B] = \frac{H}{A \cdot m} = T_n \text{ (Тесла)}$$

② **Сила Лоренца** -  $F_L$  - сила, с которой магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу.

Значение силы Лоренца вычисляется по формуле:

$$F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha, \text{ где } F_L - \text{сила Лоренца (Н); } v - \text{скорость частицы (м/с);}$$

$$q - \text{модуль электрического заряда частицы (Кл);}$$

$$B - \text{индукция магнитного поля (Тл);}$$

$$\alpha = \vec{v} \wedge \vec{B} - \text{угол между направлениями скорости } \vec{v} \text{ и индукции магнитного поля } \vec{B}.$$

Доказательство:

$$F_L = \frac{F_A}{N}; \quad F_A = I B l \sin \alpha$$

$$F_L = \frac{I B l \sin \alpha}{N} = \frac{q \cdot v}{l} \cdot \frac{B l \sin \alpha}{N} = \frac{q \cdot v}{N} \cdot \frac{B l \sin \alpha}{l} = q v B \sin \alpha.$$

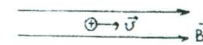
Направление силы Лоренца определяется по **правилу левой руки**: если для положительно заряженной частицы левую руку расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец укажет направление силы Лоренца.

Для отрицательно заряженной частицы, направление  $F_L$  меняем на противоположное.

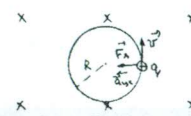


Различные случаи движения заряженных частиц в магнитном поле.

1) Если  $\vec{v} \parallel \vec{B}$ , то частица движется равномерно вдоль линии магнитной индукции, т.к.  $F_L = 0$ .



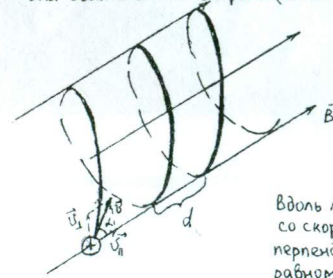
2) Если  $\vec{v} \perp \vec{B}$ , то частица движется равномерно по окружности радиуса  $R$ .



$F_L$  сообщает частице центростремительное ускорение.  
По II з. Ньютона:  $m a_{цс} = F_L$ ;  $a_{цс} = \frac{v^2}{R}$

Период обращения равен:  $T = \frac{2\pi R}{v}$  (не зависит в итоге от скорости).

3) Если частица влетает под углом в однородное магнитное поле, то она движется по спирали (винтовой линии).



$d$  - шаг винтовой линии

Скорость раскладываем на две составляющие:

$$v_{\parallel} = v \cos \alpha$$

$$v_{\perp} = v \sin \alpha$$

Вдоль линии индукции движение равномерное со скоростью  $v_{\parallel}$ , перпендикулярно линиям индукции - движение равномерное по окружности:

$$m a_{цс} = F_L; \quad a_{цс} = \frac{v_{\perp}^2}{R}$$