

4.2. Сила Лоренца

Сила Ампера, действующая на отрезок проводника длиной Δl с силой тока I , находящийся в магнитном поле B ,

$$F = I B \Delta l \sin \alpha$$

может быть выражена через силы, действующие на отдельные носители заряда.

Пусть концентрация носителей свободного заряда в проводнике есть n , а q – заряд носителя. Тогда произведение $qnvS$, где v – модуль скорости упорядоченного движения носителей по проводнику, а S – площадь поперечного сечения проводника, равно току, текущему по проводнику:

$$I = qnvS.$$

Выражение для силы Ампера можно записать в виде:

$$F = qnS\Delta l v B \sin \alpha.$$

Так как полное число N носителей свободного заряда в проводнике длиной Δl и сечением S равно $nS\Delta l$, то сила, действующая на одну заряженную частицу, равна

$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha.$$

Эту силу называют силой Лоренца. Угол α в этом выражении равен углу между скоростью $\vec{v}$ и вектором магнитной индукции $\vec{B}$.

Направление силы Лоренца, действующей на положительно заряженную частицу, так же, как и направление силы Ампера, может быть найдено по правилу левой

руки или по правилу буравчика. Взаимное расположение векторов $\vec{v}$, $\vec{B}$ и $\vec{F}_{\text{Л}}$ для положительно заряженной частицы показано на рис. 5.

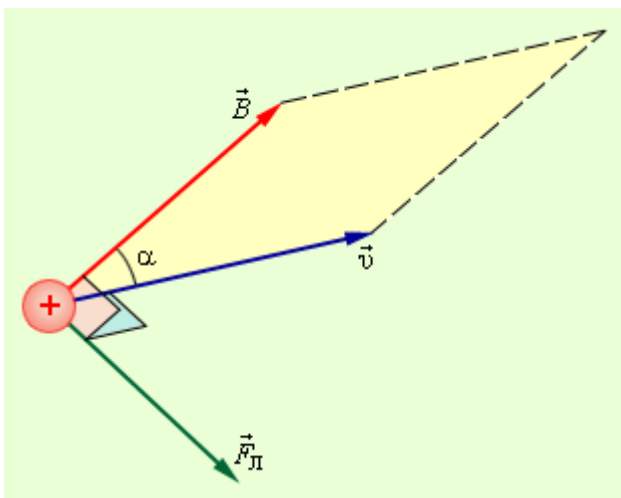


Рисунок 5.

Взаимное расположение векторов $\vec{v}$, $\vec{B}$ и $\vec{F}_{\text{Л}}$. Модуль силы Лоренца $F_{\text{Л}}$ численно равен площади параллелограмма, построенного на векторах $\vec{v}$ и $\vec{B}$, помноженной на заряд q .

Сила Лоренца направлена перпендикулярно векторам $\vec{v}$ и $\vec{B}$.

При движении заряженной частицы в магнитном поле сила Лоренца работы не совершает. Поэтому модуль вектора скорости при движении частицы не изменяется.

Если заряженная частица движется в однородном магнитном поле под действием силы Лоренца, а ее скорость $\vec{v}$ лежит в плоскости, перпендикулярной вектору $\vec{B}$,

то частица будет двигаться по окружности радиуса

$$R = \frac{mv}{qB}.$$

Сила Лоренца в этом случае играет роль центростремительной силы (рис. 4.18.2).

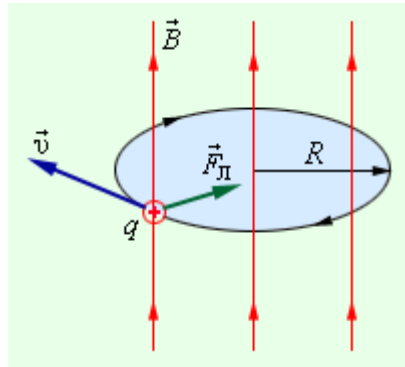


Рисунок 6.
Круговое движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.

Период обращения частицы в однородном магнитном поле равен

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

Это выражение показывает, что для заряженных частиц заданной массы m период обращения не зависит от скорости v и радиуса траектории R .

Угловая скорость движения заряженной частицы по круговой траектории

$$\omega = \frac{v}{R} = v \frac{qB}{mv} = \frac{qB}{m}$$

называется циклотронной частотой. Циклотронная частота не зависит от скорости (следовательно, и от кинетической энергии) частицы. Это обстоятельство используется в циклотронах – ускорителях тяжелых частиц (протонов, ионов).