

Тема 3.4.2.

Сила Лоренца. Заряженная частица в магнитном поле.

Сила Лоренца (магнитная сила) – это сила с которой МП действует на движущийся заряд.

$$\vec{F}_L = qvB \sin \alpha$$

q – заряд (Кл)

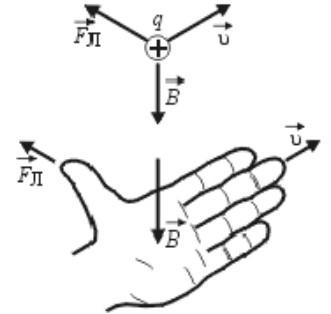
B – магнитная индукция (Тл);

v – скорость заряда (м/с)

α – угол между направлением скорости и вектором магнитной индукции.

Направление силы Лоренца определяется по правилу **левой руки**:

Если левую руку расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление скорости движения заряда, то отставленный большой палец укажет направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд. На отрицательный заряд сила Лоренца действует в противоположную сторону.



Движение заряженной частицы в магнитном поле.

1. $v = 0 \Rightarrow F_L = 0$ На неподвижный заряд сила Лоренца не действует.

2. $\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{B} \Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$
 $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{B} \Rightarrow \alpha = 180^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$ } $\Rightarrow F_L = 0$

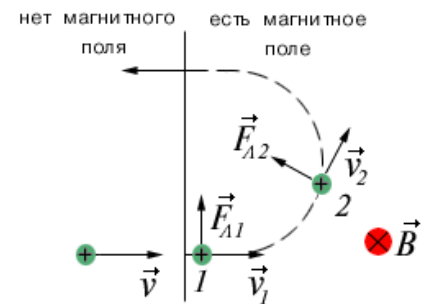
На заряд, движущийся параллельно линиям магнитной индукции сила Лоренца не действует

3. $\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_L = qvB$

По правилу левой руки $\vec{F}_L \perp \vec{v} \Rightarrow$ сила Лоренца не меняет величину скорости, но изменяет ее направление.

Заряд движется по окружности с центростремительным ускорением.

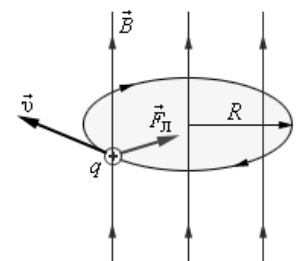
$$a_u = \frac{v^2}{R}$$



По второму закону Ньютона $F_L = ma_u = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$ (1)

Период обращения частицы $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{|q| \cdot B}$ (2)

Период обращения не зависит от радиуса орбиты.



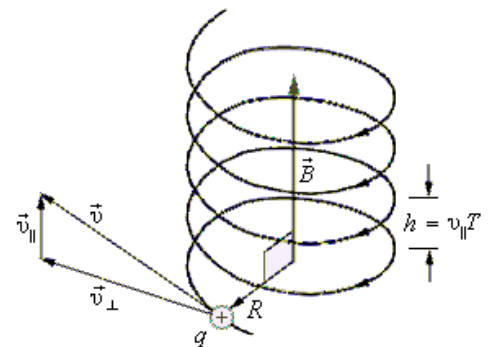
4. При движении заряда под произвольным углом к линиям магнитной индукции.

$$v_{\parallel} = v \cdot \cos \alpha; v_{\perp} = v \cdot \sin \alpha$$

На v_{\parallel} магнитное поле не влияет \Rightarrow частица движется \parallel линиям магнитной индукции.

v_{\perp} обеспечивает движение по окружности.

В итоге частица движется по спирали с шагом h (расстоянием между витками)

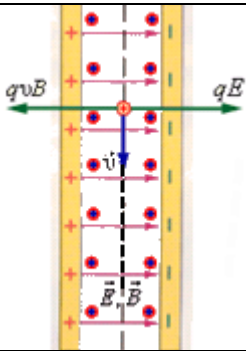
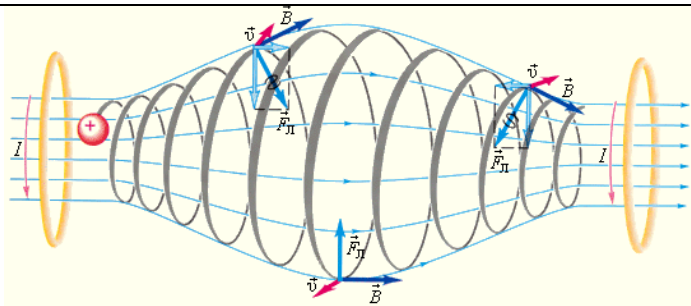
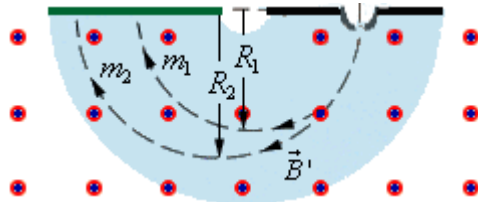
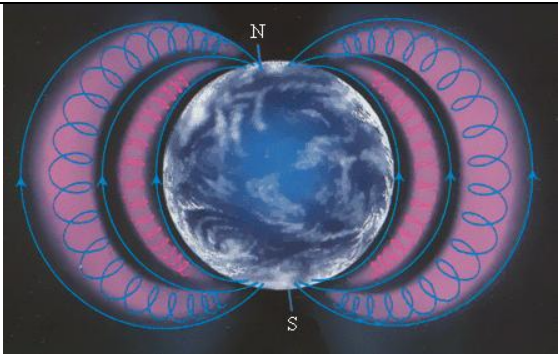


$$h = v_{\parallel} \cdot T; T = \frac{2\pi m}{|q| \cdot B}; R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

5. При движении в ЭМП

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_M; F_E = qE; F_M = qvB \sin \alpha$$

Применение силы Лоренца.

<p>1. Управление электронным пучком. Применяется в электронно-лучевых трубках и кинескопах.</p>	
<p>2. Определение скорости движения частицы по равенству электрической и магнитной силы.</p>	
<p>3. В магнитном поле частица движется по окружности. Правило левой руки позволяет определить знак заряда частицы.</p>	
<p>4. Область сильного магнитного поля «отражает» заряженные частицы. Образуется магнитная ловушка. Применяется для удержания высокотемпературной плазмы.</p>	
<p>5. Определение удельного заряда и массы частиц – масс-спектрографы.</p>	
<p>6. Циклотрон.</p>	<p>Между полюсами сильного электромагнита помещается вакуумная камера, в которой находятся два электрода в виде полых металлических полуцилиндров (<i>дуантов</i>). К дуантам приложено переменное электрическое напряжение, частота которого равна частоте обращения частицы. Заряженные частицы инжектируются в центре вакуумной камеры. Частицы ускоряются электрическим полем в промежутке между дуантами. Внутри дуантов частицы движутся под действием силы Лоренца по полуокружностям, радиус которых растет по мере увеличения энергии частиц. Каждый раз, когда частица пролетает через зазор между дуантами, она ускоряется электрическим полем. Таким образом, в циклотроне, как и во всех других ускорителях, заряженная частица ускоряется электрическим полем, а удерживается на траектории магнитным полем. Циклотроны позволяют ускорять протоны до энергии порядка 20 МэВ.</p>
<p>7. Магнитном поле Земли, является защитой для всего живого от потоков заряженных частиц из космического пространства. Быстрые заряженные частицы из космоса (главным образом от Солнца) «захватываются» магнитным полем Земли и образуют так называемые <i>радиационные пояса</i>, в которых частицы, как в магнитных ловушках, перемещаются туда и обратно по спиралеобразным траекториям между северным и южным магнитными полюсами за времена порядка долей секунды.</p>	
<p>Лишь в полярных областях некоторая часть частиц вторгается в верхние слои атмосферы, вызывая полярные сияния. Следует вспомнить, что южный магнитный полюс Земли находится вблизи северного географического полюса (на северо-западе Гренландии). Природа земного магнетизма до сих пор не изучена.</p>	