

«Действие магнитного поля на
движущуюся заряженную частицу.
Сила Лоренца»

Сила Лоренца

Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называют силой Лоренца

Хендрик Антон Лоренц (1853 - 1928)
выдающийся голландский физик и математик, разработал электромагнитную теорию света и электронную теорию материи, а также сформулировал теорию электричества, магнетизма и света, внёс большой вклад в развитие теории относительности, лауреат Нобелевской премии 1902г.



$$F_{II} = \frac{F}{N}$$

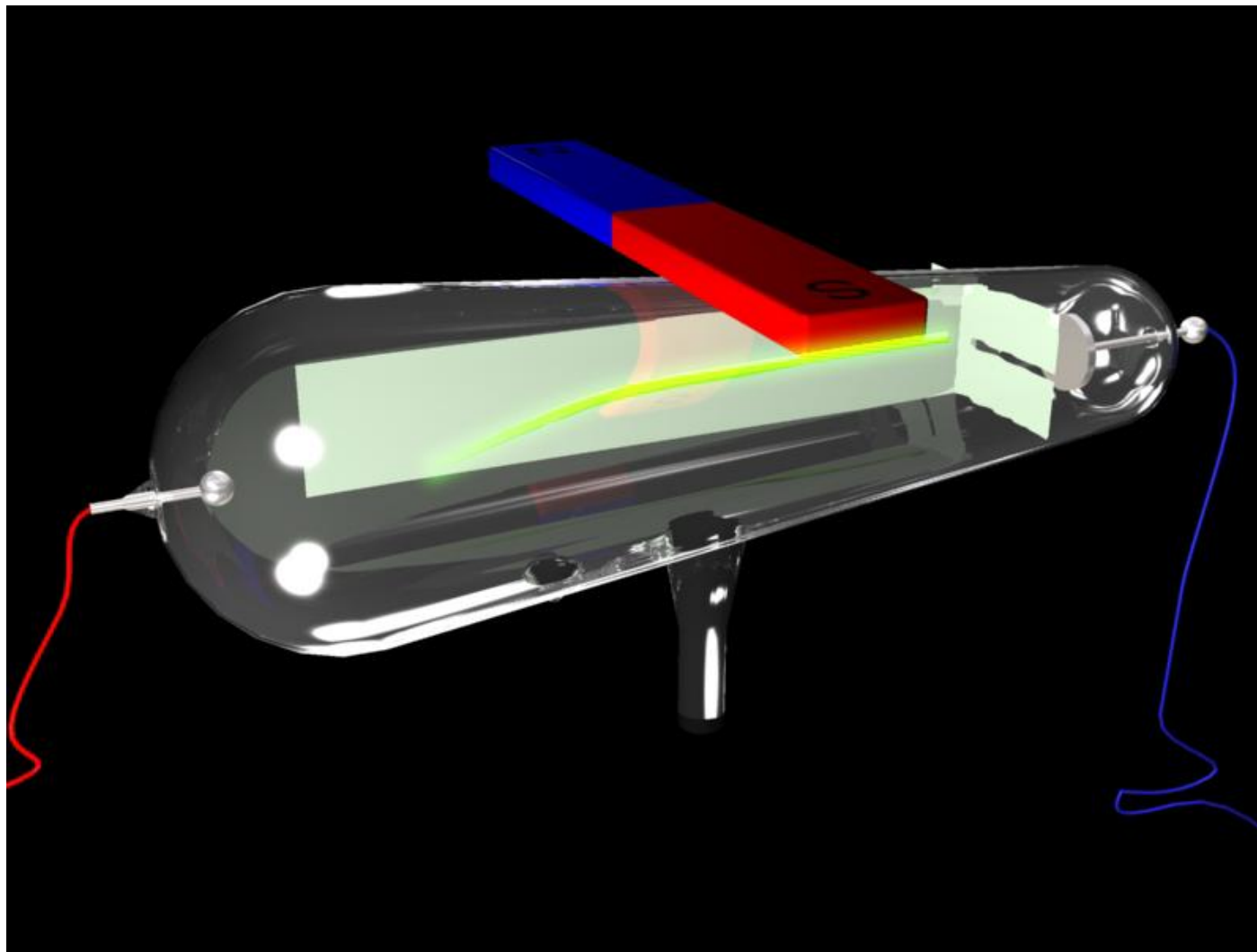
$$I = qn v S$$

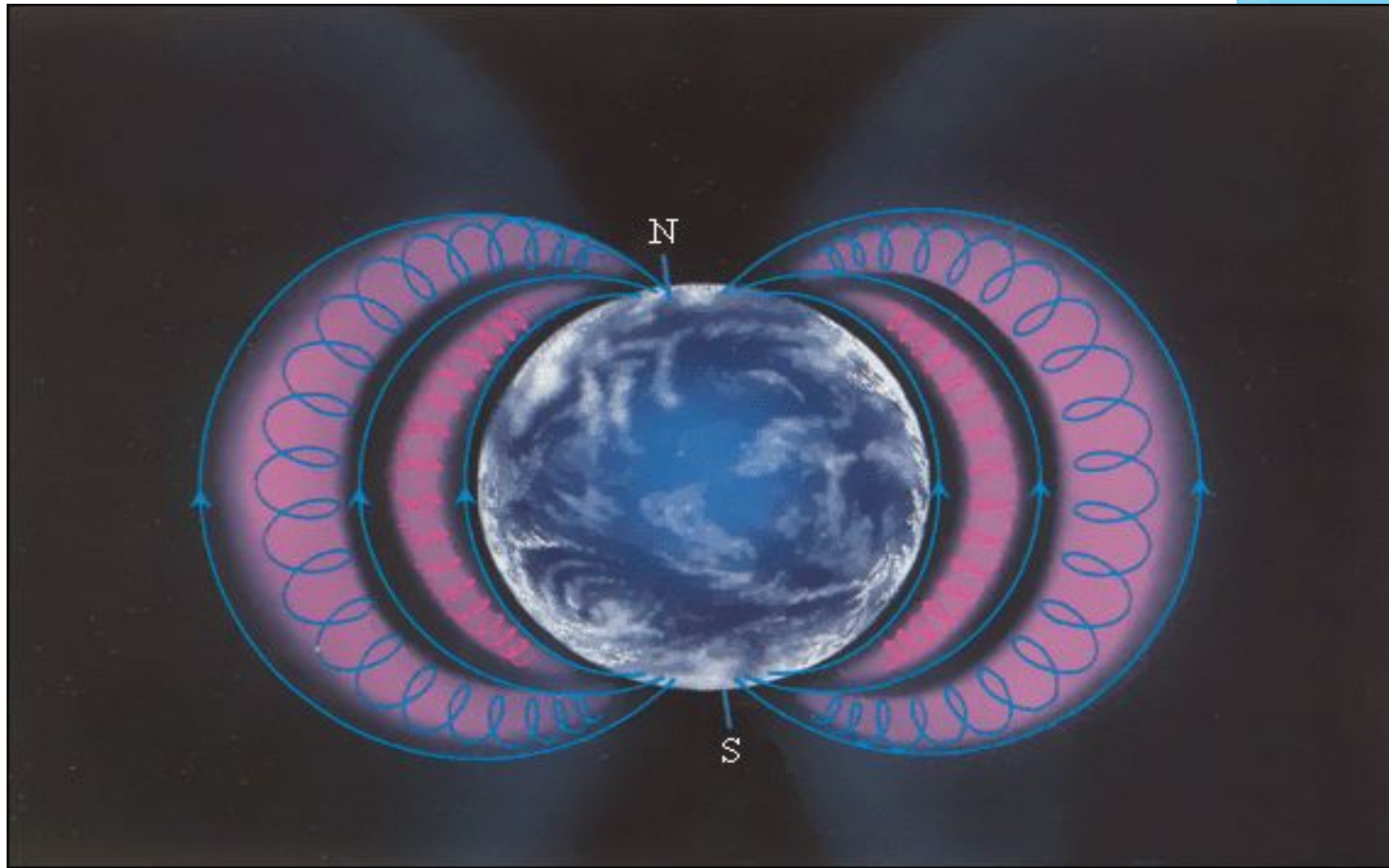
$$F = |I| B \Delta l \sin \alpha$$

$$N = n S \Delta l$$

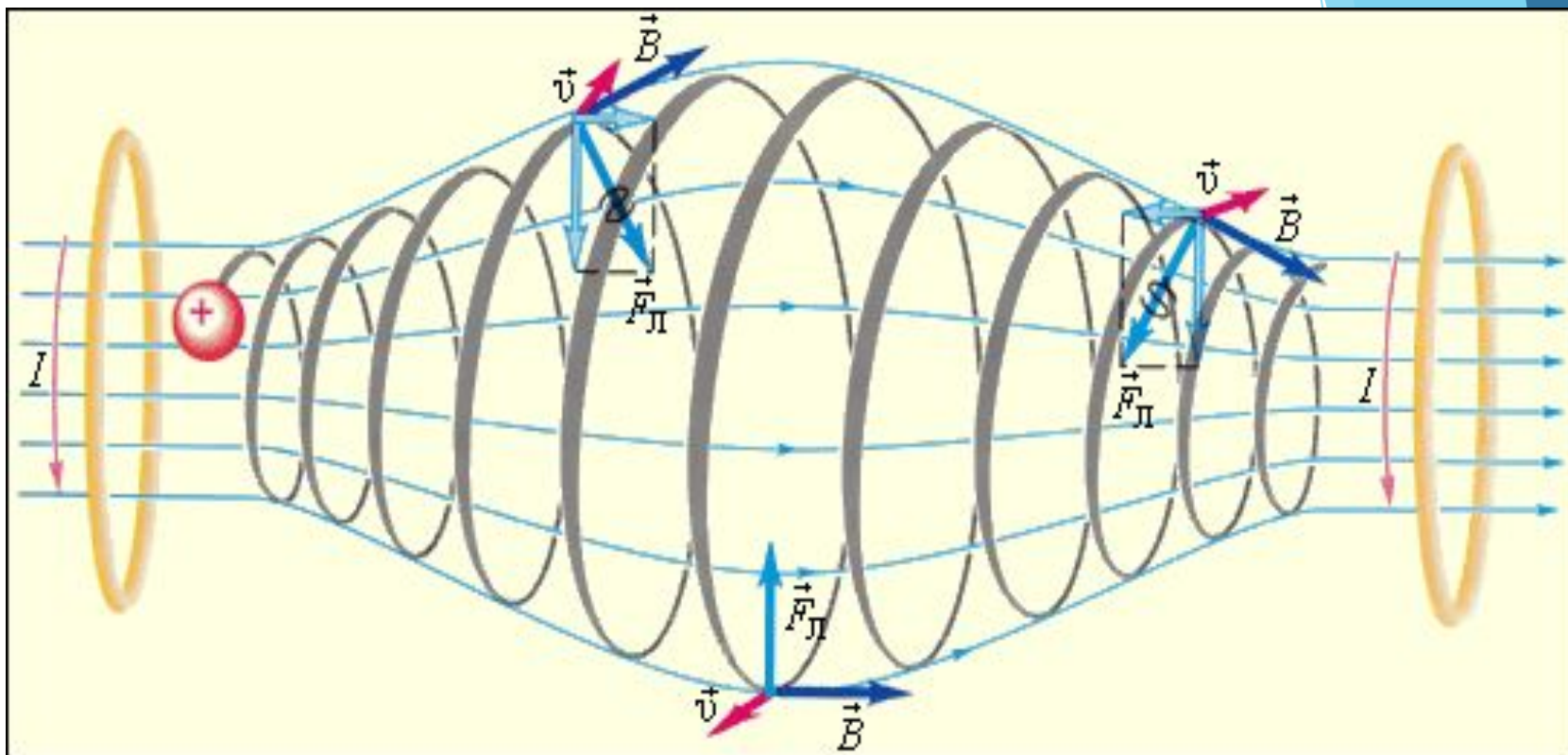
$$F = |q| n v S B \Delta l \sin \alpha = v |q| N B \sin \alpha$$

Движущиеся заряженные частицы в магнитном поле

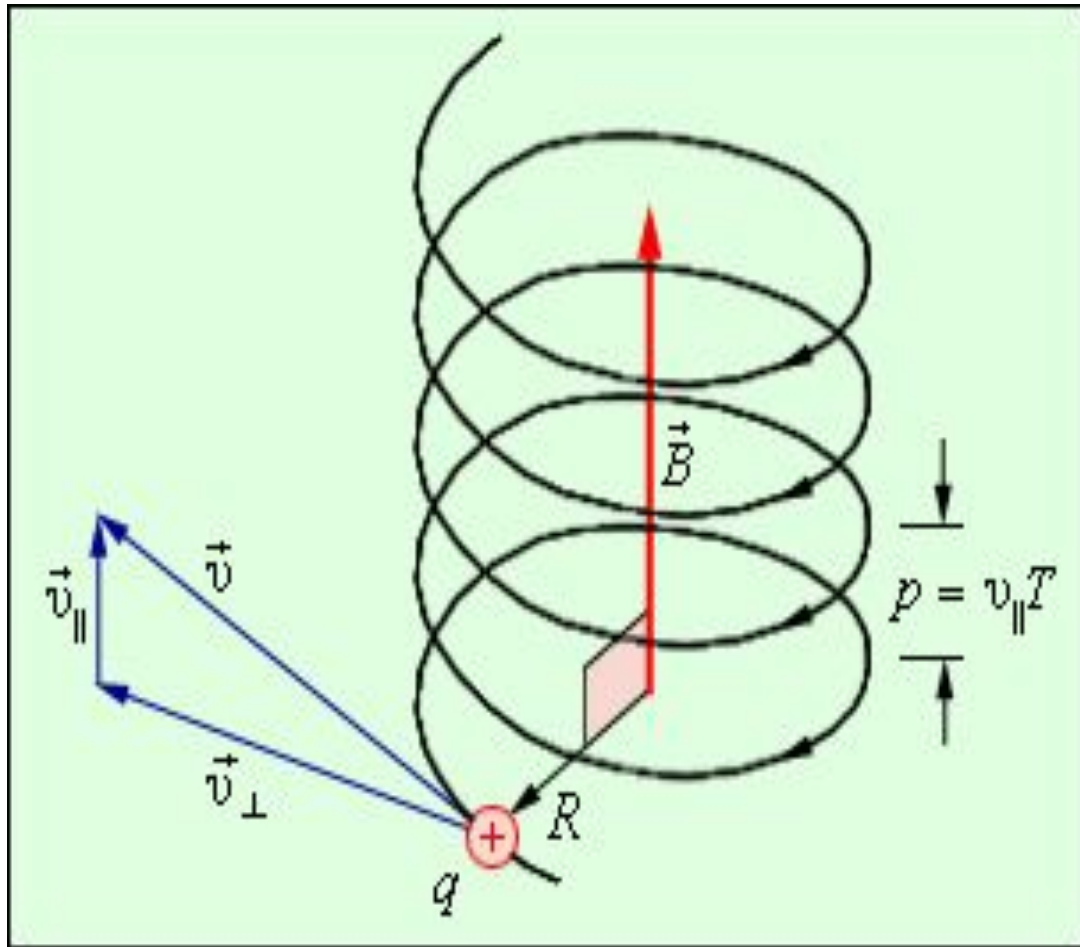




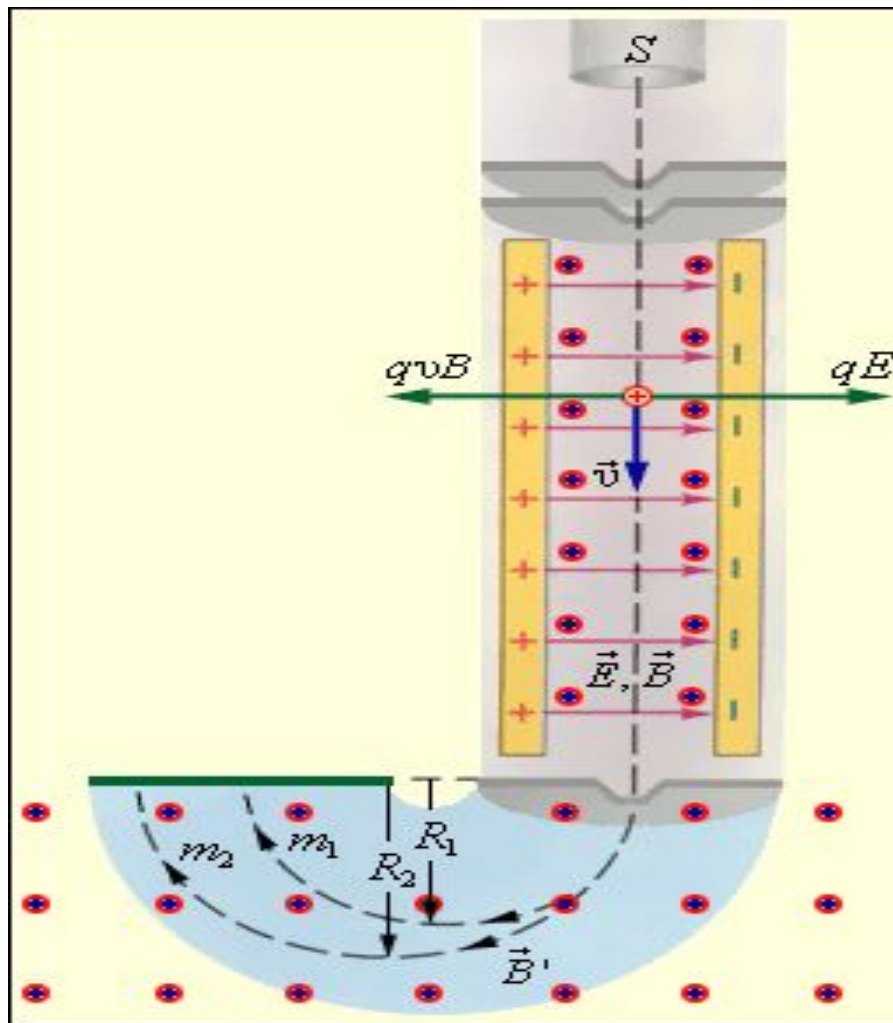
Радиационные пояса Земли. Быстрые заряженные частицы от Солнца (в основном электроны и протоны) попадают в магнитные ловушки радиационных поясов. Частицы могут покидать пояса в полярных областях и вторгаться в верхние слои атмосферы, вызывая полярные сияния.



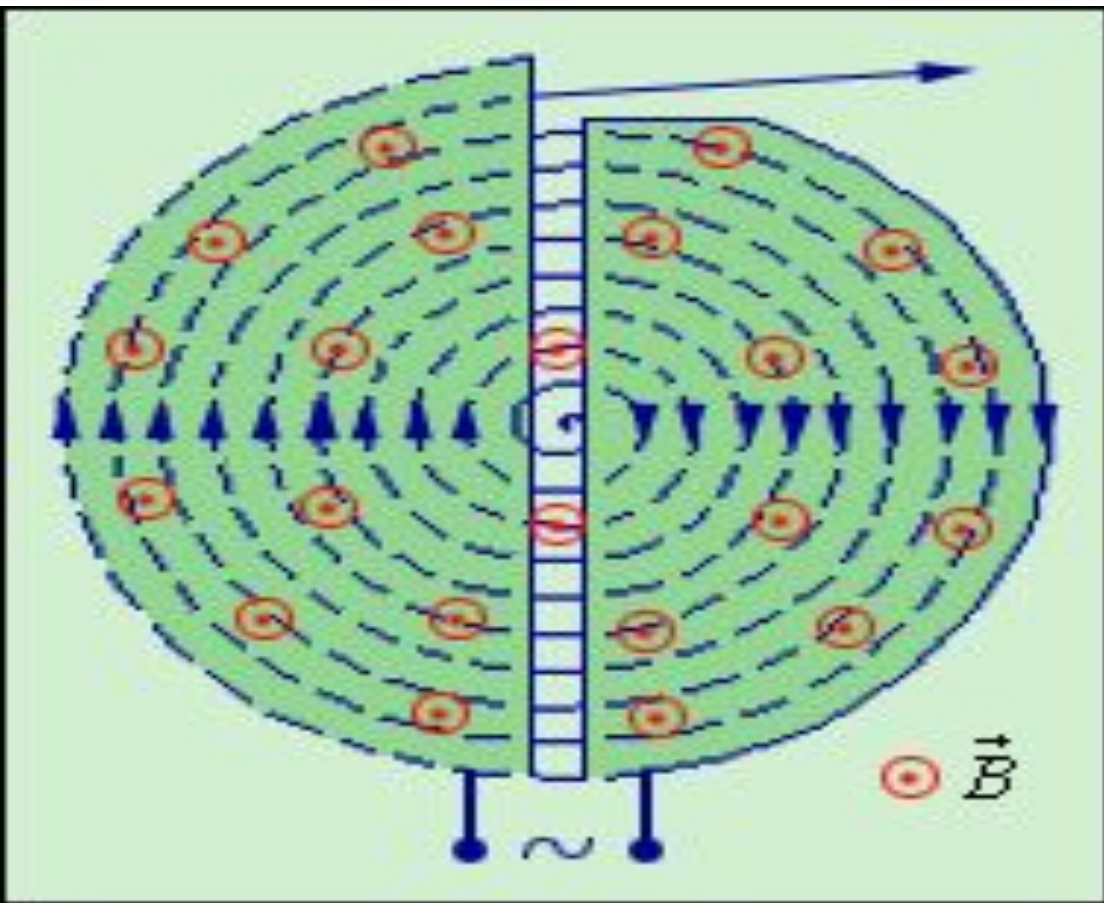
Магнитная «бутылка». Заряженные частицы не выходят за пределы «бутылки». Магнитное поле «бутылки» может быть создано с помощью двух круглых катушек с током.



Движение заряженной частицы по спирали в однородном магнитном поле.



Селектор скоростей и масс-
спектрометр



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

Угловая скорость движения заряженной частицы по круговой траектории называется **циклотронной частотой**. Циклотронная частота не зависит от скорости (следовательно, и от кинетической энергии) частицы. Это обстоятельство используется в **циклотронах**

Использование действия магнитного поля на движущийся заряд

- ▶ Телевизионные трубки: летящие к экрану электроны отклоняются с помощью магнитного поля
- ▶ Ускорители заряженных частиц для получения частиц с большими энергиями (циклотрон)
- ▶ Масс-спектрограф-прибор, позволяющий разделять заряженные частицы по их удельным зарядам, т.е. по отношению заряда частицы к ее массе

- ▶ Радиус кривизны траектории является величиной постоянной
- ▶ Данная траектория является окружностью

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

Движение заряженных частиц в магнитном поле

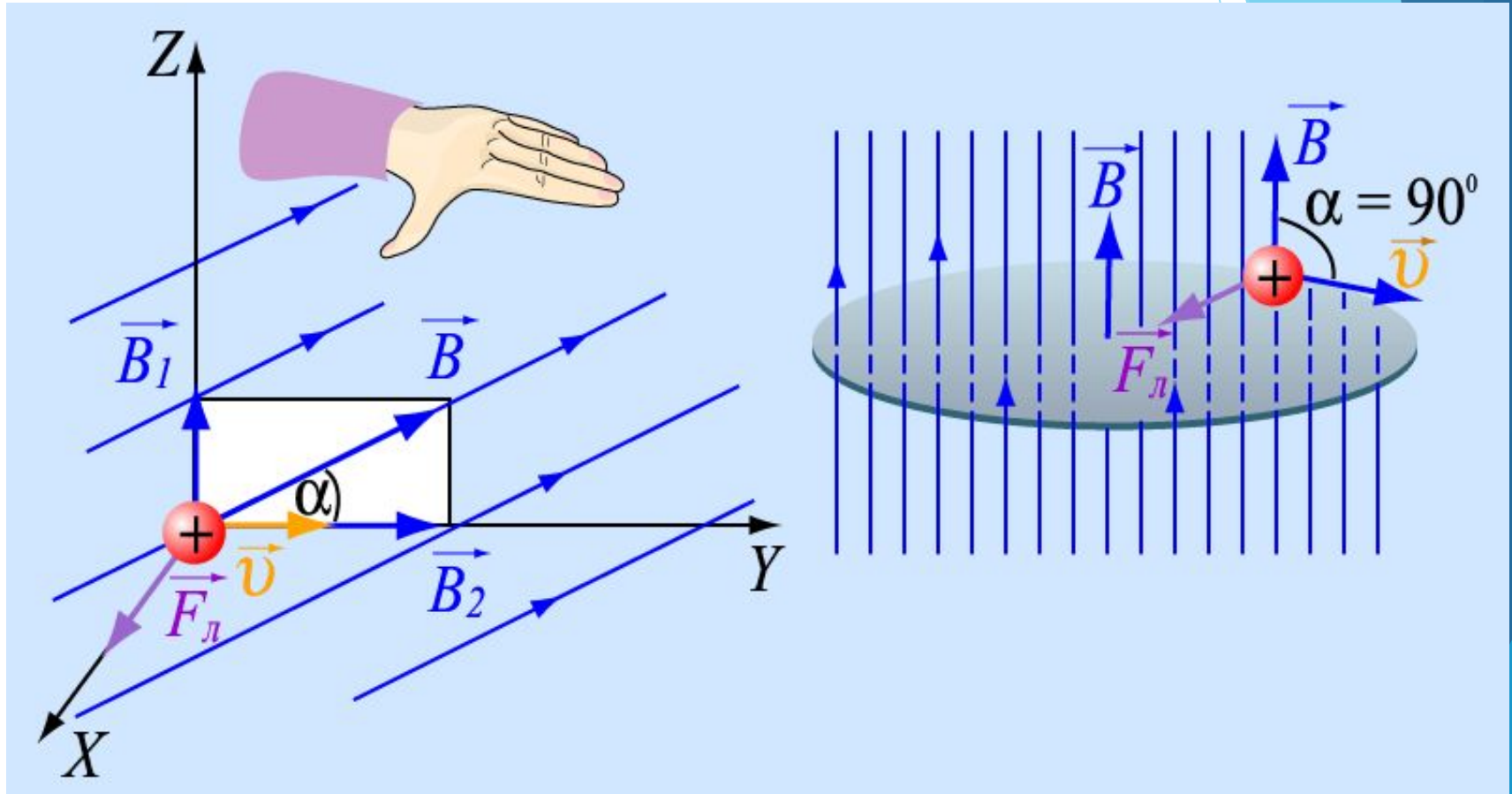
$$a = \frac{F}{m} = \frac{qBv}{m}$$

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

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

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

Направление



Модуль силы Лоренца

$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

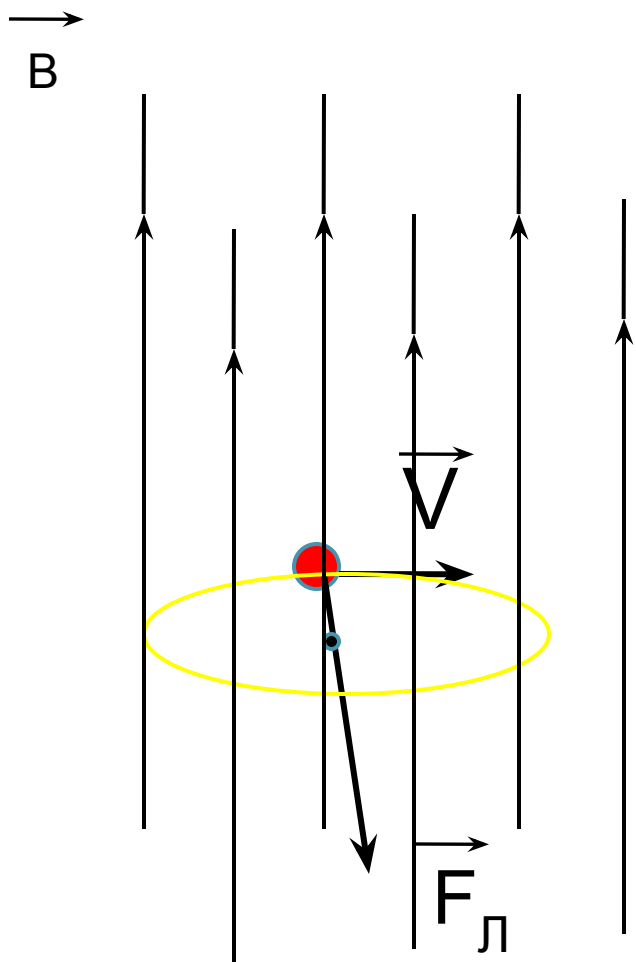
F_L – модуль силы Лоренца

$|q|$ – модуль заряда частицы

v – скорость частицы

B – магнитная индукция поля

α – угол между вектором магнитной индукции
и вектором скорости заряженной частицы

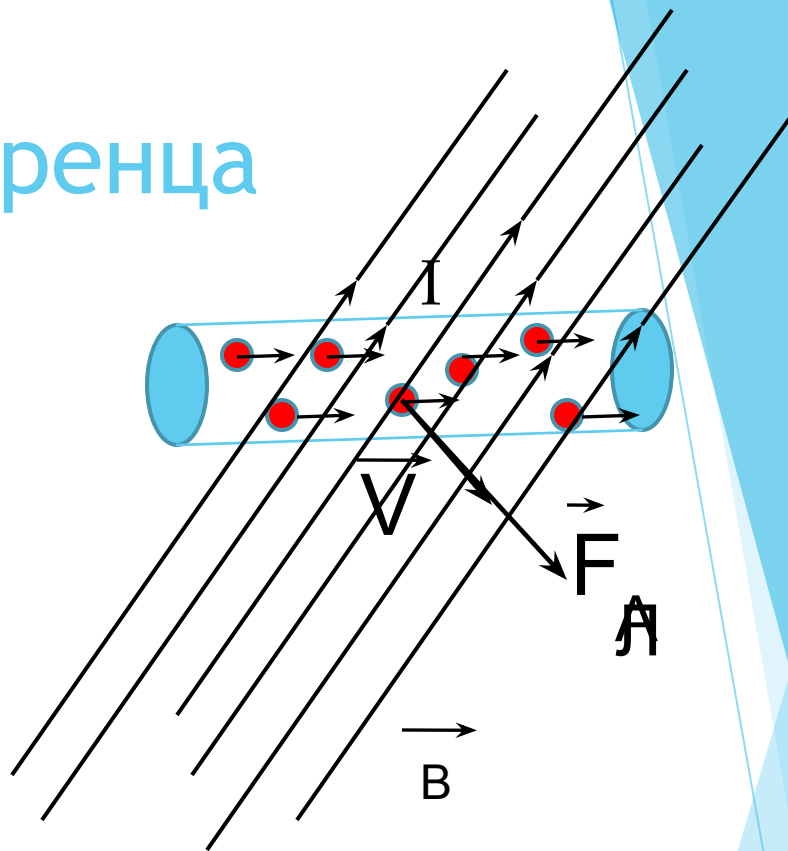


- ▶ Сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называется силой Лоренца

$$\vec{F}_L \uparrow \uparrow \vec{F}_A$$

Модуль силы Лоренца

$$F_A = BI \sin \alpha$$



$$F_{\text{Л}} = \frac{BI \sin \alpha}{N} A$$

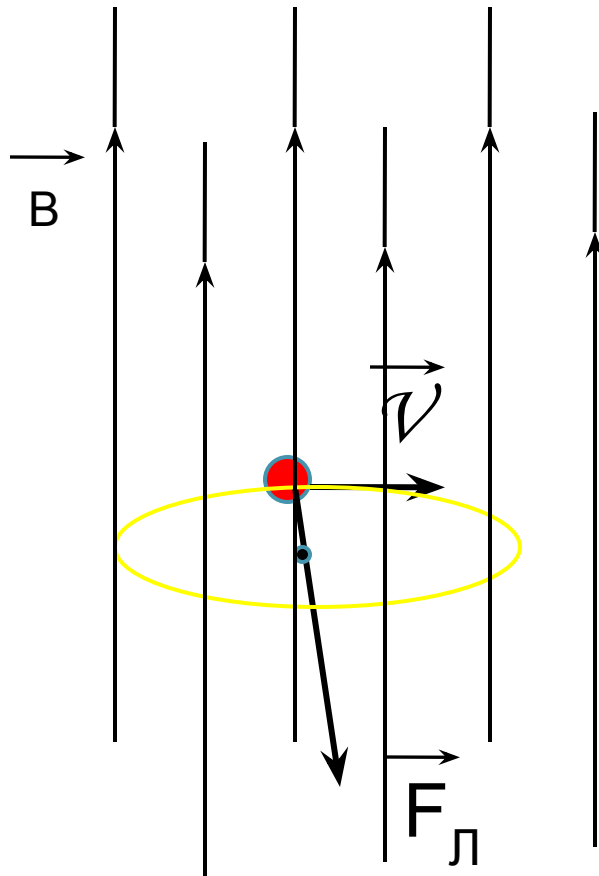
$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow$$

$$F_{\text{Л}} = \frac{Bql \sin \alpha}{t N} ; q_0 = \frac{q}{N}$$

$$v = \frac{l}{t} \Rightarrow$$

$$F_{\text{Л}} = Bq_0 v \sin \alpha$$

Движение заряженной частицы под действием силы Лоренца, если $\alpha = 90^\circ$



$$\vec{F} \perp \vec{v}$$

Сила, перпендикулярная скорости, вызывает изменение направления движения. Центробежное ускорение:

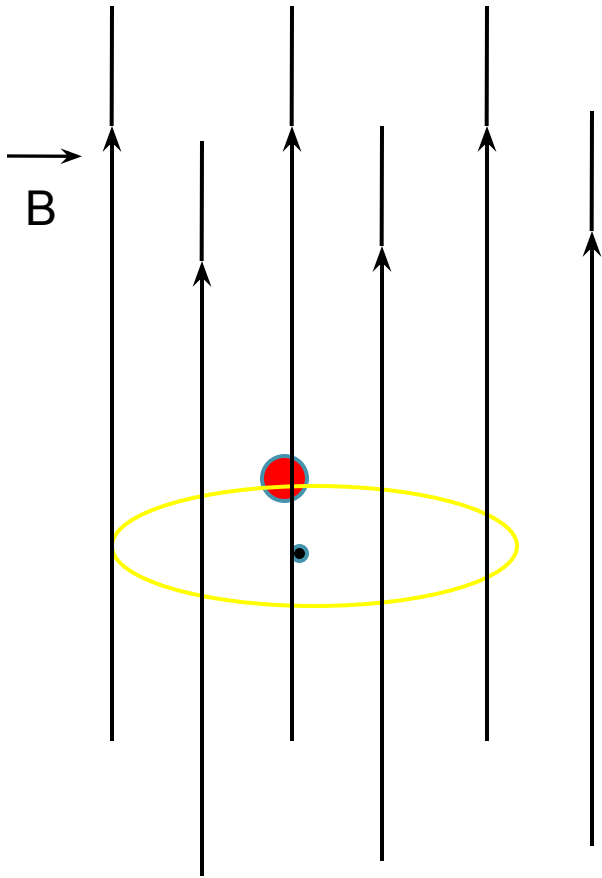
$$a = \frac{v^2}{r}$$

По II закону Ньютона $F = m a$

$$Bq v = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow$$

$$r = \frac{m v}{Bq}$$

Движение заряженной частицы под действием силы Лоренца, если $\alpha = 90^\circ$



Т.к движение равномерное, то

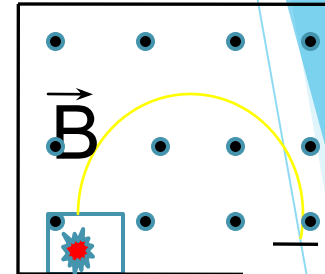
$$T = \frac{2\pi}{r v} \quad \Rightarrow$$

т.к. $r = \frac{m v}{Bq}$

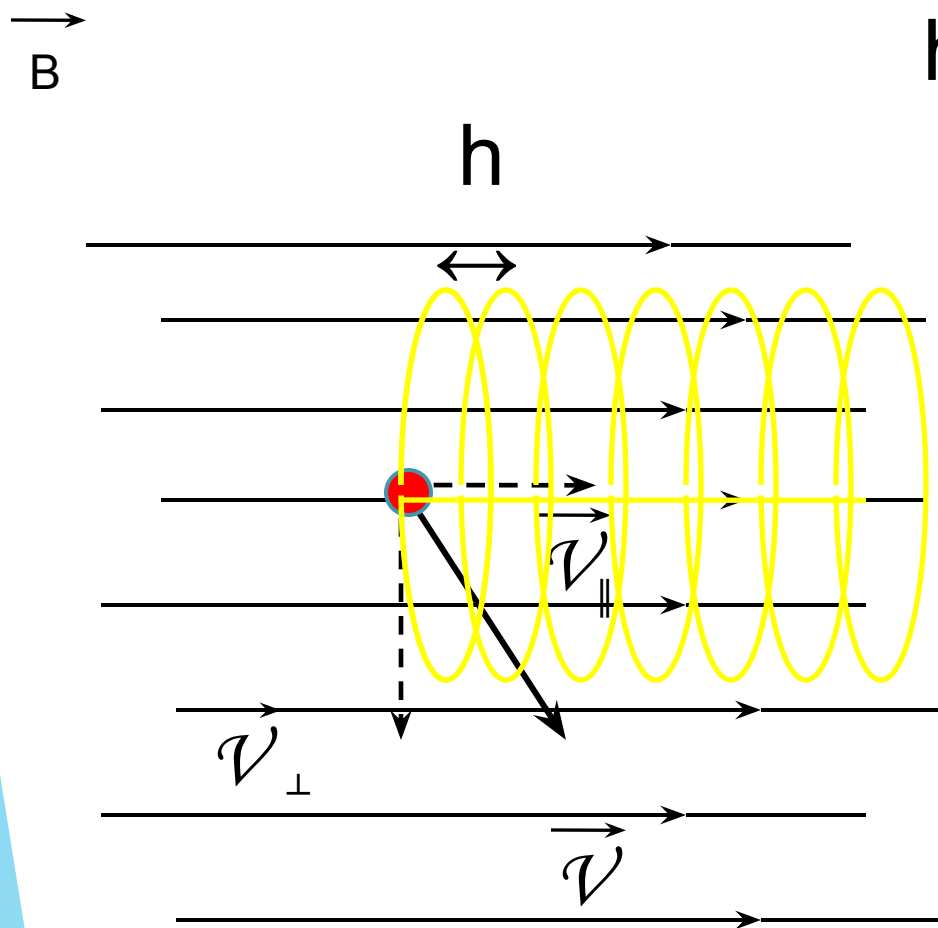
$$T = \frac{2\pi m v}{Bq v} = \frac{2\pi m}{Bq}$$

Применение силы Лоренца

- ▶ Осциллограф
- ▶ Кинескоп
- ▶ Масс - спектрограф
- ▶ Ускорители элементарных частиц (циклотрон, бетатрон, синхрофазотрон)



Движение заряженной частицы под действием силы Лоренца, если $\alpha \neq 90^\circ$



$$h = v_{\parallel} T \quad \begin{aligned} v_{\parallel} &= v \cos \alpha \\ v_{\perp} &= v \sin \alpha \end{aligned}$$

$$T = \frac{2\pi m}{Bq} \quad \Rightarrow$$

$$h = v \cos \alpha \frac{2\pi m}{Bq}$$