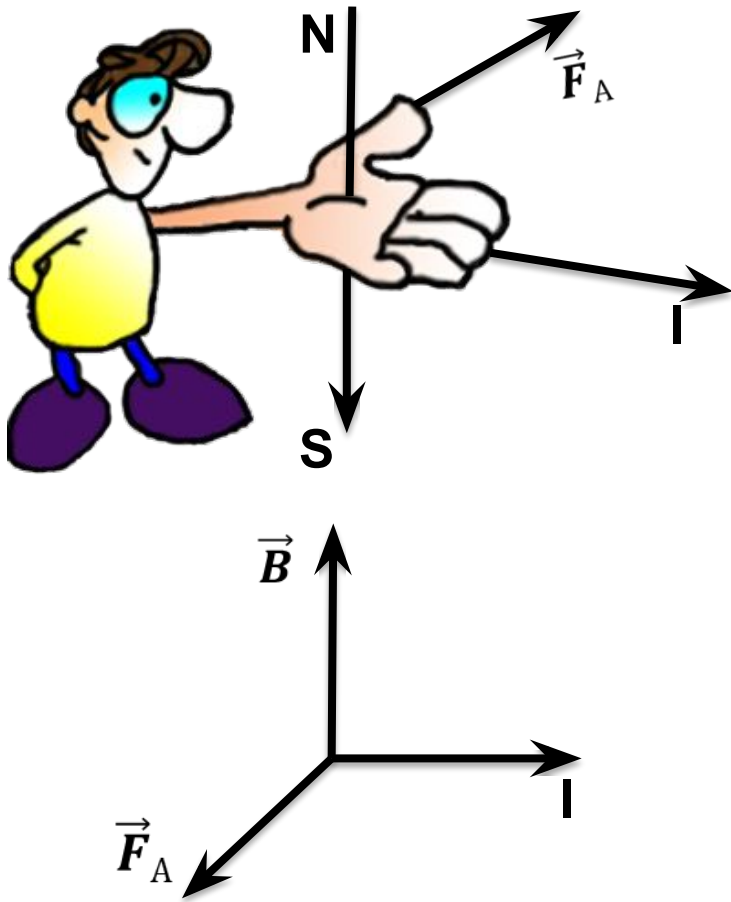


Действие магнитного поля на движущийся электрический заряд

Ах, как играет этот Север!
Ах, как пылает надо мной
Разнообразных радуг веер
В его короне ледяной!
Ему, наверно, по натуре
Холодной страсти красота.
Усилим магнитной бури
Преображённая в цвета...

М. А. Дудин




Силу, действующую на проводник с током в магнитном поле, называют силой Ампера.

$$F_A = IB\Delta l \sin \alpha$$

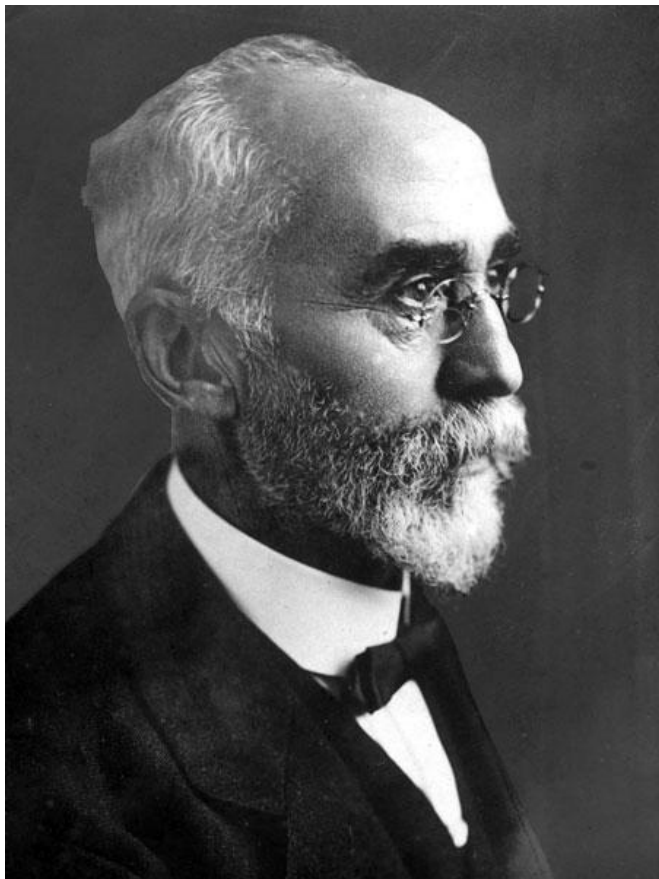
Правило левой руки

руку располагают так, чтобы нормальная составляющая магнитной индукции входила в ладонь, четыре вытянутых пальца были направлены по току; тогда отогнутый на 90° большой палец укажет направление действующей на проводник силы Ампера.



Если электрический ток — это упорядоченное движение отдельных заряженных частиц, то оказывает ли магнитное поле воздействие на эти частицы?

А если оказывает, то какое?



Хендрик Антон Лоренц

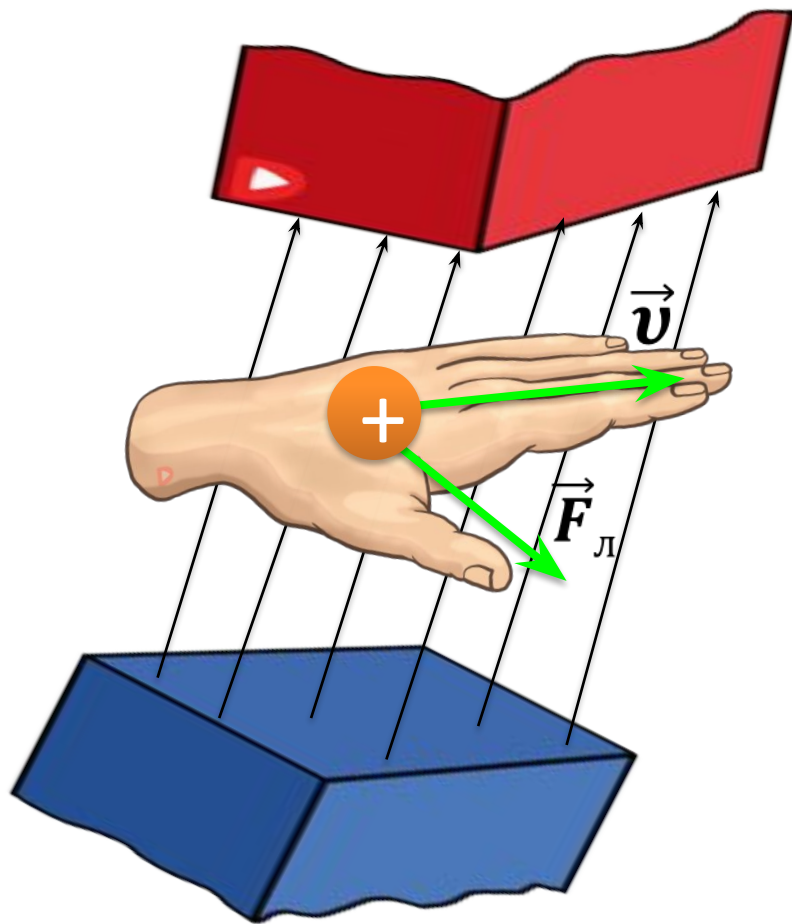
Магнитное поле действует на отдельные движущиеся заряженные частицы в проводнике с током.

Сила Лоренца — это сила, с которой магнитное поле действует на движущуюся в нем заряженную частицу.

$$F_{\text{Л}} = \frac{F_A}{N}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{Л}} &= \frac{IB\Delta l \sin \alpha}{N} = \frac{\Delta q B \Delta l \sin \alpha}{\Delta t N} = \\ &= \frac{NqB\Delta l \sin \alpha}{\Delta t N} = qvB \sin \alpha. \end{aligned}$$

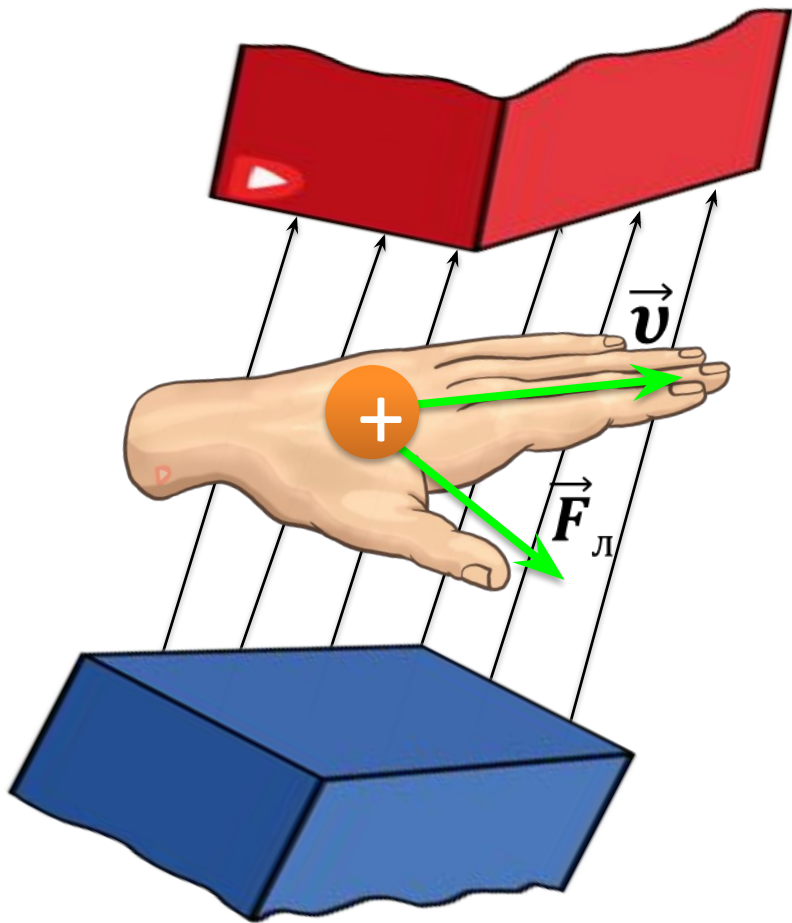
$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha$$



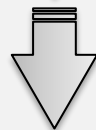
Направление силы Лоренца

Правило левой руки:

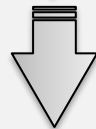
если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции, перпендикулярная к скорости движения заряда, входила в ладонь, а выпрямленные четыре пальца были направлены по движению положительного заряда (или против движения отрицательного), то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление силы Лоренца.



Т.к. $\vec{F}_L \perp \vec{v}$, то $A_{F_L} = 0$.



$\Delta E_K = 0 \Rightarrow E_K = const$



$|\vec{v}| = const$

Сила Лоренца меняет лишь направление вектора скорости заряженной частицы.

Задача: протон влетает со скоростью 1000 м/с в однородное магнитное поле. Определите ^{Описать} траекторию, по которой будет двигаться протон, и основные ^{траекторию} характеристики такого движения, если магнитная индукция поля равна $0,1 \text{ Тл}$.

Дано:

Решение:

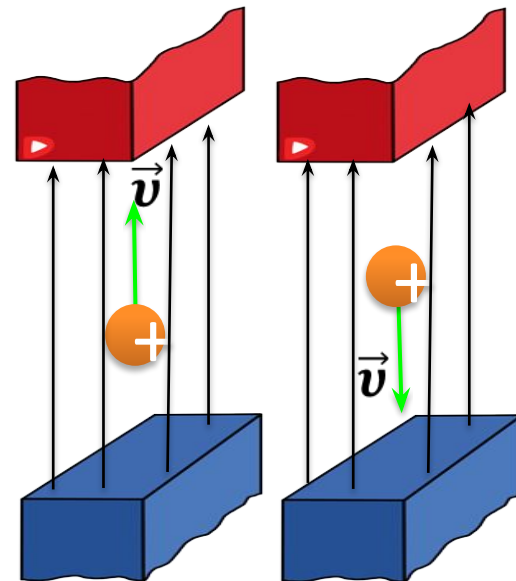
1 случай: $\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{B}$ или $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{B}$.

$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha$$

$$F_{\text{Л}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 0^{\circ} = 0.$$

$$F_{\text{Л}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 180^{\circ} = 0.$$

Частица будет продолжать двигаться **равномерно и прямолинейно.**



Задача: протон влетает со скоростью 1000 м/с в однородное магнитное поле. Определите траекторию, по которой будет двигаться протон, и основные характеристики такого движения, если магнитная индукция поля равна 0,01 Тл.

Дано:

$$v = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

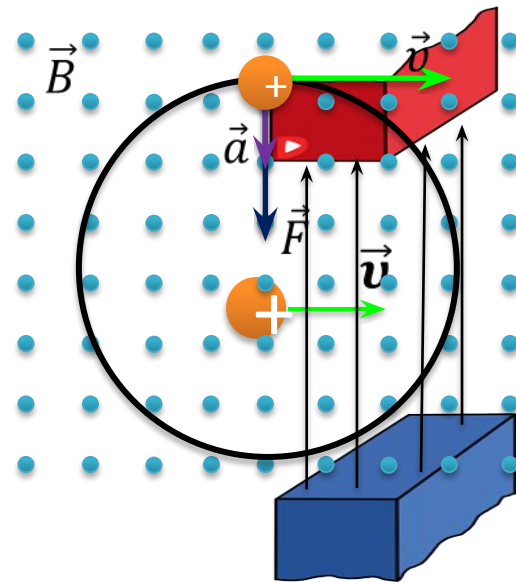
Описать траекторию

Решение:

2. случай: $v \perp B$.

$$\left. \begin{array}{l} |\vec{F}_л| = const \\ |\vec{a}| = const \end{array} \right\} \begin{array}{l} \vec{F}_л \perp \vec{v} \\ \vec{a} \perp \vec{v} \end{array}$$

Частица будет двигаться по **окружности**.



Задача: протон влетает со скоростью 1000 м/с в однородное магнитное поле. Определите траекторию, по которой будет двигаться протон, и основные характеристики такого движения, если магнитная индукция поля равна 0,01 Тл.

Дано:
$v = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$
$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Описать траекторию

Решение:

2. случай: $v \perp B$.

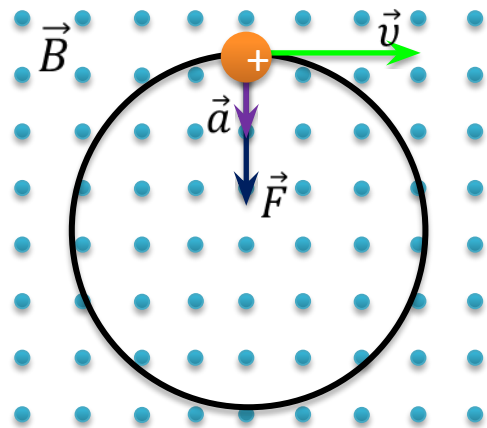
На основании второго закона Ньютона:

$$F_{\text{л}} = ma_{\text{ц}}; \quad qvB \sin 90^\circ = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB} \quad R = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} = 1 \text{ мм}$$

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

$$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{10^3} = 6,28 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$



$\frac{q}{m}$ — удельный заряд частицы.

Задача: протон влетает со скоростью 1000 м/с в однородное магнитное поле под углом 60^0 к линиям магнитной индукции. Определите траекторию, по которой будет двигаться протон, и основные характеристики такого движения, если магнитная индукция поля равна 0,01 Тл.

Дано:

$$v = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

$$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Описать траекторию

Решение:

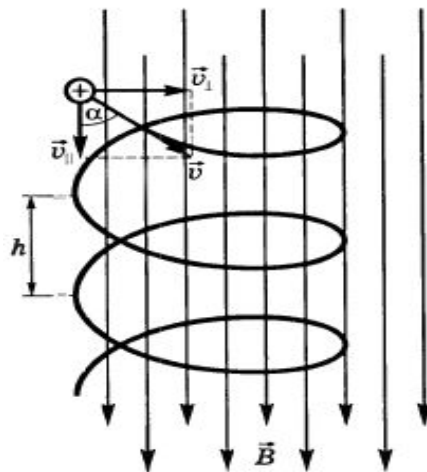
$$v_{\parallel} = v \cos \alpha; v_{\perp} = v \sin \alpha.$$

На основании второго закона Ньютона:

$$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$$

$$R = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3 \cdot \sin 60^0}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} = 9 \text{ мм}$$

Протон движется по **винтовой линии**.



Задача: протон влетает со скоростью 1000 м/с в однородное магнитное поле под углом 60^0 к линиям магнитной индукции. Определите траекторию, по которой будет двигаться протон, и основные характеристики такого движения, если магнитная индукция поля равна 0,01 Тл.

Дано:

$$v = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\alpha = 60^0$$

Описать траекторию

Решение:

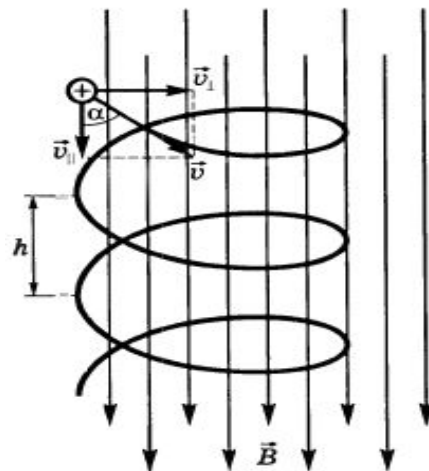
Протон движется по **винтовой линии**.

$$h = v_{\parallel} \cdot T = v \cos \alpha \cdot T$$

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

$$h = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 1 \cdot 10^3 \cos 60^0}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^{-2}} = 3,2 \text{ см.}$$

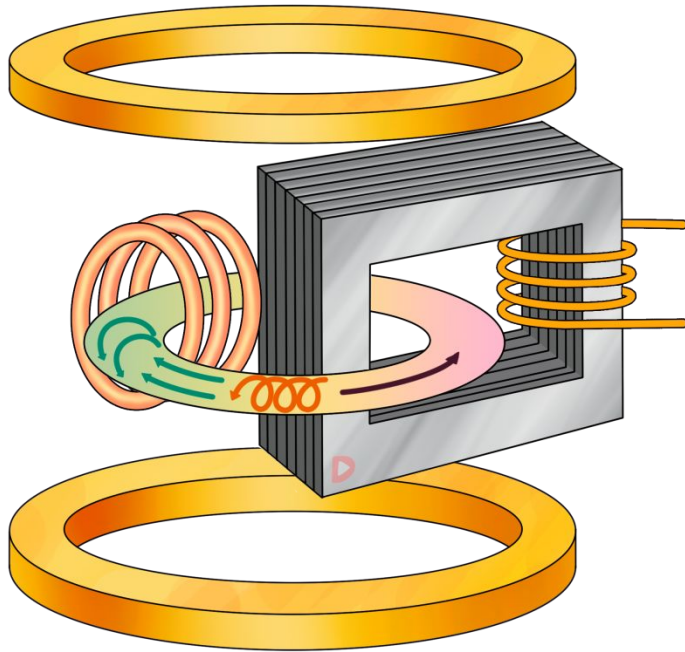
Направление, в котором будет закручиваться спираль, зависит от знака заряда частицы.



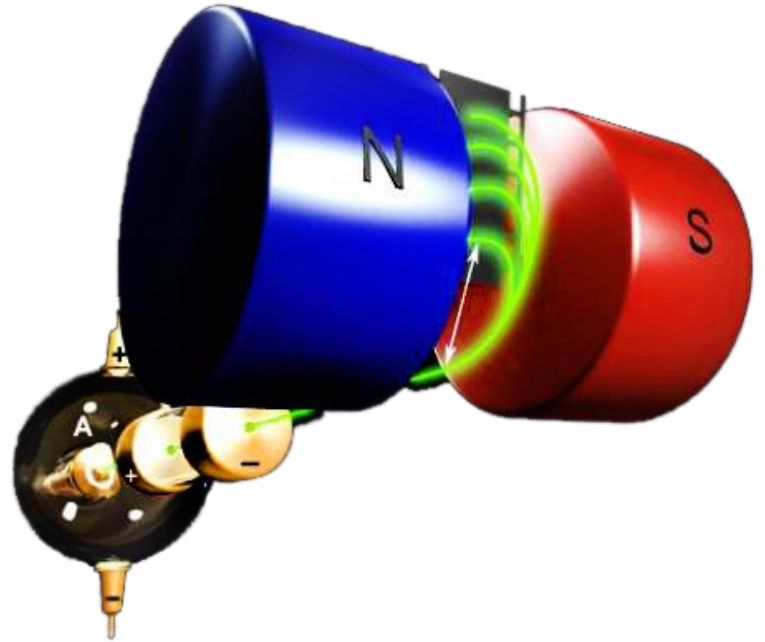
Использование силы Лоренца



Использование силы Лоренца

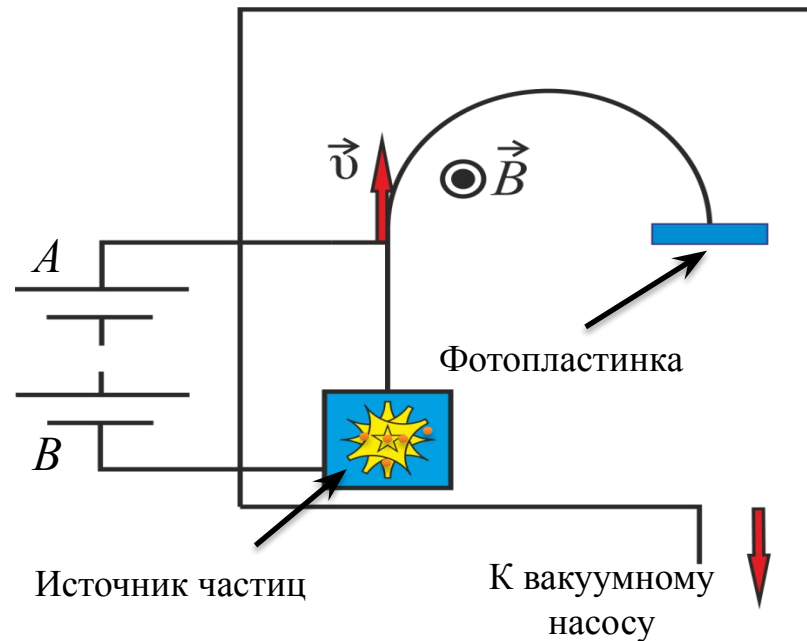
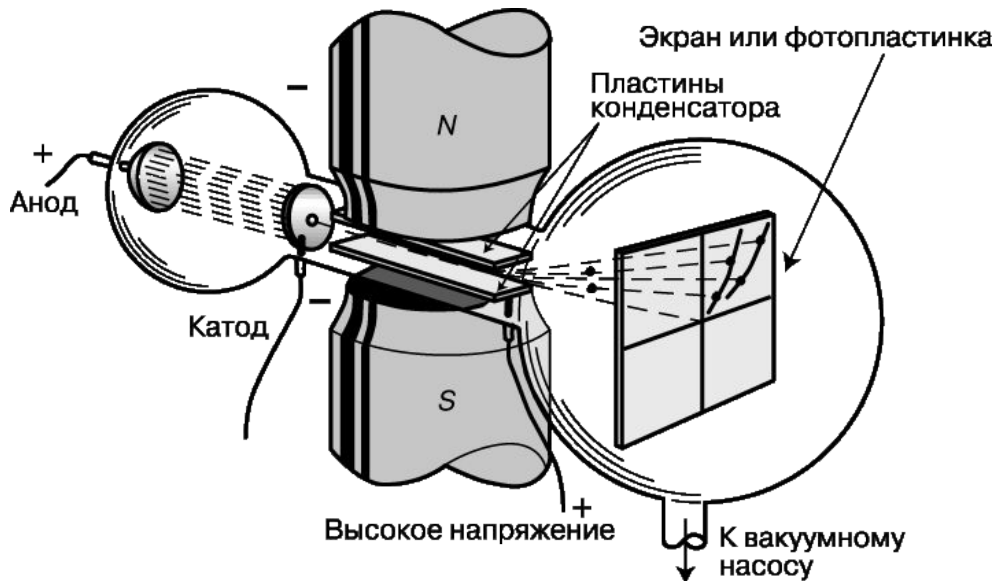


ТОКАМАК



Масс-спектрограф

Масс-спектрограф



Масс-Спектрограф — прибор для определения массы заряженных частиц, в котором используют свойство частиц изменять траекторию своего движения под действием сильного магнитного поля.

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{RB}$$

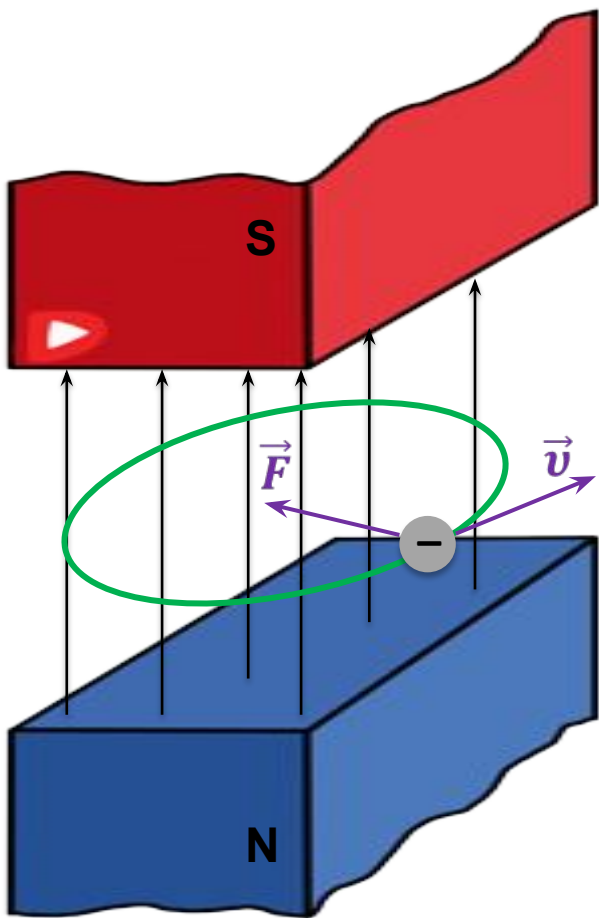
Проявление силы Лоренца в природе



Полярное сияние



Полярное сияние
(вид из космоса)



Главные выводы:

На любую движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля действует сила Лоренца.

$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha$$

Направление силы Лоренца определяют с помощью правила левой руки.

Сила Лоренца не совершает работы.