

Движение заряженных частиц в магнитном поле Сила Лоренца

[Автор работы](#)

- Какими свойствами обладает магнитное поле?
- Что такое сила Ампера?
- Как рассчитать силу Ампера?
- Что такое электрический ток?



Цель работы

Изучить движение
заряженных частиц в
магнитном поле



Если заряженную движущуюся частицу поместить в магнитное поле, то на неё будет действовать сила Лоренца, определяемая по правилу левой руки.

Правило левой руки:

если левую руку расположить так, чтобы вытянутые пальцы были направлены по скорости (если частица положительная), вектор магнитной индукции вошёл в ладонь, то большой отогнутый вверх палец покажет направление силы Лоренца).



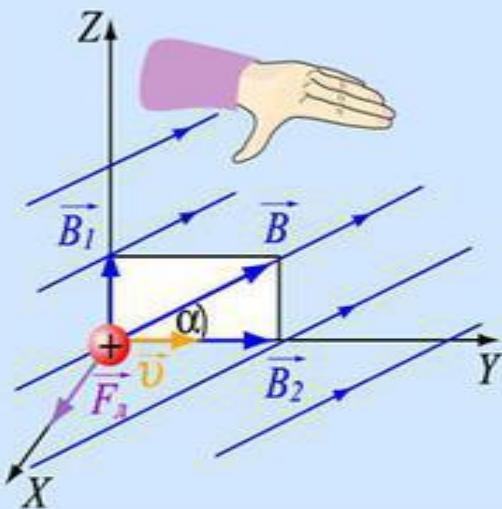
Сила Лоренца

Теоретические основы

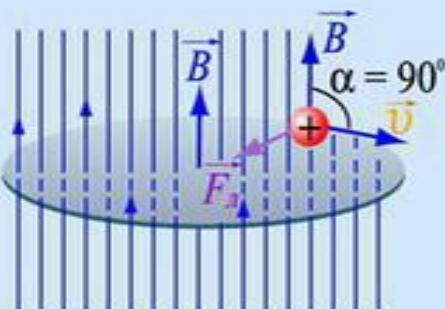
Магнитная ловушка

МГД - генератор

Правило левой руки



Направление силы Лоренца



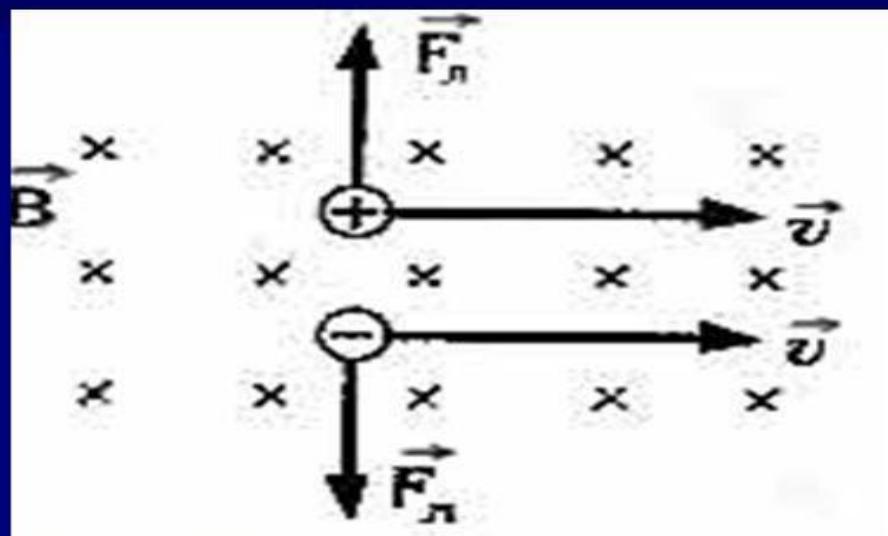
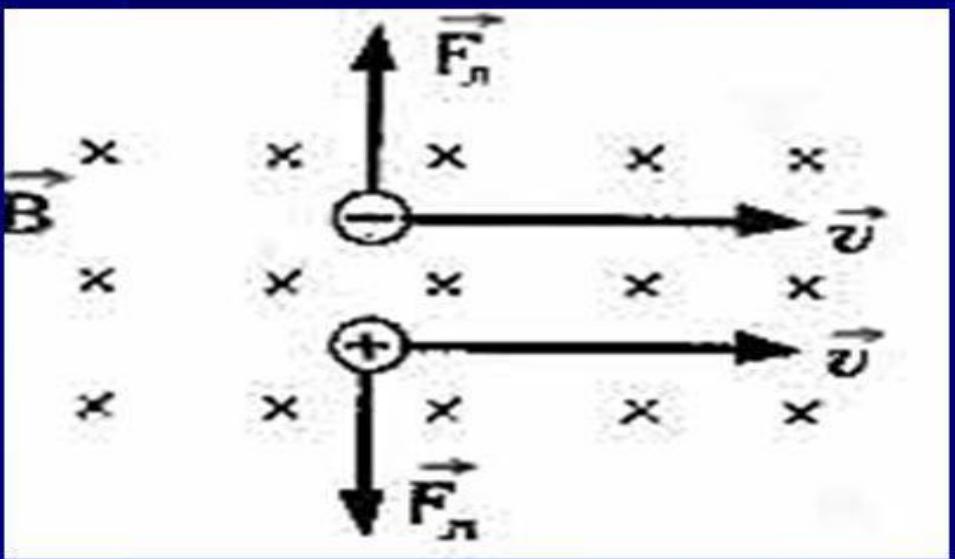
Автор теории (Лоренци)

Условие максимума для 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

Если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости положительного заряда, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление силы действующей на данный заряд.

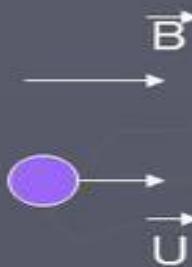


Рассмотрим различные случаи
направления скорости
положительно заряженной частицы и
вектора магнитной индукции.



MyShared

1) Если скорость частицы и вектор магнитной индукции сонаправлены, то частица движется по прямой линии с постоянной скоростью



$$\alpha(\vec{U} \vec{B}) = 0^\circ$$

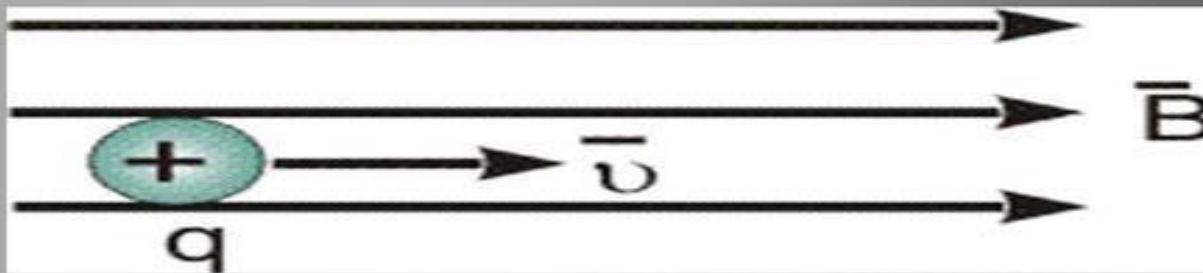


MyShared

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

Частица влетает в магнитное поле \parallel линиям
магнитной индукции $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$$\Rightarrow \mathbf{F}_\text{л} = 0$$



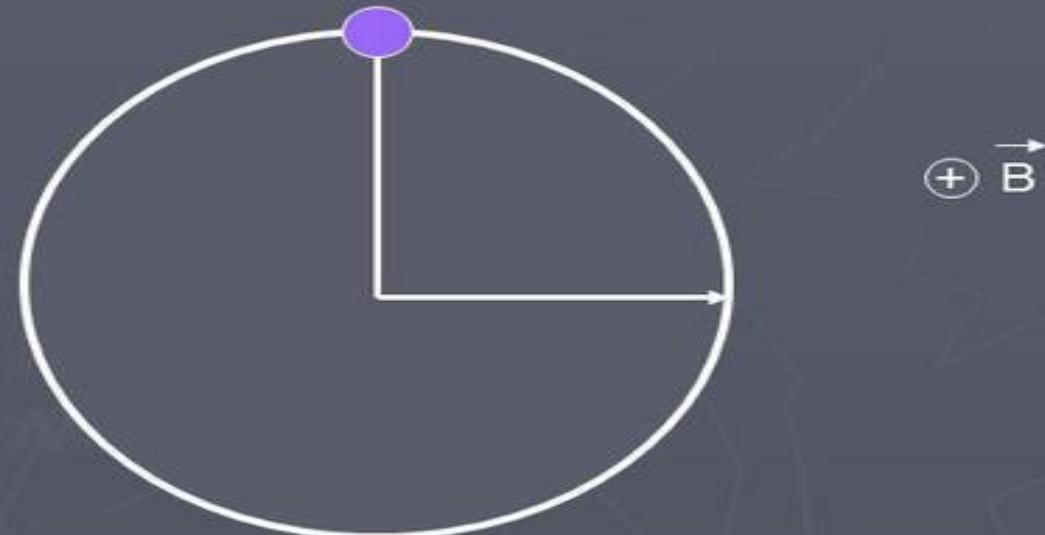
Если сила, действующая на частицу, $= 0$, то частица,
влетающая в магнитное поле, будет двигаться
равномерно и прямолинейно вдоль линий

магнитной индукции



MyShared

2) Если скорость частицы направлена под углом 90° к вектору магнитной индукции, то частица движется по окружности

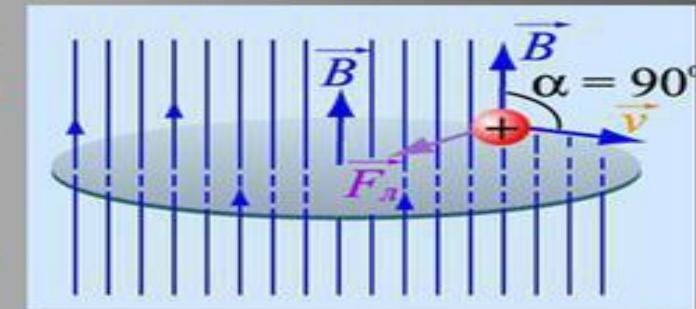
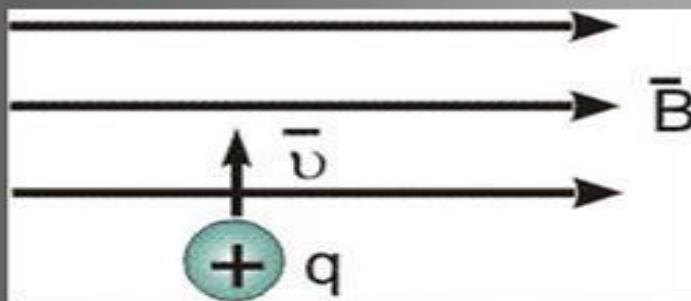


$$\alpha(\vec{U} \vec{B}) = 90^\circ$$



MyShared

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле



Если вектор $\vec{B} \perp$ вектору скорости \vec{v} ,
то $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\text{л}} = q_0 \cdot B \cdot v$

В этом случае сила Лоренца максимальна,
значит, частица будет двигаться
с центростремительным ускорением по окружности



Сила Лоренца

Теоретические основы

Магнитная ловушка

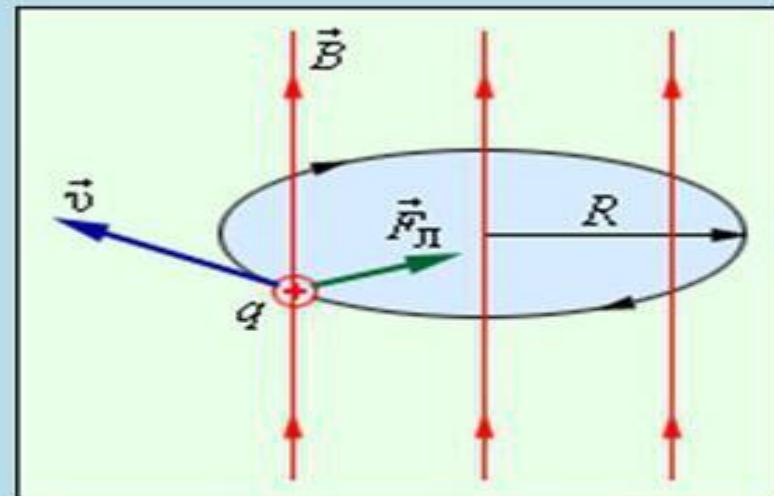
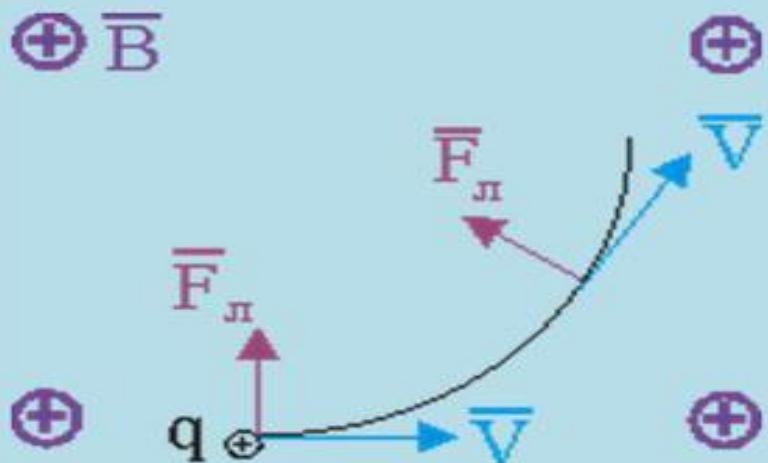
МГД - генератор

Правило левой руки

Направление силы
Лоренца

Автор теории
(Лоренц)

Условие максимума
для силы Лоренца

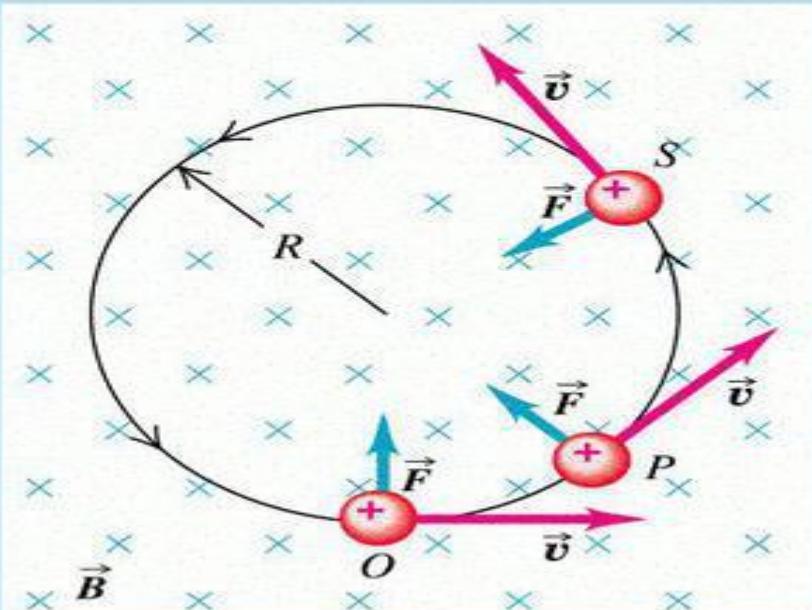


Сила Лоренца максимальная, если вектор $\mathbf{B} \perp$ вектору \mathbf{v}
 $\alpha = 90^\circ \quad \sin \alpha = 1$

Частица движется по окружности



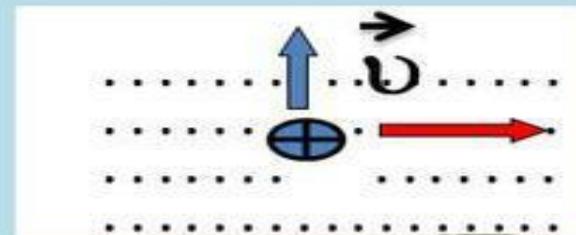
MyShared

Определение
радиуса кривизныВывод формулы
силы ЛоренцаТраектории частиц
в магнитном поле

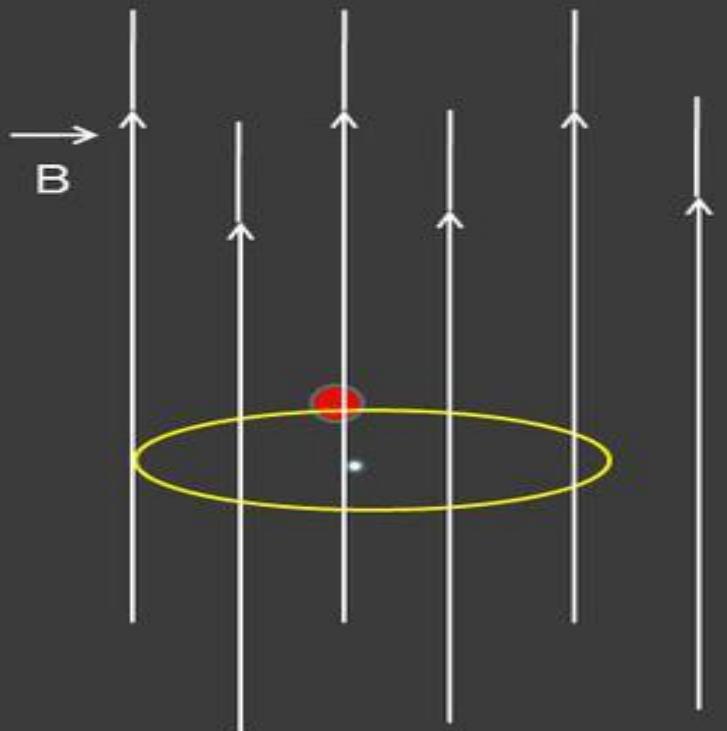
$$\frac{m v^2}{r} = |q|v B$$

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

$$r = \frac{m v}{|q|B}$$



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



Т.к. движение равномерное, то

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

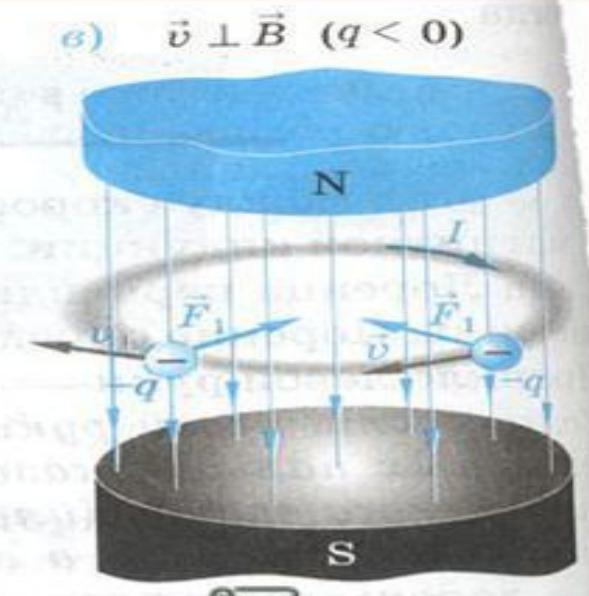
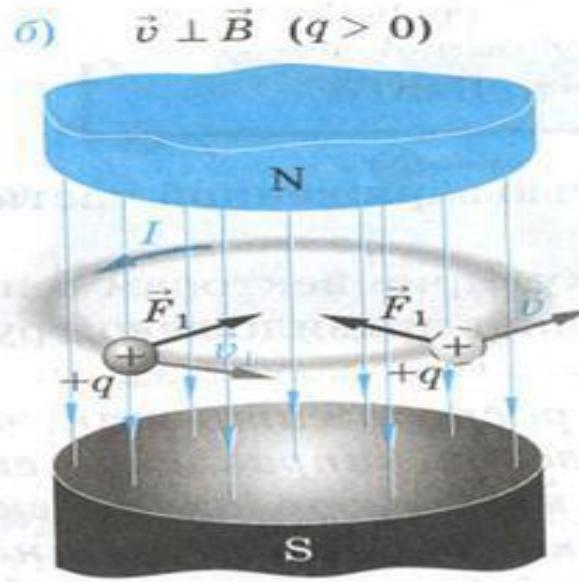
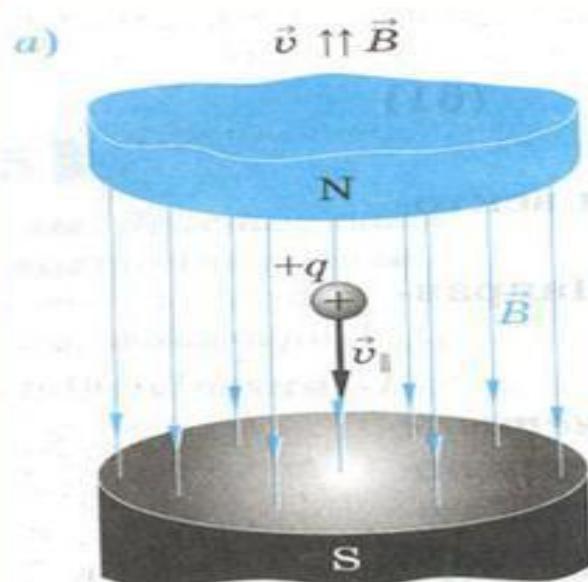
$$\text{т.к. } r = \frac{mv}{Bq}$$

$$T = \frac{2\pi m v}{B q v} = \frac{2\pi m}{B q}$$



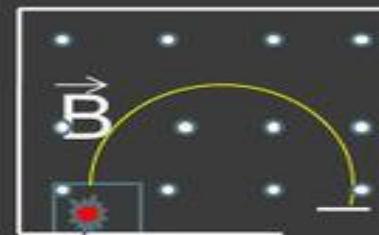
Определение
радиуса кривизныВывод формулы
силы ЛоренцаТраектории частиц
в магнитном поле

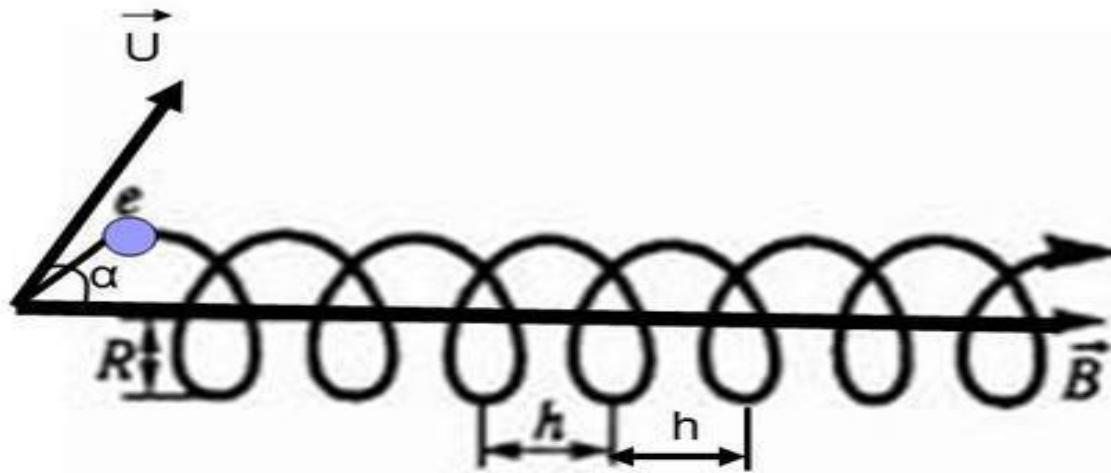
Движения зарядов противоположного знака в магнитном поле всегда происходят в противоположных направлениях



Применение силы Лоренца

- Осциллограф
- Кинескоп
- Масс – спектрограф
- Ускорители элементарных частиц
(циклотрон, бетатрон,
синхрофазotron)





$$\alpha (\vec{U} \vec{B})$$

3) Если скорость частицы направлена под углом отличным от 90° к вектору магнитной индукции, то частица движется по спирали с постоянным шагом

Правило левой руки

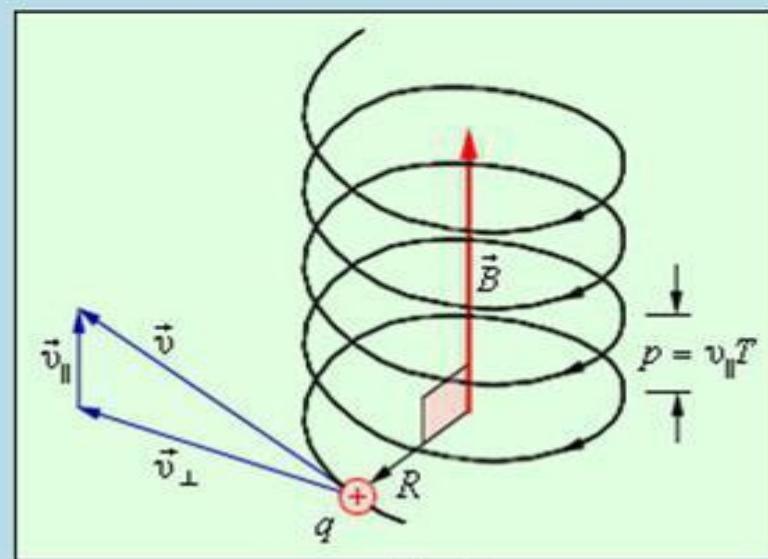
Направление силы
ЛоренцаАвтор теории
(Лоренц)Условие максимума
для силы Лоренца

Движение заряженной частицы в магнитном поле под углом к вектору магнитной индукции

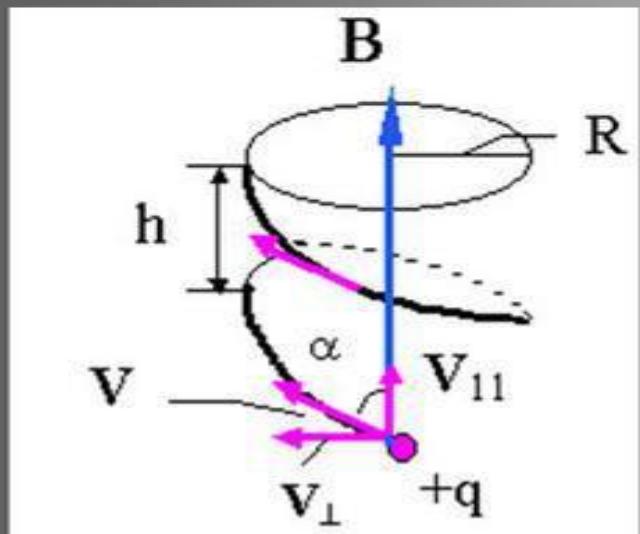
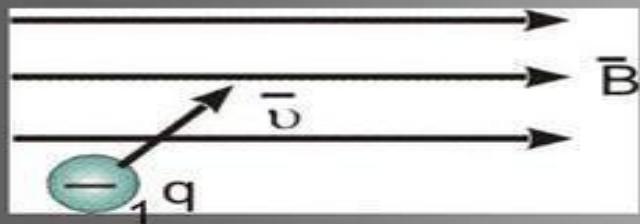
В однородном магнитном поле заряженная частица движется по спирали.

Радиус спирали R зависит от модуля поперечной составляющей v_{\perp}

Шаг спирали p зависит от модуля продольной составляющей v_{\parallel}



Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле



Вектор скорости нужно разложить на две составляющие: $v \parallel$ и $v \perp$, т.е. представить сложное движение частицы в виде двух простых: равномерного прямолинейного движения вдоль линий индукции и движения по окружности перпендикулярно линиям индукции – частица движется по спирали.

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

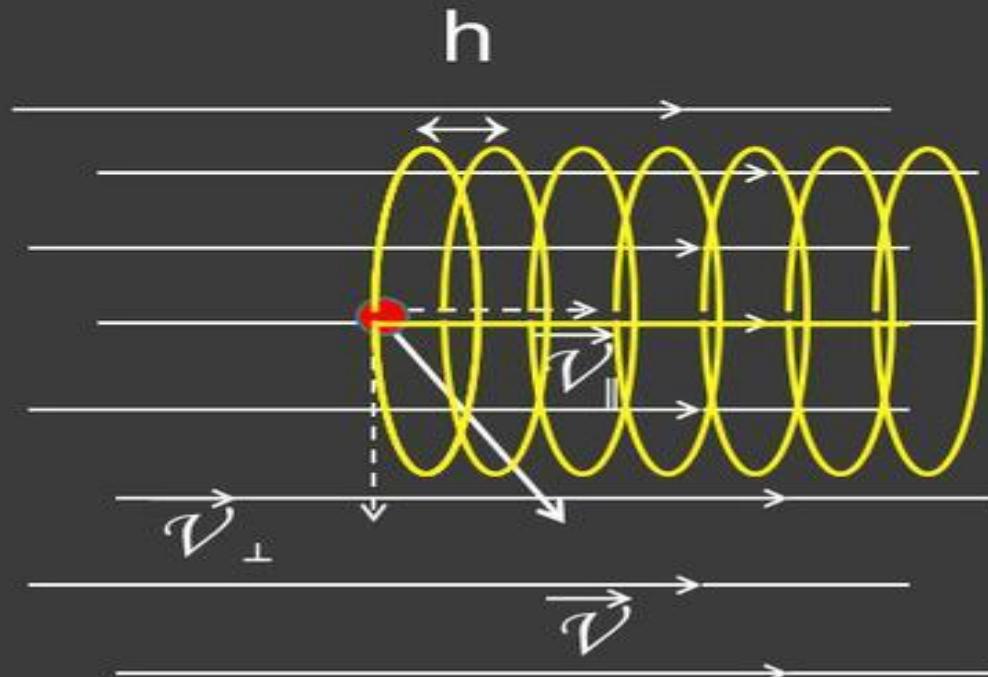
$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$



MyShared

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

\vec{v}



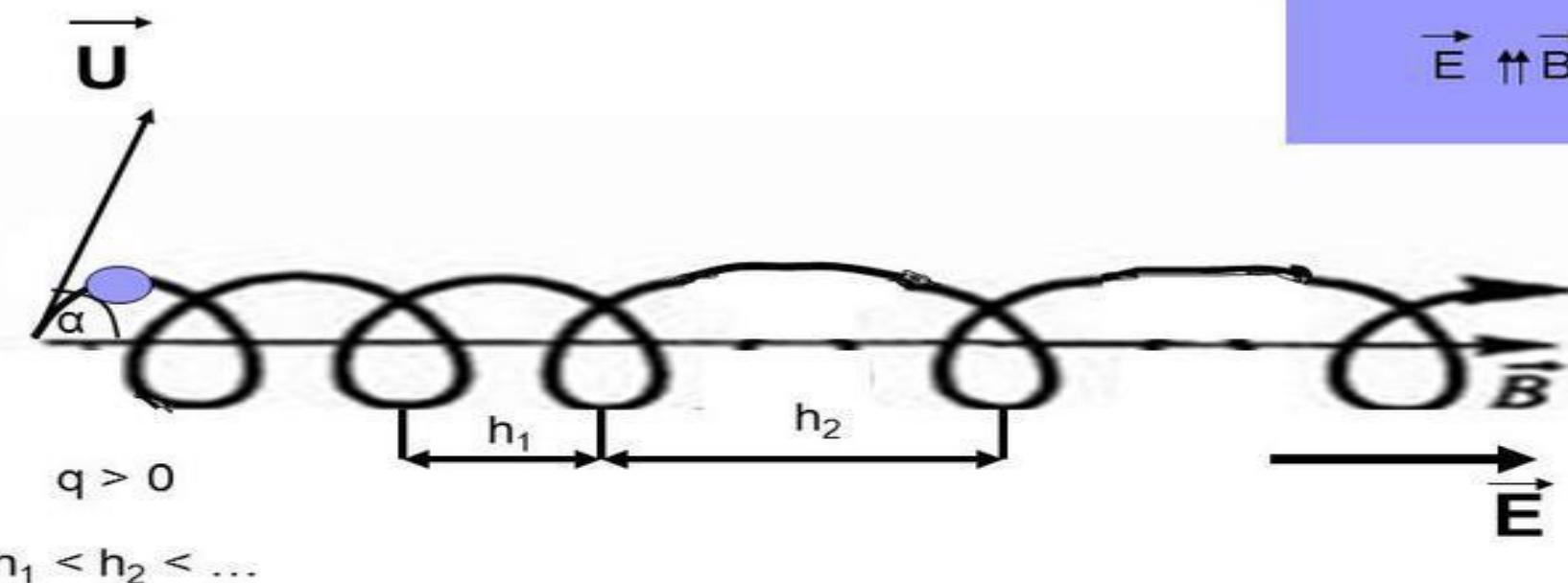
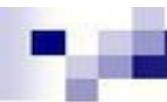
$$h = v_\parallel T \quad v_\parallel = v \cos \alpha \\ v_\perp = v \sin \alpha$$

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

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



MyShared

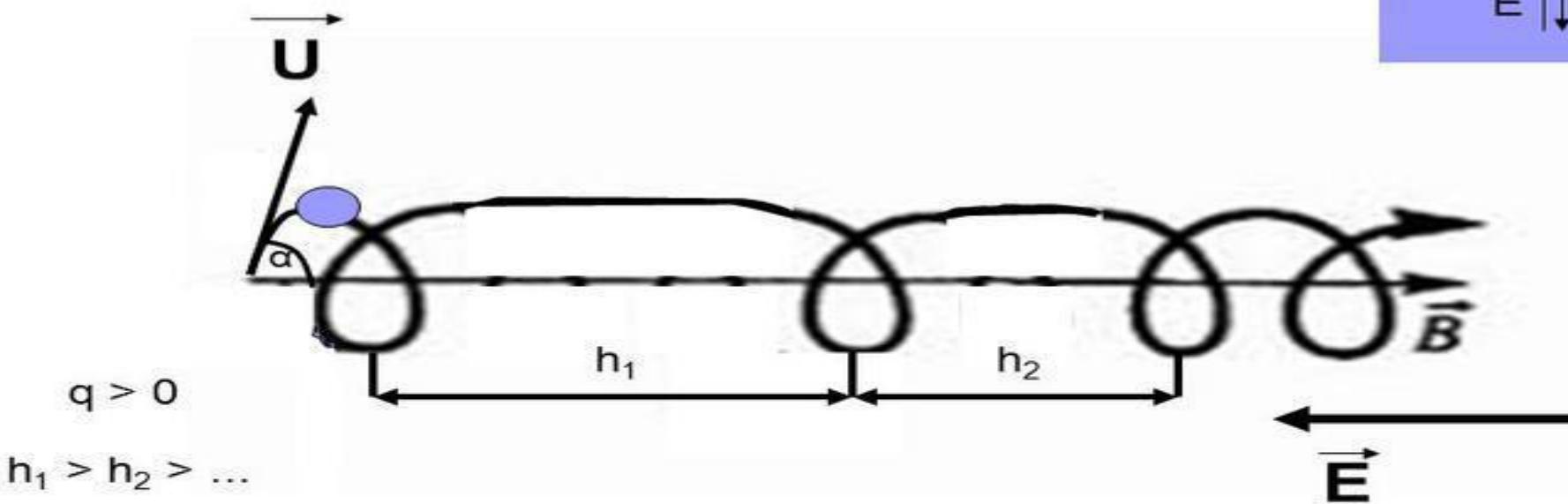


4) Если положительно заряженная частица движется в магнитном и электрическом полях, вектора напряженности которых сонаправлены, то частица движется под углом к этим векторам по спирали, шаг которой увеличивается



MyShared

$$E \uparrow \downarrow B$$



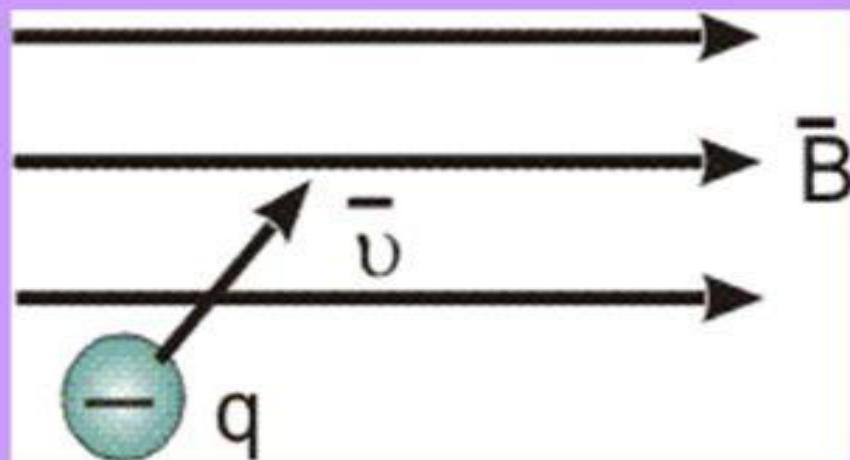
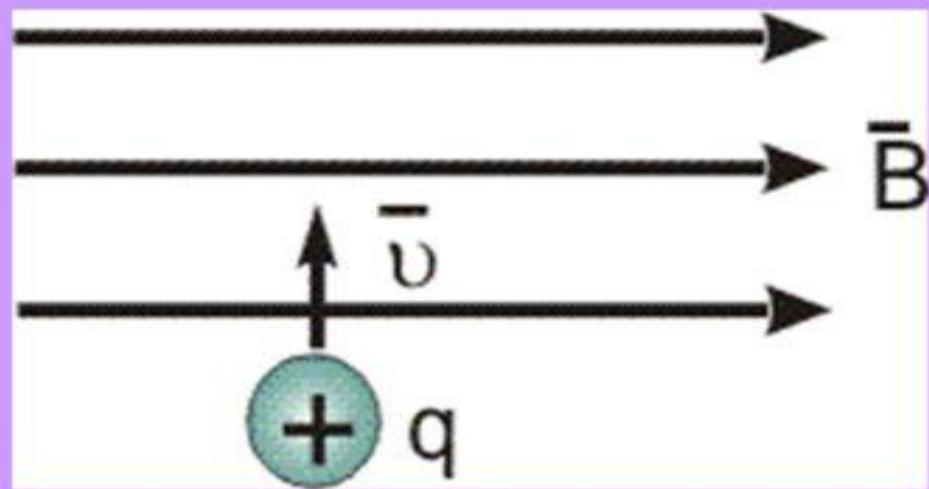
5) Если положительно заряженная частица движется в магнитном и электрическом полях, вектора которых направлены в разные стороны, то частица движется по спирали, шаг которой уменьшается



MyShared

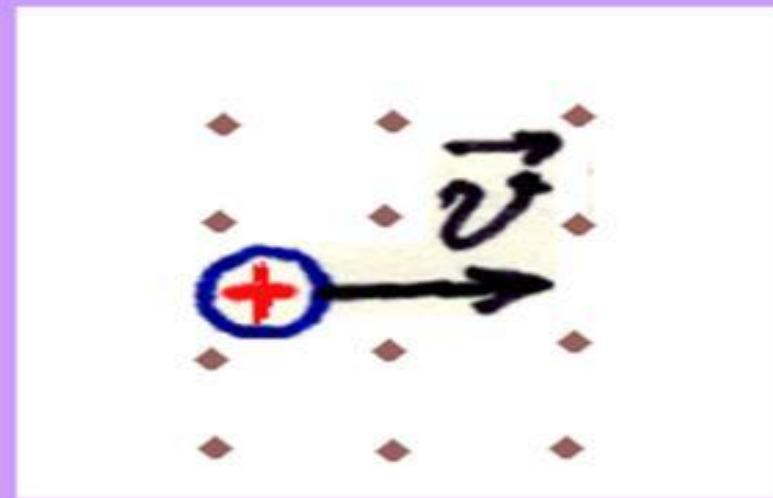
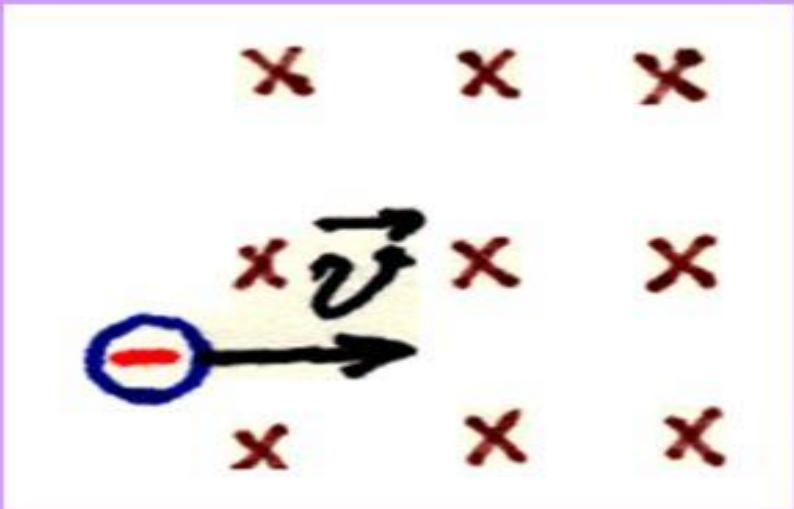


1. Определите направление действия силы Лоренца





3. Определите направление действия силы Лоренца



**Чему равна сила Лоренца,
действующая на электрон,
движущийся в магнитном поле по
окружности радиусом 0,03м, если
скорость электрона 10^6 м/с? Масса
электрона $9 \cdot 10^{-31}$ кг.**



1 вариант

- 1) Определите направление силы Лоренца



- 2) Определите направление вектора магнитной индукции :



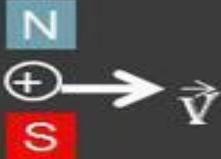
- 3) Определите направление скорости движения заряда



- 4) С какой скоростью движется в однородном поле с магнитной индукцией 0,01 Тл протон, если он описывает окружность радиусом 10 см?

2 вариант

- 1) Определите направление силы Лоренца



- 2) Определите направление вектора магнитной индукции :



- 3) Определите направление скорости движения заряда



- 4) Электрон, двигаясь со скоростью 10^8 см/с , влетает в однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл. Каков будет радиус кривизны его траектории?