

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?



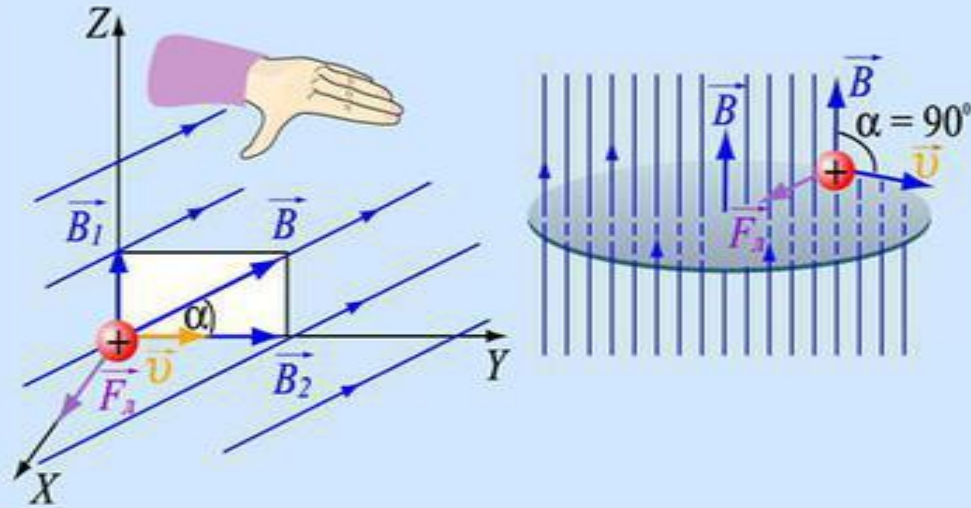
Цель работы

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:

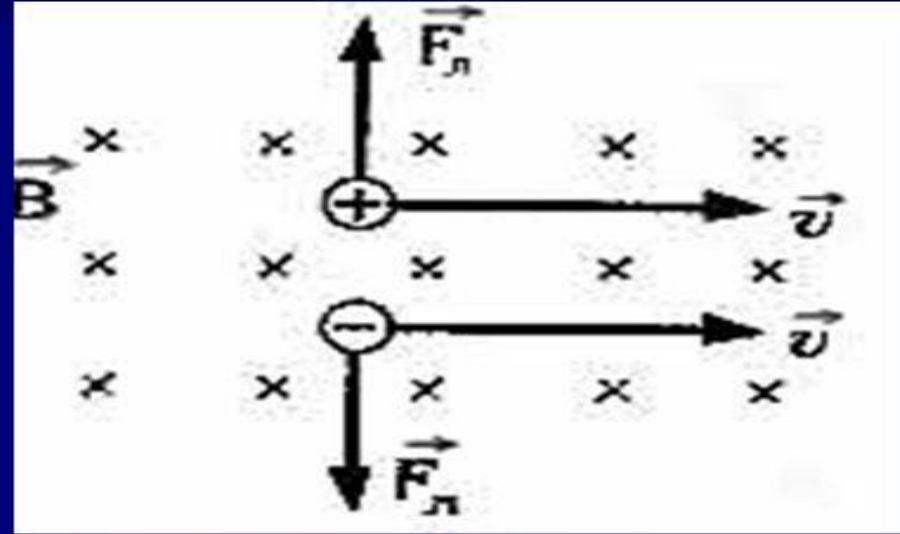
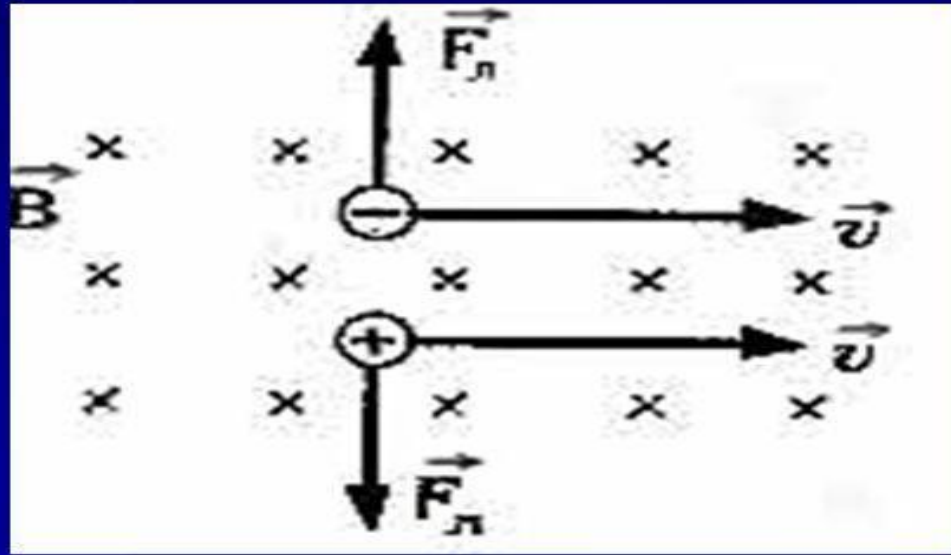
если левую руку расположить так, чтобы вытянутые пальцы были направлены по скорости (если частица положительная), вектор магнитной индукции вошёл в ладонь, то большой отогнутый вверх палец покажет направление силы Лоренца).



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

- 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

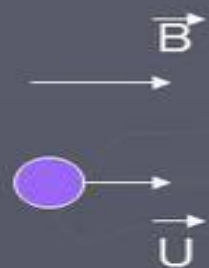
Если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости положительного заряда, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление силы действующей на данный заряд.



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



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

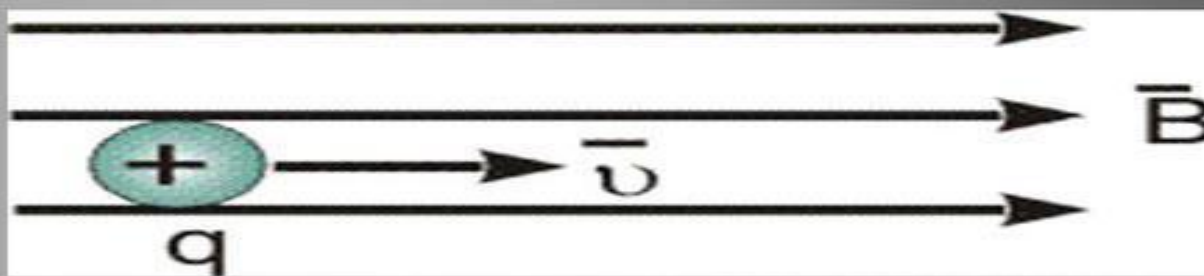


$$\alpha(\vec{v}, \vec{B}) = 0^\circ$$

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

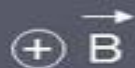
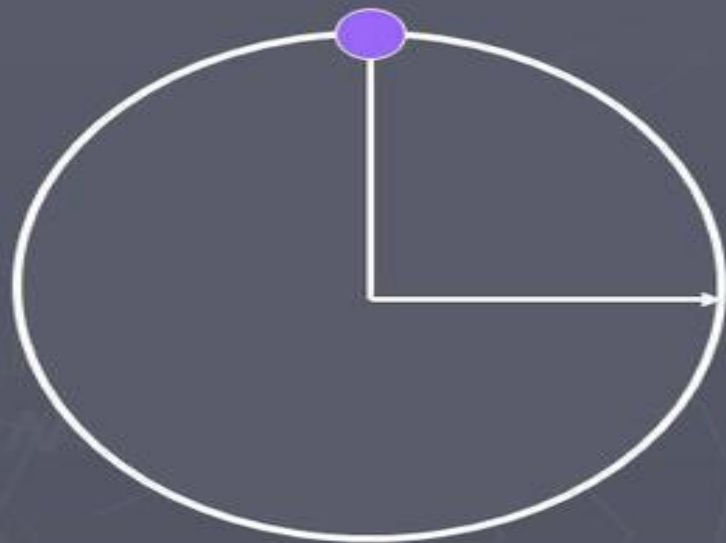
Частица влетает в магнитное поле \parallel линиям
магнитной индукции $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$$\Rightarrow F_{\text{л}} = 0$$



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

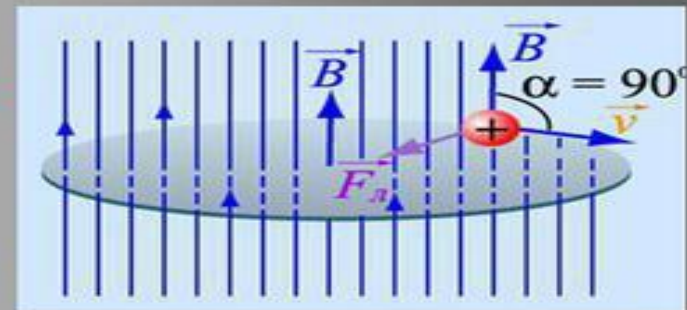
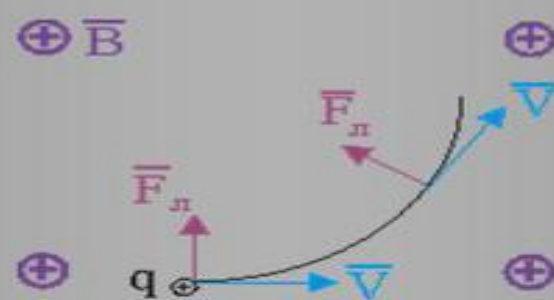
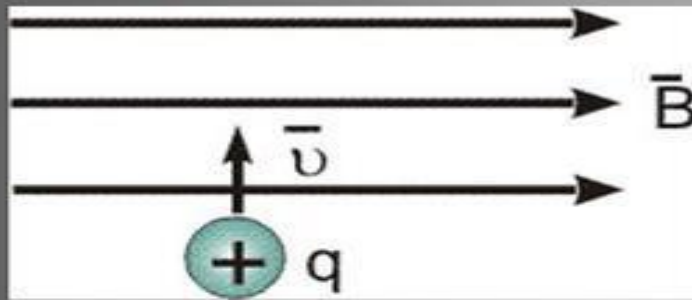
2) Если скорость частицы направлена под углом 90° к вектору магнитной индукции, то частица движется по окружности



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



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**

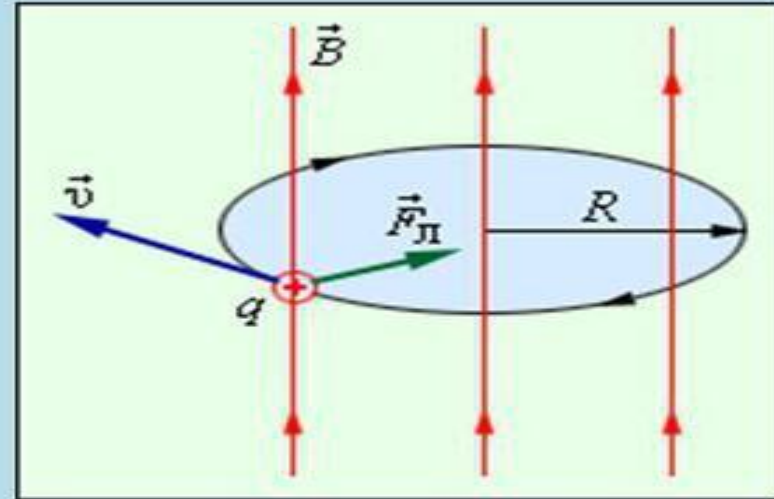
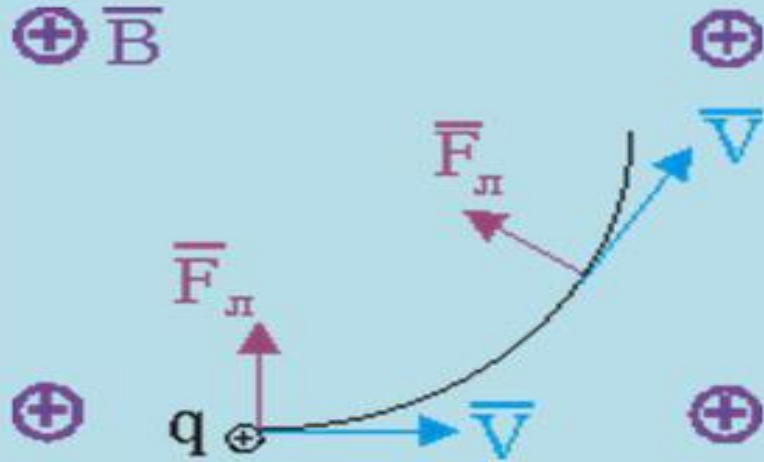
с центростремительным ускорением по окружности

Правило левой руки

Направление силы Лоренца

Автор теории (Лоренц)

Условие максимума для силы Лоренца



Сила Лоренца максимальная, если вектор $\vec{B} \perp$ вектору \vec{v}

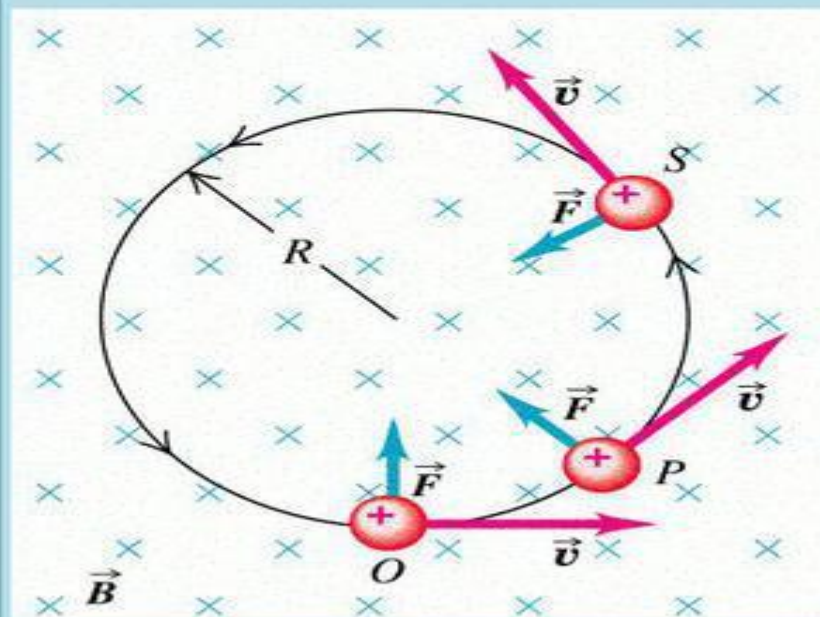
$$\alpha = 90^\circ \quad \sin \alpha = 1$$

Частица движется по окружности

Определение
радиуса кривизны

Вывод формулы
силы Лоренца

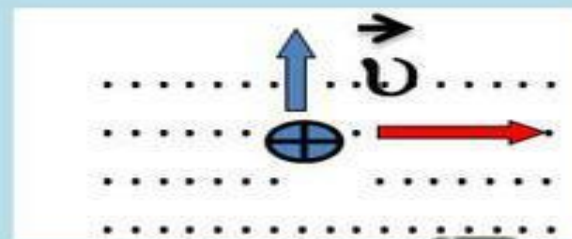
Траектории частиц
в магнитном поле



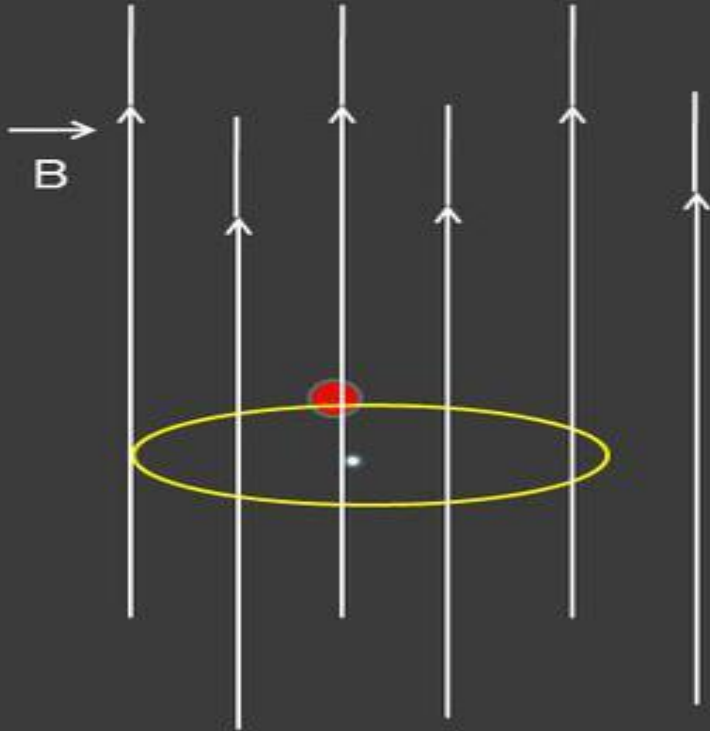
$$\frac{m v^2}{r} = |q| v B$$

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

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



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



Т.к движение равномерное, то

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

т.к. $r = \frac{mv}{Bq}$

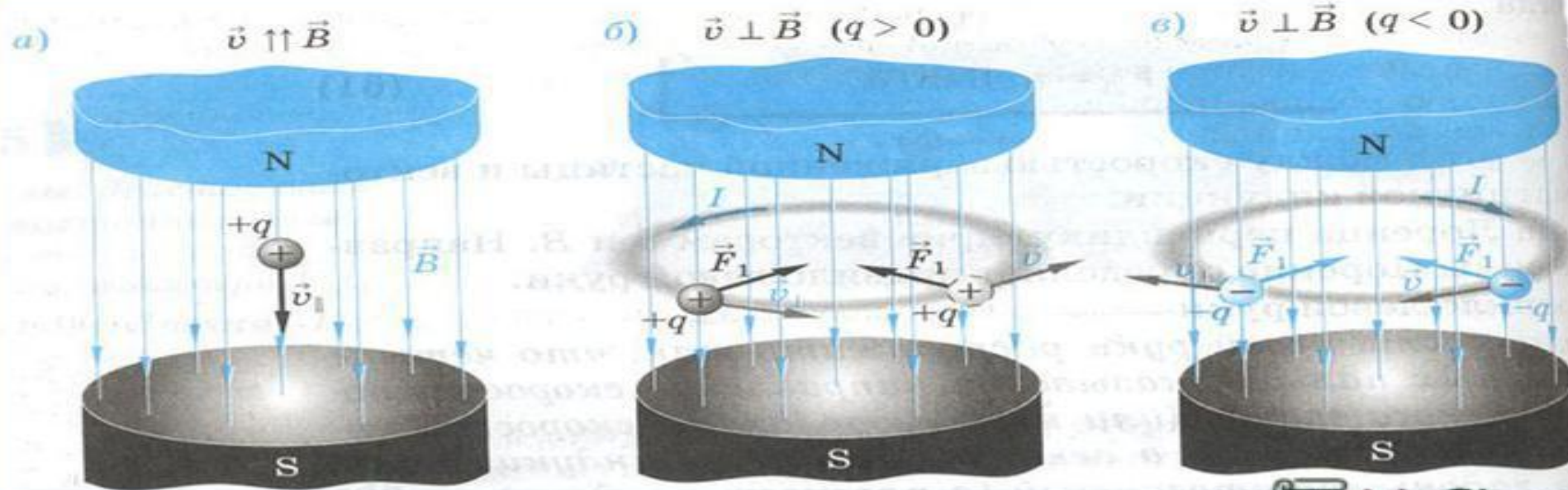
$$T = \frac{2\pi m v}{Bq v} = \frac{2\pi m}{Bq}$$

Определение
радиуса кривизны

Вывод формулы
силы Лоренца

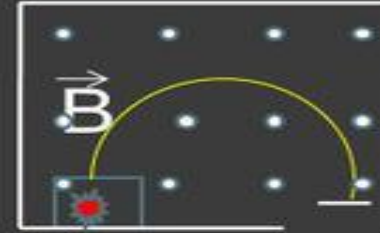
Траектории частиц
в магнитном поле

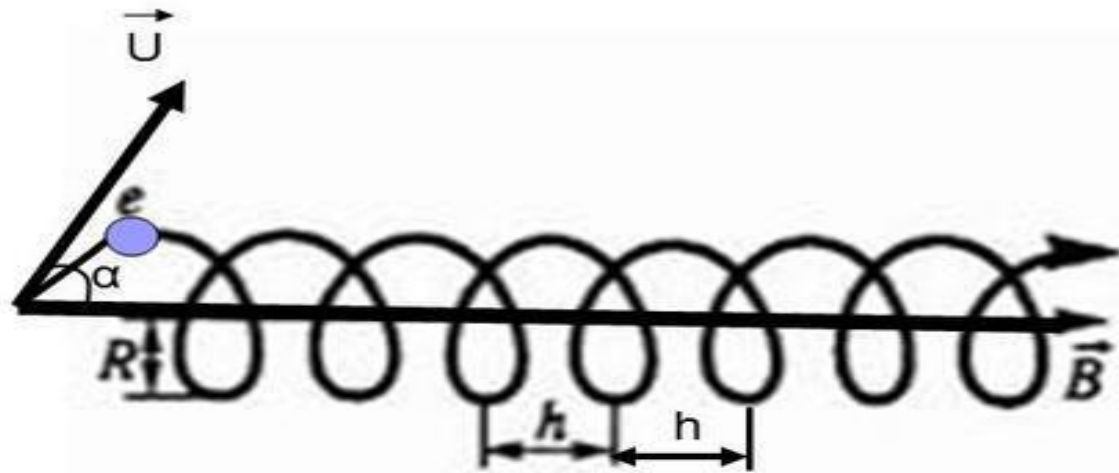
Движения зарядов противоположного знака в магнитном поле всегда происходят в противоположных направлениях



Применение силы Лоренца

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





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

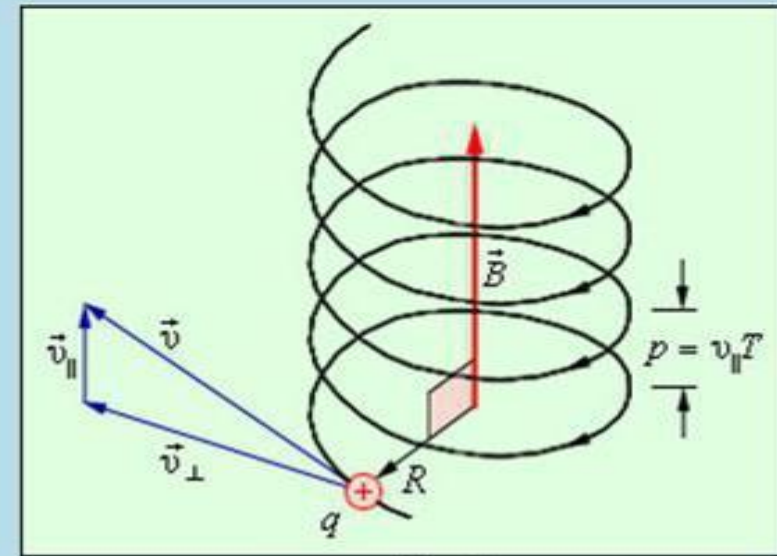
3) Если скорость частицы направлена под углом отличным от 90° к вектору магнитной индукции, то частица движется по спирали с постоянным шагом

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

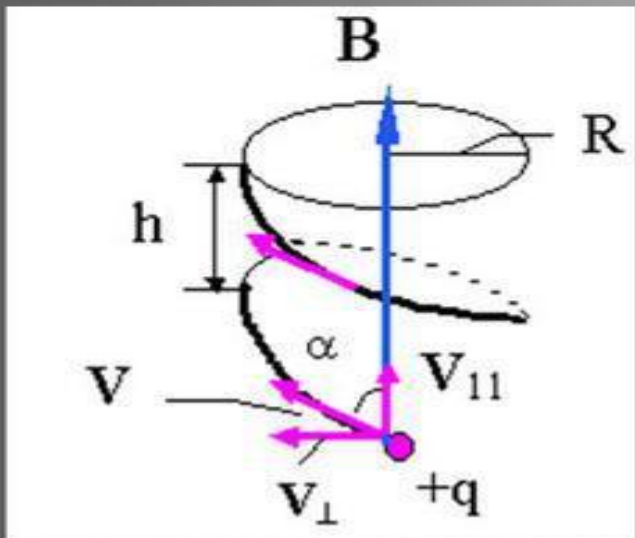
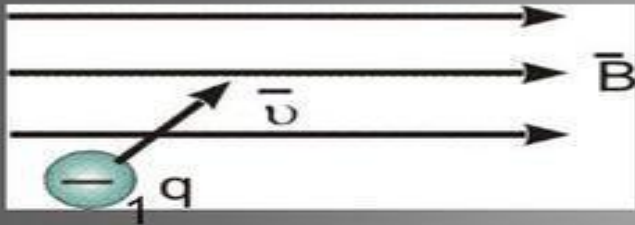
В однородном магнитном поле заряженная частица движется по спирали.

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



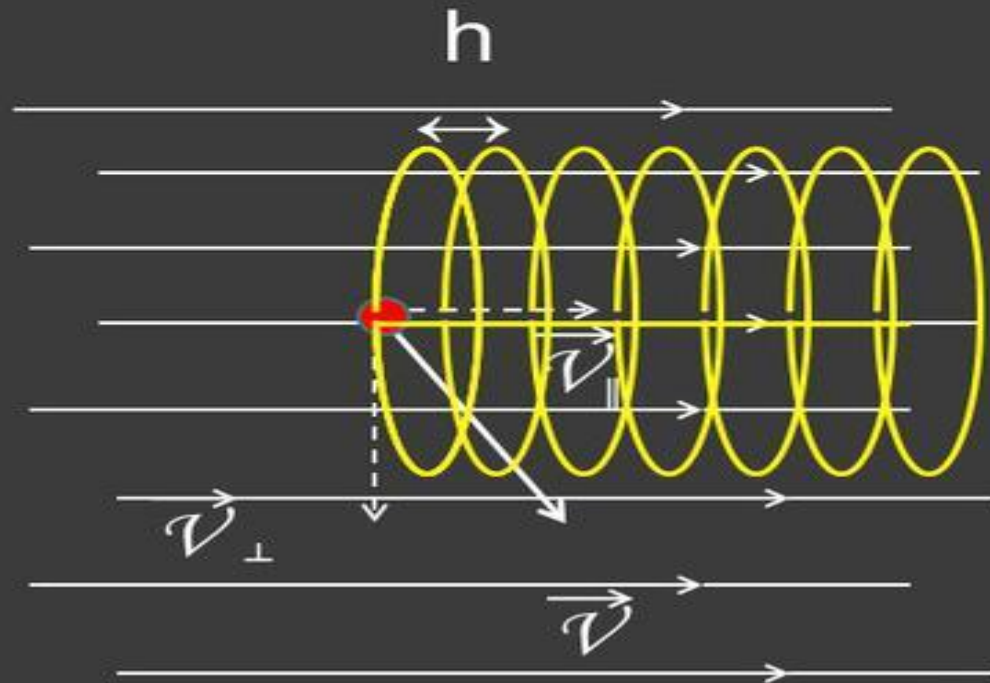
Вектор скорости нужно разложить на две составляющие: v_{\parallel} и v_{\perp} , т.е. **представить сложное движение частицы в виде двух простых: равномерного прямолинейного движения вдоль линий индукции и движения по окружности перпендикулярно линиям индукции** – частица движется по спирали.

$$R = m v_{\perp} / |q B|$$

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

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

\vec{B}



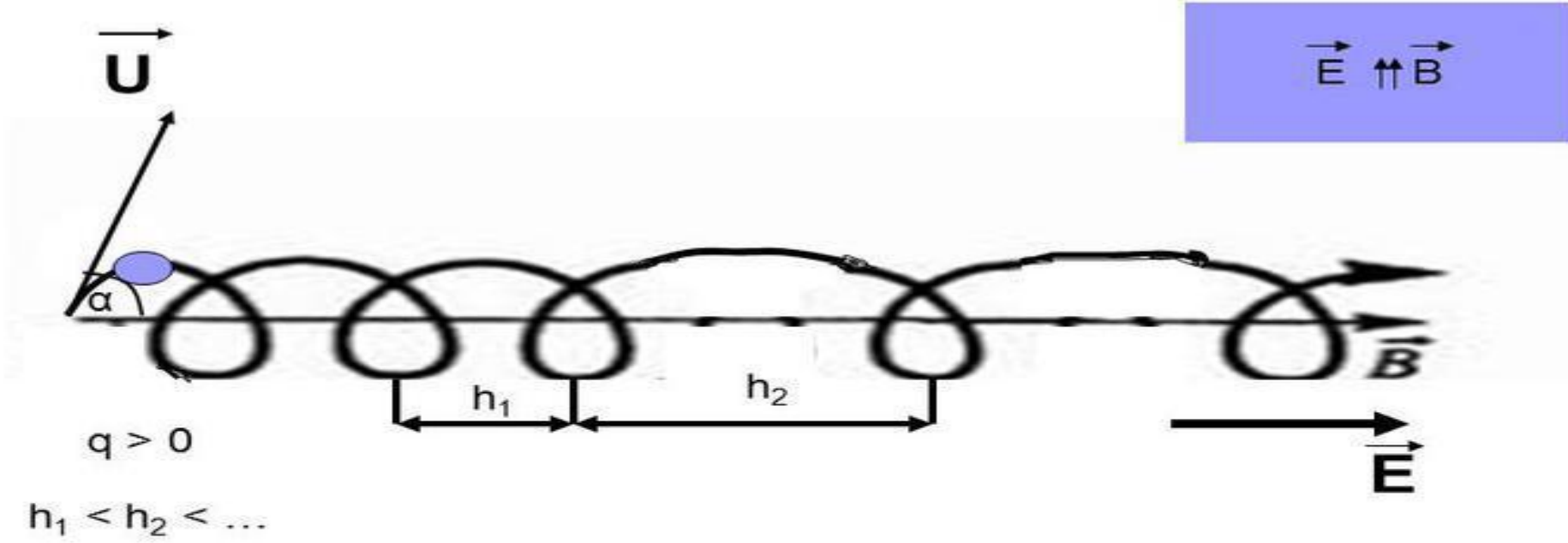
$$h = v_{\parallel} T$$

$$v_{\parallel} = v \cos \alpha$$

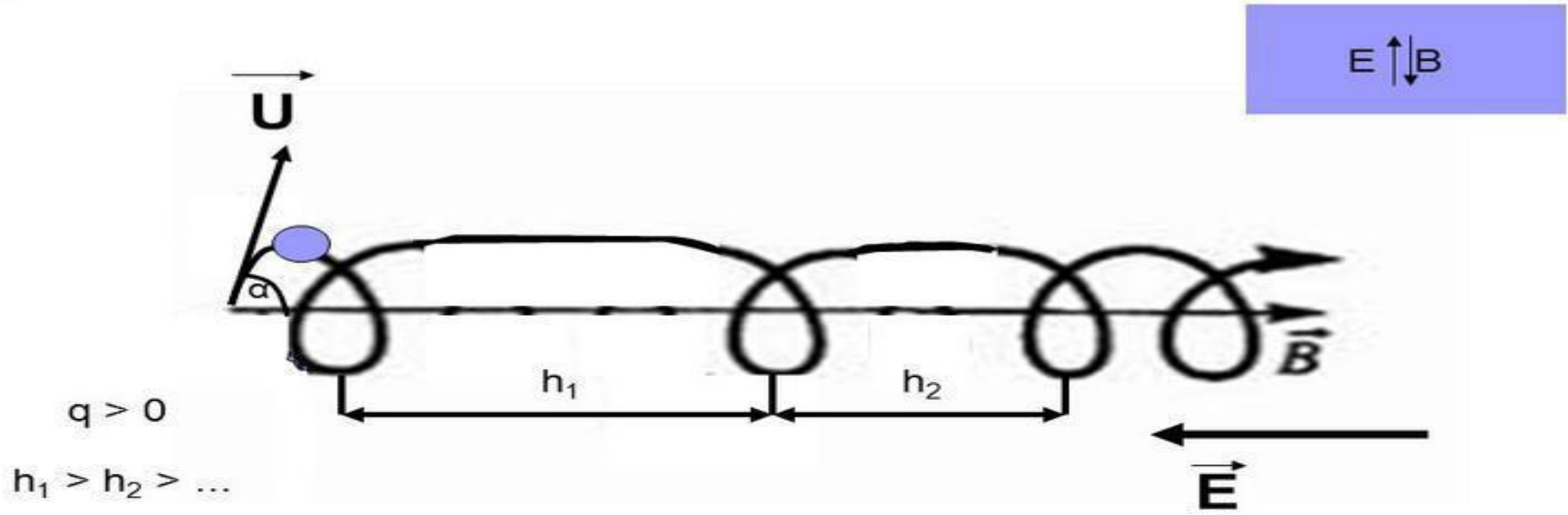
$$v_{\perp} = v \sin \alpha$$

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

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



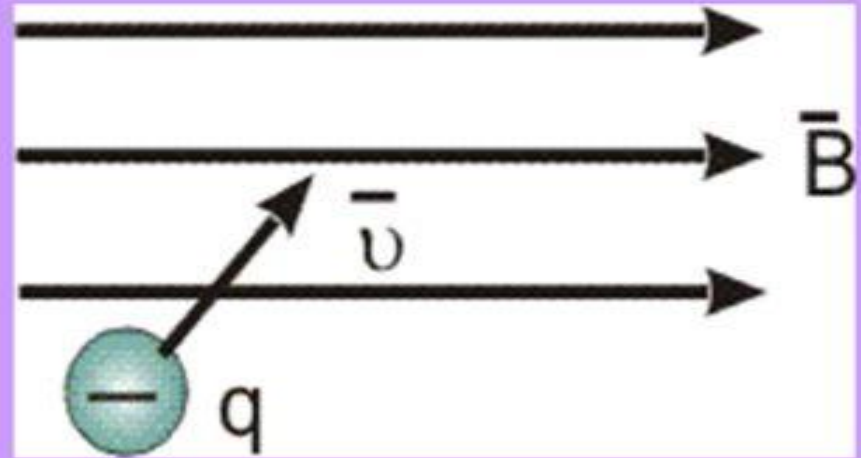
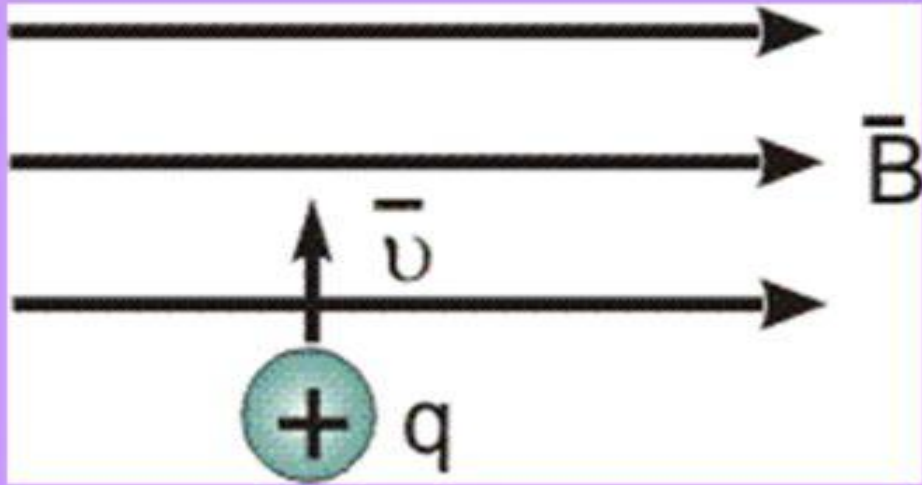
4) Если положительно заряженная частица движется в магнитном и электрическом полях, вектора напряженности которых сонаправлены, то частица движется под углом к этим векторам по спирали, шаг которой увеличивается



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

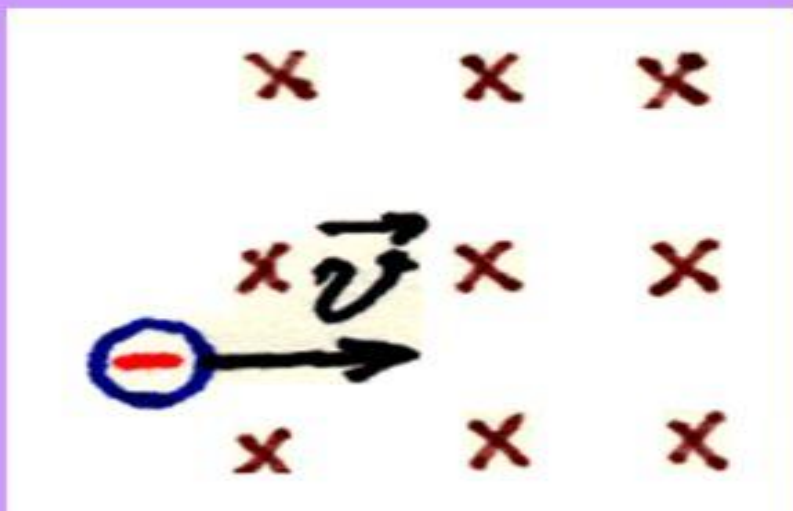


1. Определите направление действия силы Лоренца





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?