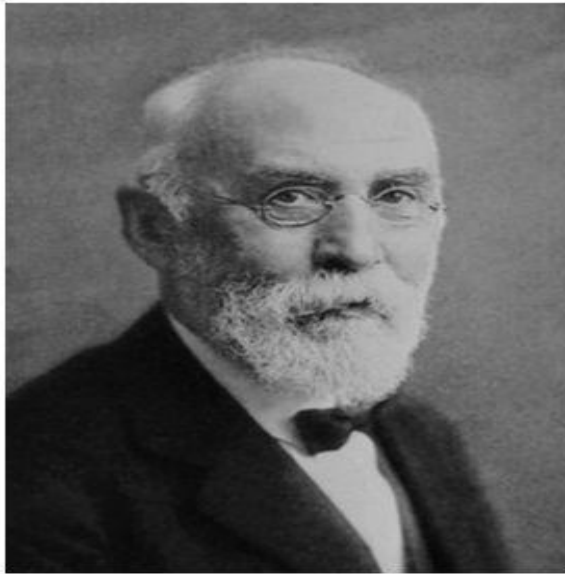
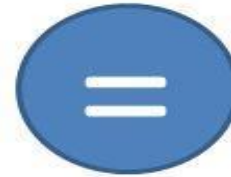


Сила Лоренца



Хендрик Антон Лоренц
(18.07.1853 – 04.02.1928)
Нидерландский физик
Создатель электронной
теории строения вещества

Сила Лоренца



- сила, действующая на
движущуюся заряженную
частицу со стороны
магнитного поля

Сила Лоренца

Повторение

1. Что называют линиями магнитной индукции?
2. Закон Ампера?
3. Правило левой руки для определения направления силы Ампера.
4. В каких единица выражается магнитная индукция?

Сила Лоренца

Сила Лоренца - сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Х.Лоренц (1853-1928) – голландский физик, основатель электронной теории строения вещества.

Модуль силы Лоренца

Модуль силы Лоренца:

$$F_{Л} = \frac{F_A}{N}$$

Уравнение для силы тока в проводнике:

$$I = qn v S$$

Сила Ампера:

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

Сила Лоренца

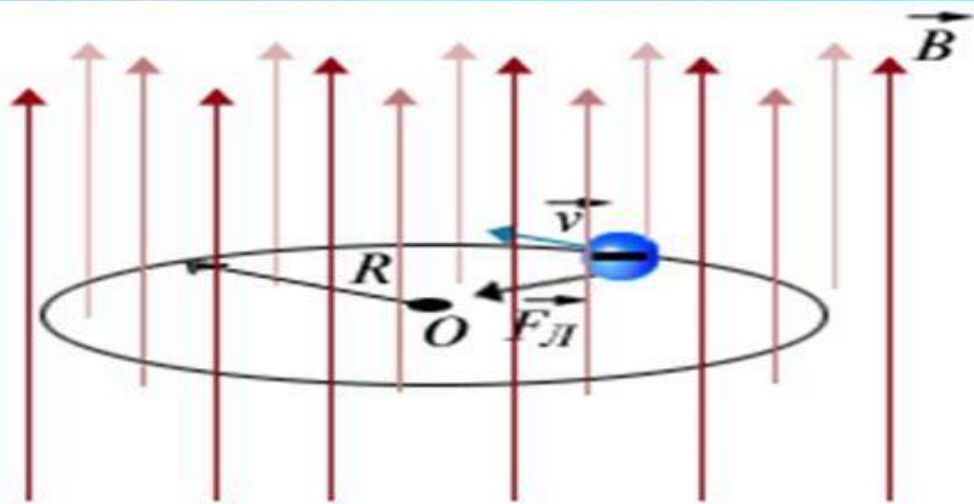
$$I = qn v S$$

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

$$F = |q| n v S \Delta l B \sin \alpha = |q| v N B \sin \alpha, \text{ где } N = n S \Delta l$$

$$F_L = \frac{F}{N} = |q| v B \sin \alpha$$

Сила Лоренца.



$$m a_{uc} = q v B$$

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

$$R = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B}$$

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

- **Магнитное поле действует только на движущийся заряд.**
- **Силой Лоренца называют силу F_L , действующую в магнитном поле на электрический заряд q , движущийся в пространстве со скоростью v .**

Сила Лоренца

- это сила, действующая со стороны магнитного поля на движущуюся заряженную частицу

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

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

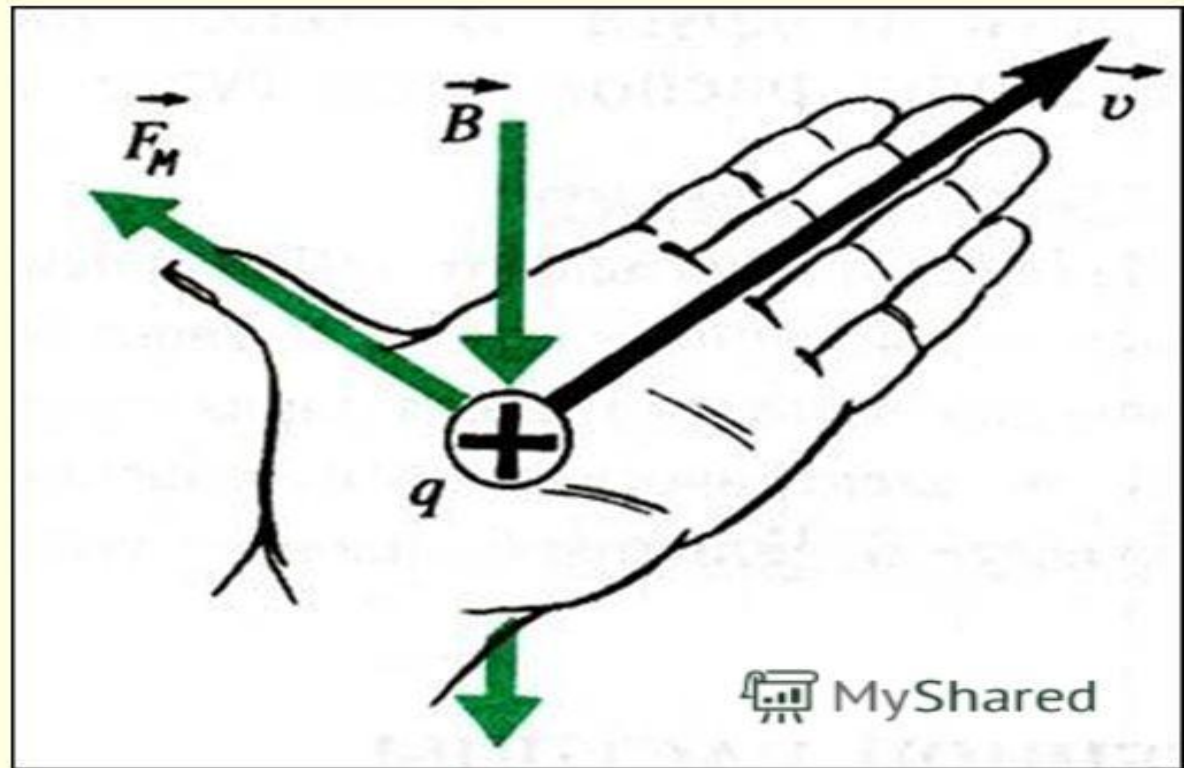


Сила Лоренца

- Описывает действие магнитного поля на движущийся электрический заряд

$$F = qBv \sin \alpha$$

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

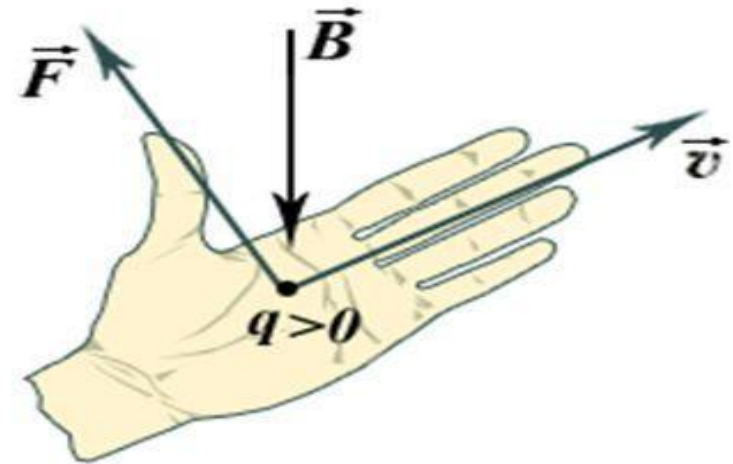


Сила Лоренца

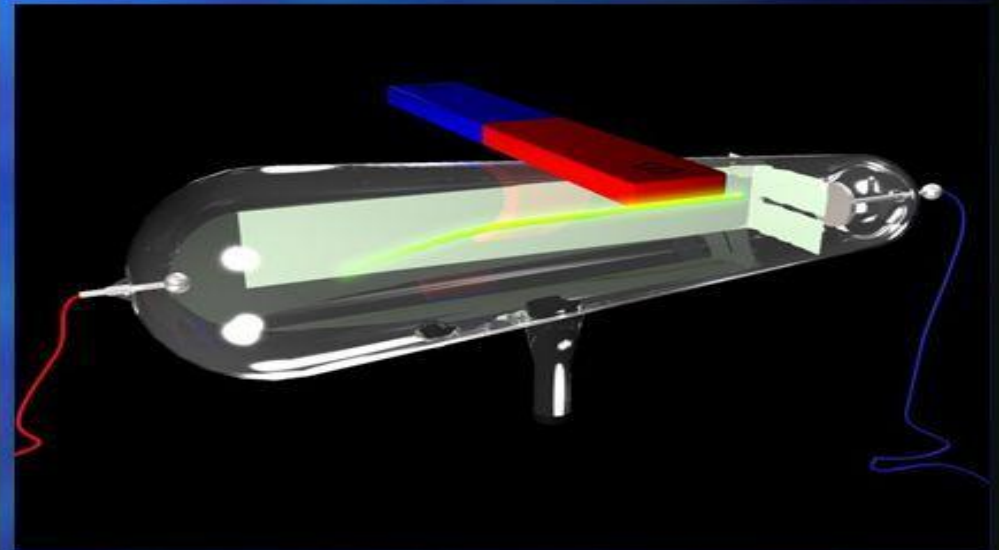
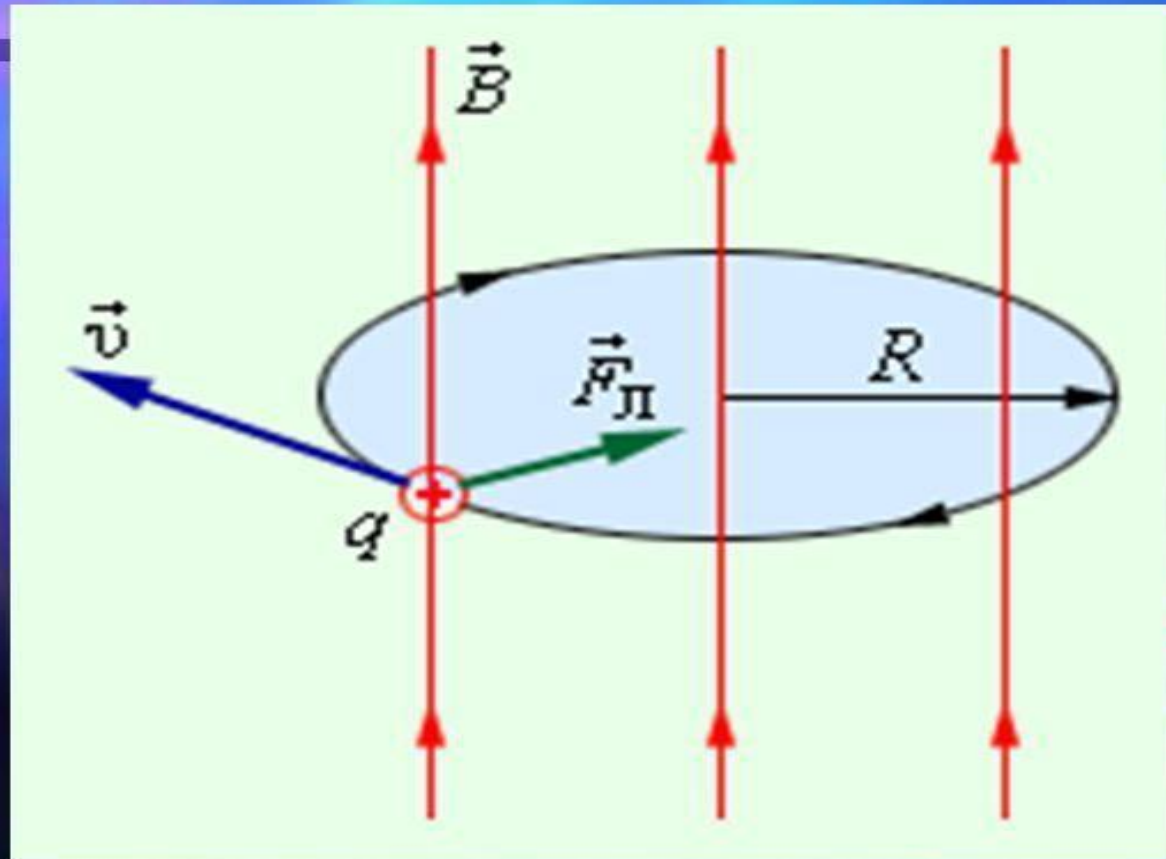
Направление силы Лоренца определяет правило левой руки

Правило левой руки:

Если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости положительного заряда (или противоположное скорости отрицательного заряда), а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый в плоскости ладони на 90° большой палец покажет направление силы, действующей на данный заряд

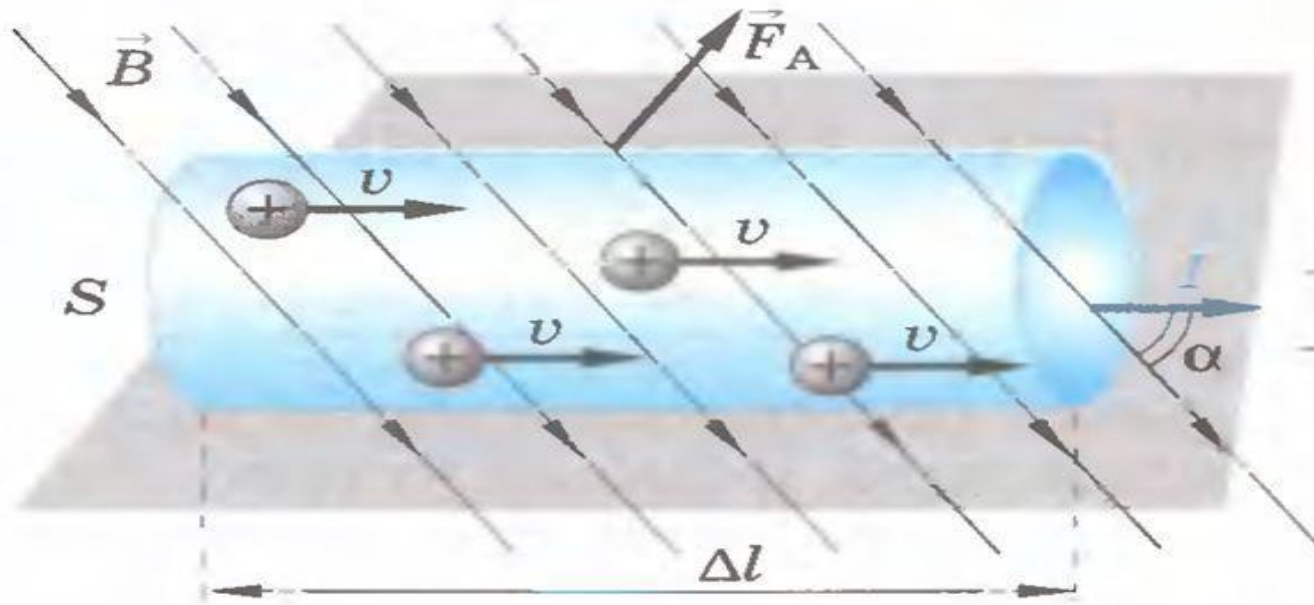


Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки.

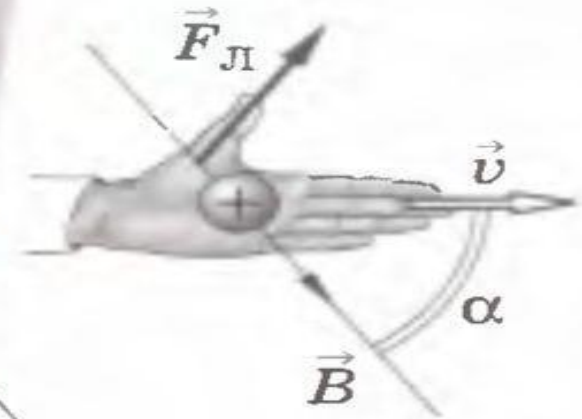


Сила Лоренца

Правило левой руки:

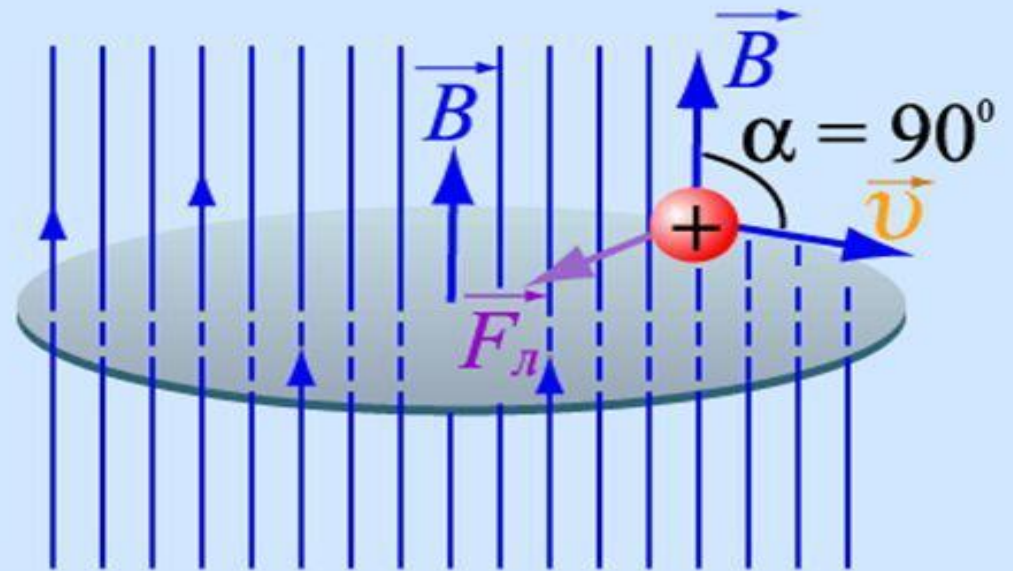
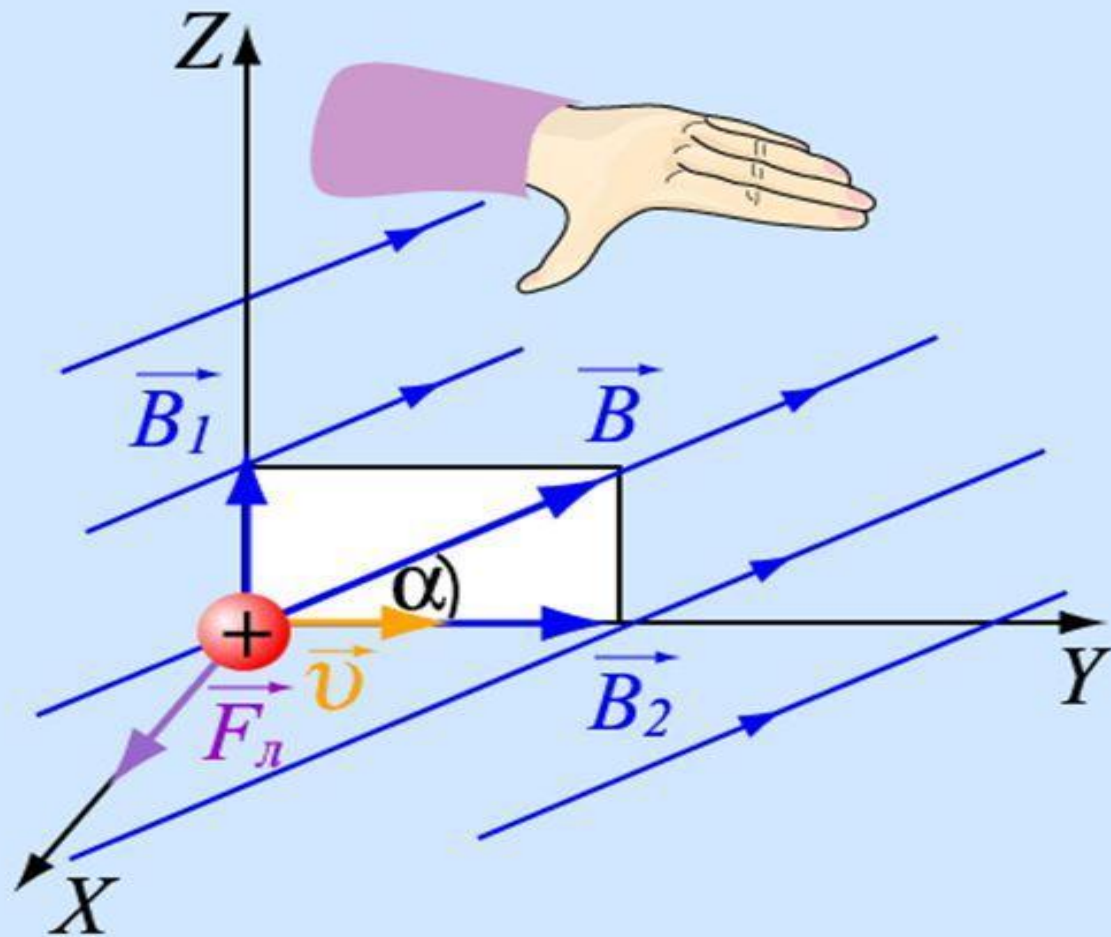


a)



б)

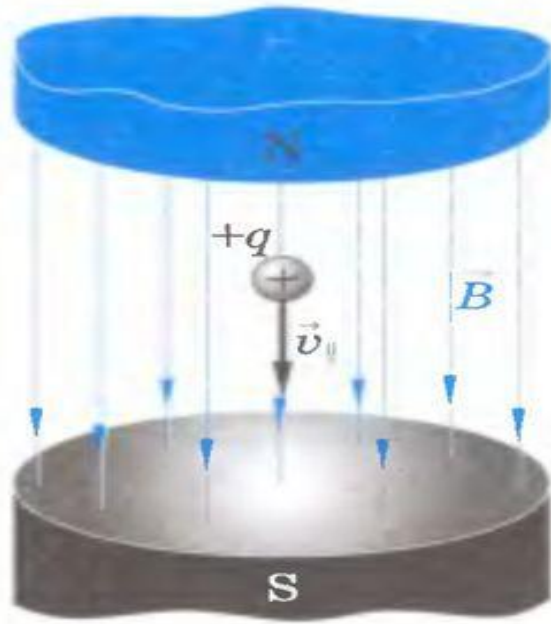
Сила Лоренца.



Сила Лоренца

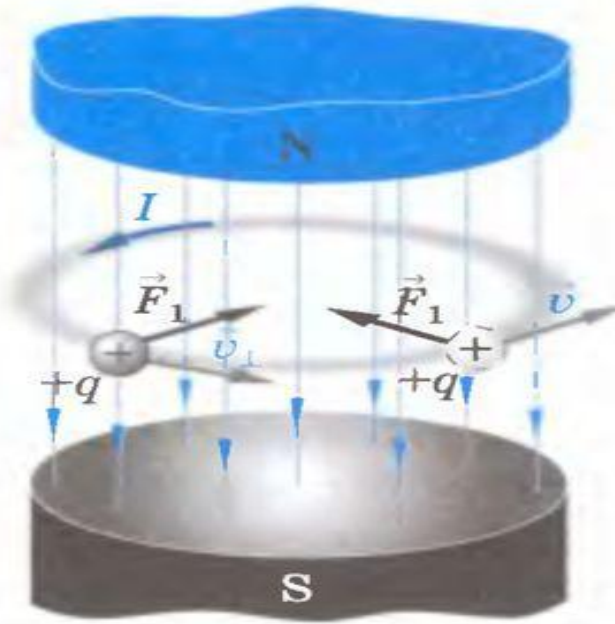
a)

$$\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{B}$$



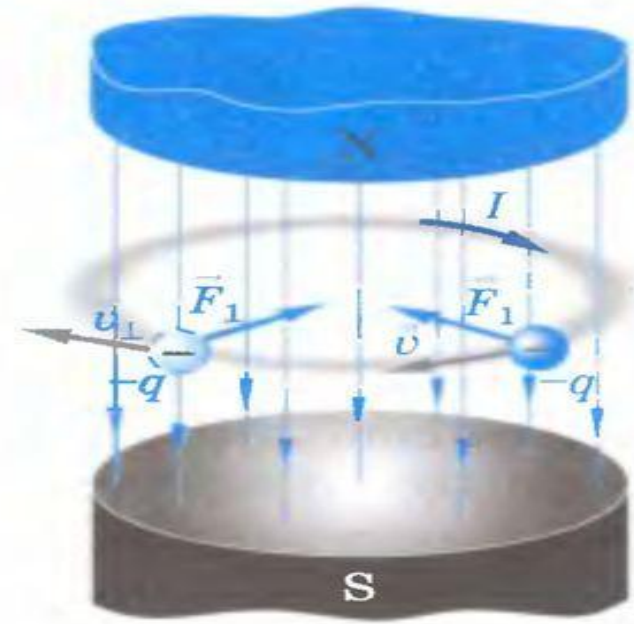
б)

$$\vec{v} \perp \vec{B} \quad (q > 0)$$



в)

$$\vec{v} \perp \vec{B} \quad (q < 0)$$

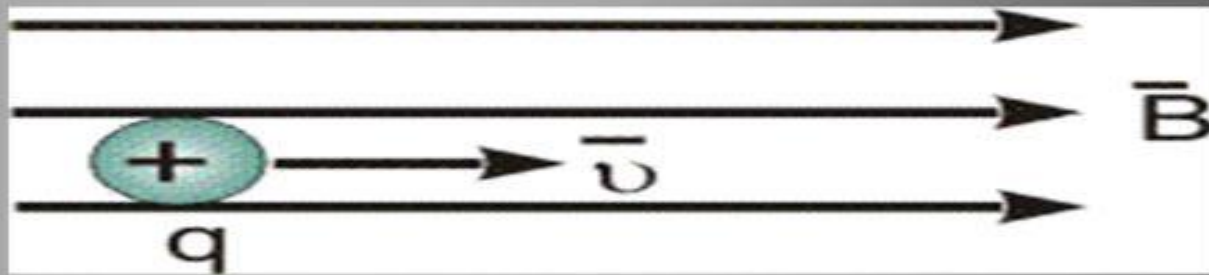


Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

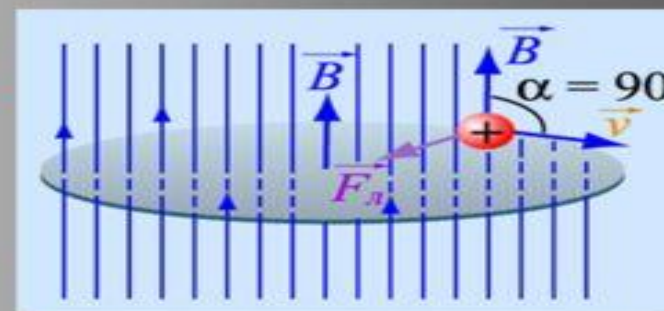
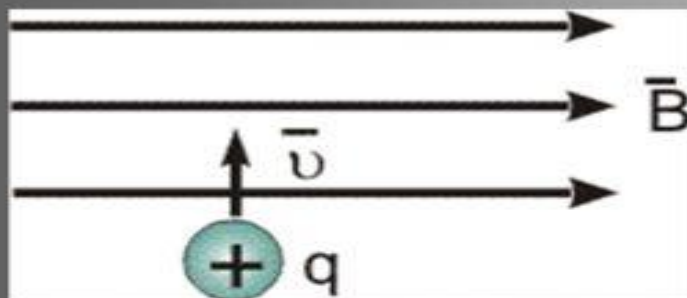
Частица влетает в магнитное поле \parallel линиям
магнитной индукции $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$$\Rightarrow F_{\text{л}} = 0$$



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

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

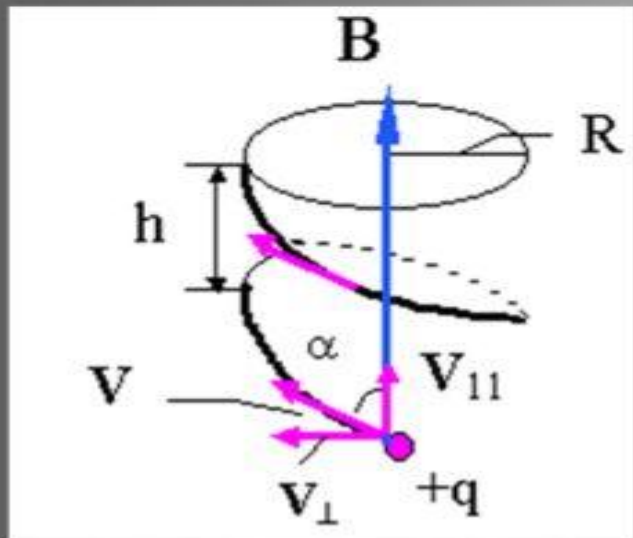
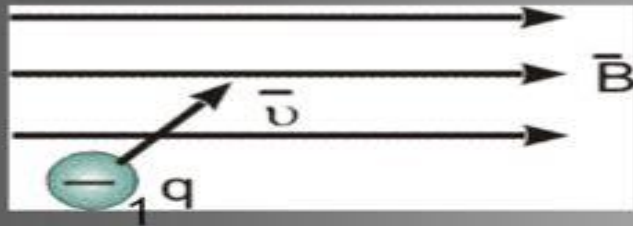


Если вектор $\vec{B} \perp$ вектору скорости \vec{v} ,
то $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\text{Л}} = q_0 \cdot B \cdot v$

**В этом случае сила Лоренца максимальна,
значит, частица будет двигаться**

с центростремительным ускорением по окружности

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.**

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

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

Радиус кривизны

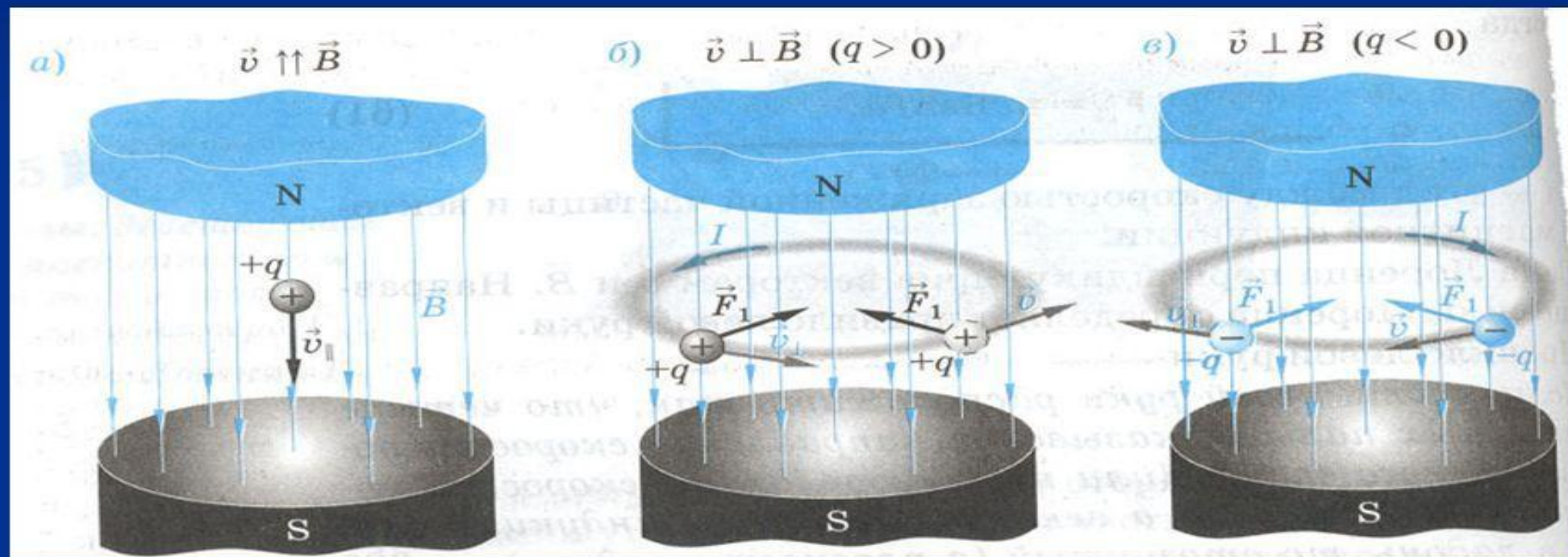
Согласно второму закону Ньютона:

$$\frac{mv^2}{r} = |q|vB$$

Отсюда радиус:

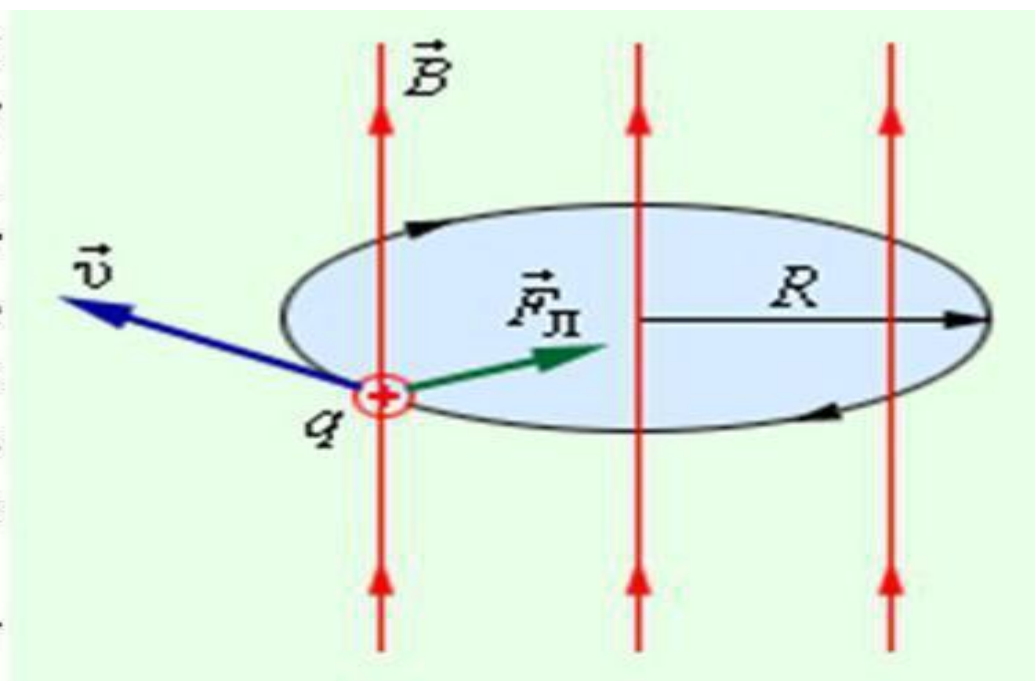
$$r = \frac{mv}{|q|B}$$

Плоские траектории движения заряженных частиц в однородном магнитном поле

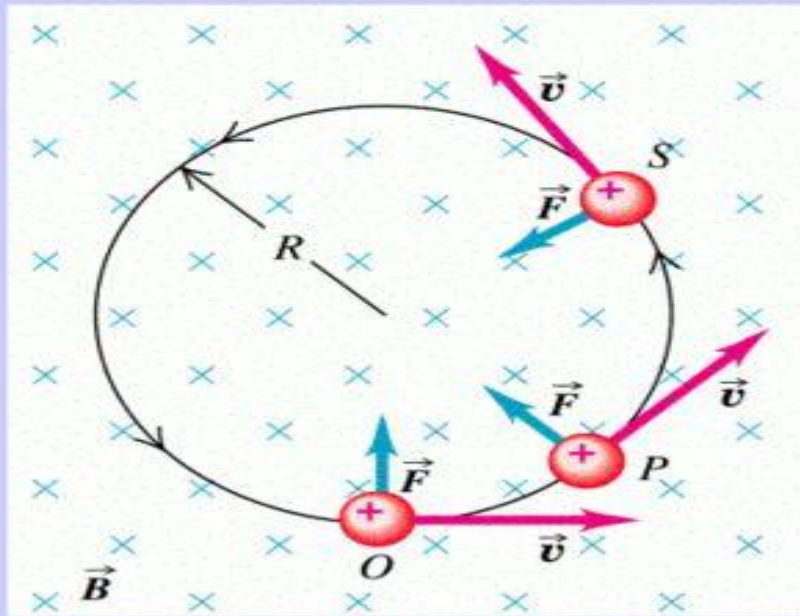


Вращение отрицательного заряда по окружности происходит в направлении противоположном вращению положительного заряда (рис.в)

Сила Лоренца всегда перпендикулярна вектору скорости движения заряда. Такая сила не совершает работы, т. е. сила Лоренца не может изменить модуля скорости заряда. Она лишь сообщает заряду нормальное (центростремительное) ускорение и меняет направление его движения. Если заряд движется перпендикулярно линиям однородного магнитного поля, то его траектория – окружность.



Движение заряженной частицы в магнитном поле перпендикулярно \vec{B}



$$m a_{uc} = q v B$$

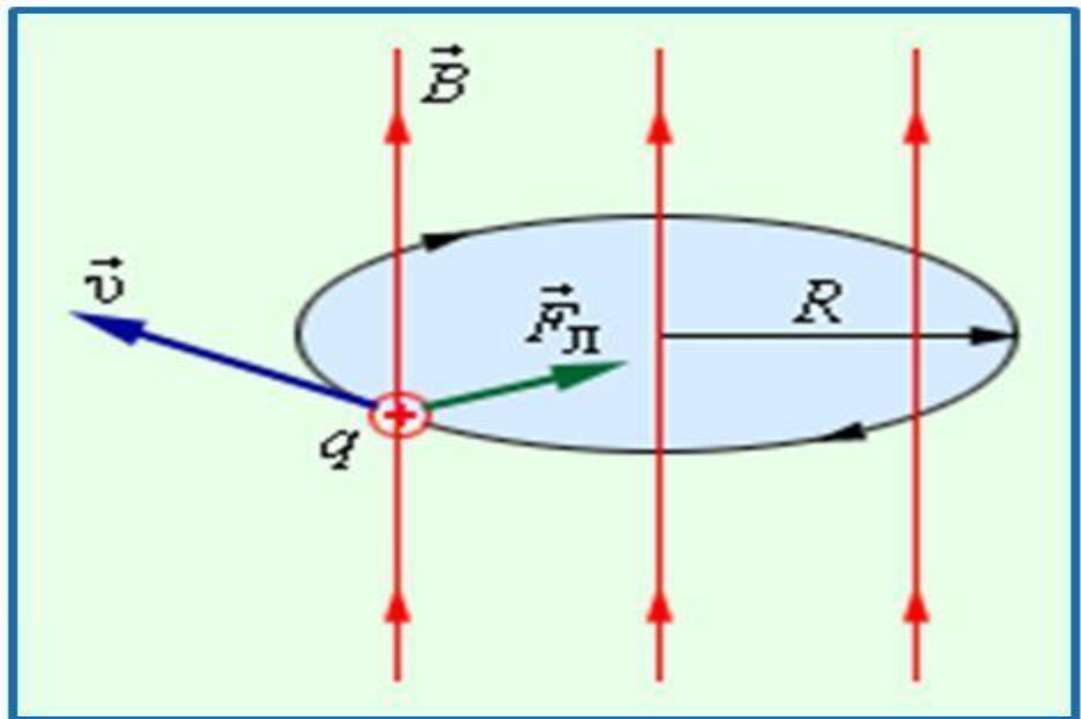
$$m \frac{v^2}{R} = q v B$$

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

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

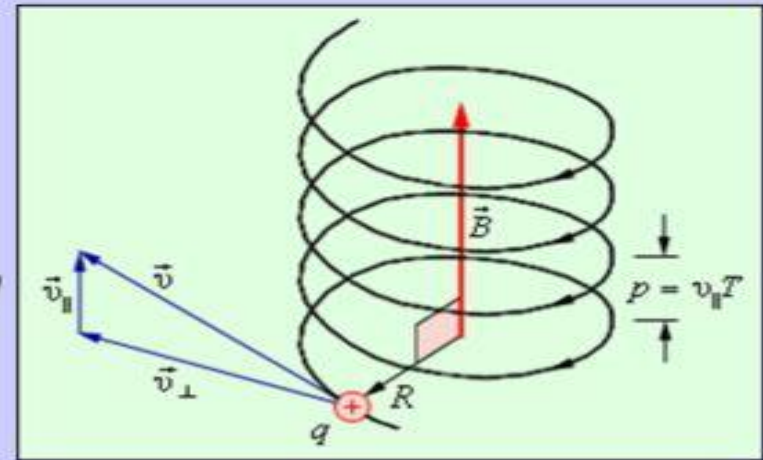
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

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



Движение заряженной частицы в магнитном поле под углом к \vec{B}

- Такая частица будет двигаться в однородном магнитном поле по спирали.
- При этом радиус спирали R зависит от модуля перпендикулярной магнитному полю составляющей v_{\perp} а шаг спирали p – от модуля продольной составляющей v_{\parallel}



Применение силы Лоренца

1. Генератор электрического тока



гидрогенераторы

Монтаж ротора генератора



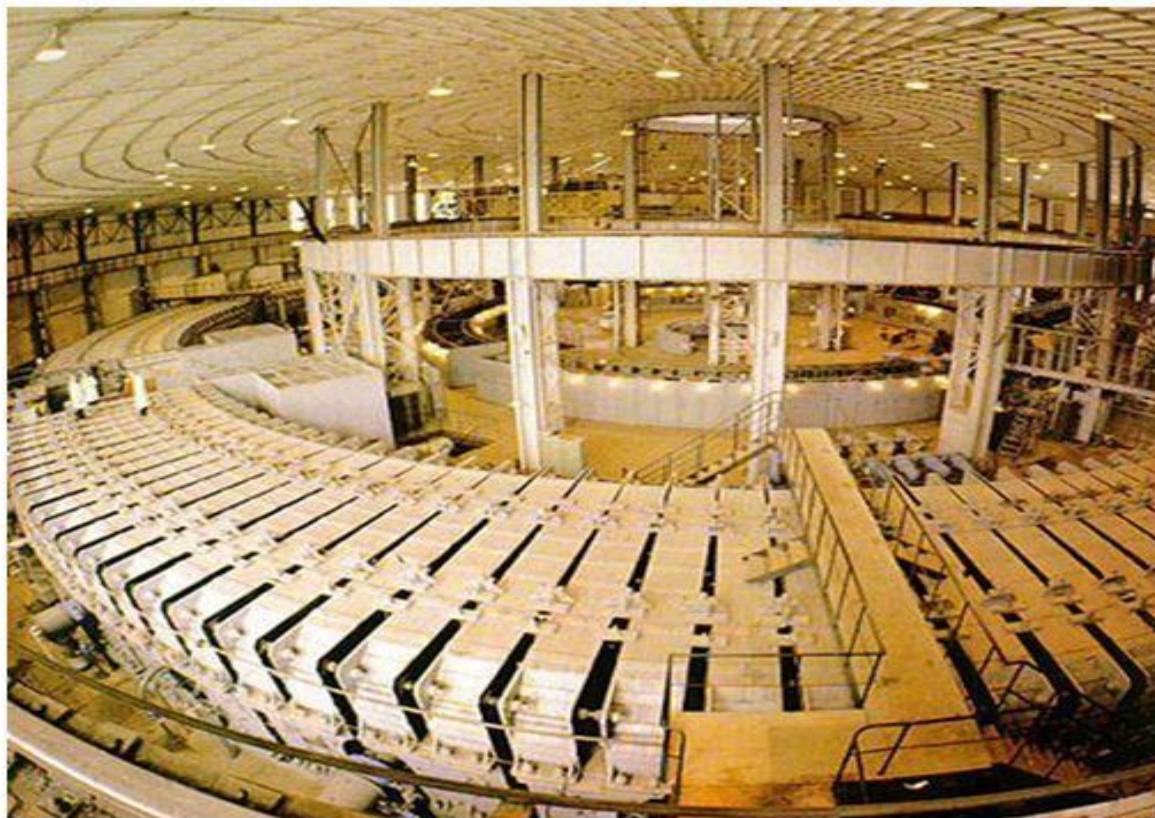


Генератор тока (автотранспорт)

2. Дисплей ПК, телевизор.



3. Синхрофазотрон





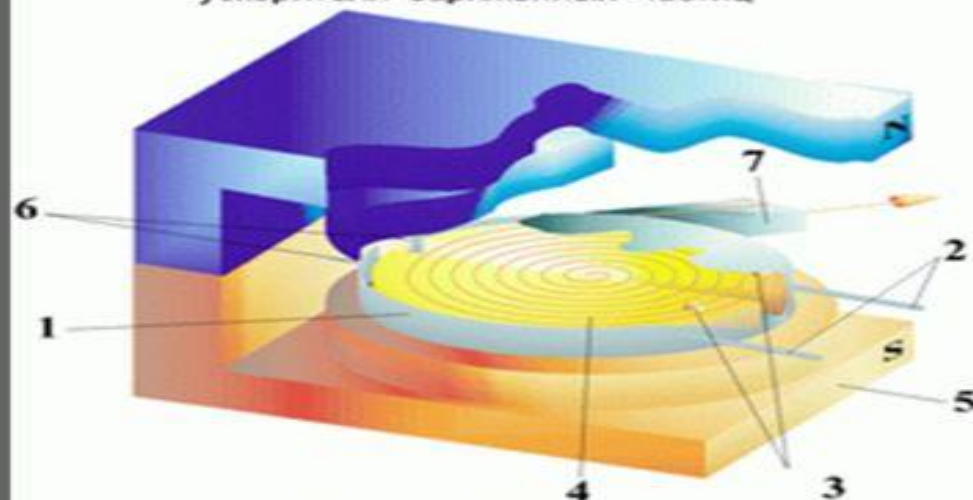
4. Циклотрон



Применение силы Лоренца

Циклотрон

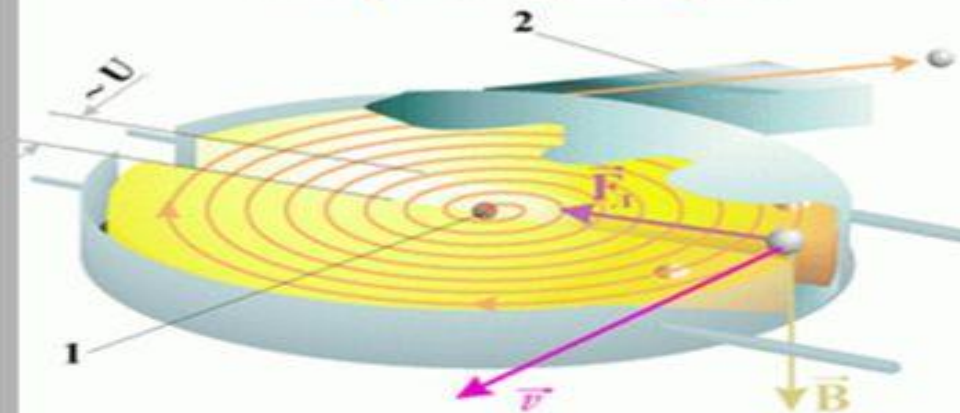
Принципиальная схема циклотрона - ускорителя заряженных частиц



1. Вакуумная камера
2. Труба вакуумного насоса
3. Дуанты
4. Траектория ускоряемой частицы
5. Полюс магнита
6. Выводы к генератору переменного напряжения
7. Вывод электронов

В циклотроне заряженная частица разгоняется в электрическом поле между дуантами 3

Траектория движения электрона в циклотроне



$\sim U$ - переменное напряжение между дуантами
 B - индукция магнитного поля

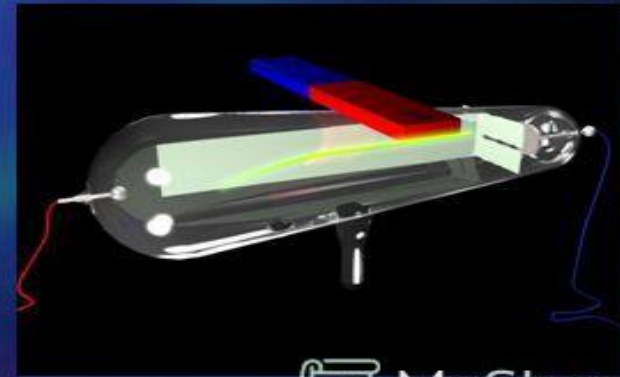
1. Область инжекции электронов
2. Вывод электронов

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

Направление силы Лоренца для электрона определяется по правилу правой руки

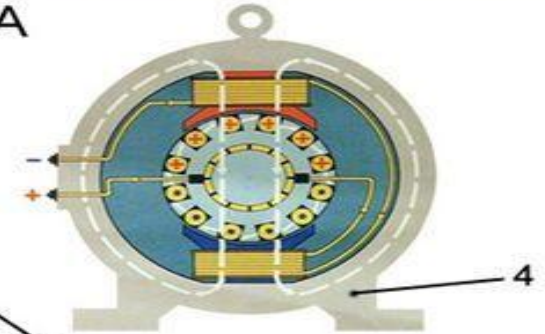
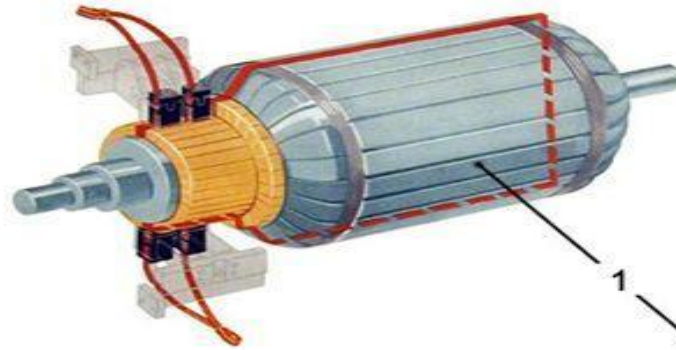
В циклотроне образуются пучки электронов со скоростями порядка $10^6 - 10^7$ м/с

Использование электромагнитных явлений.

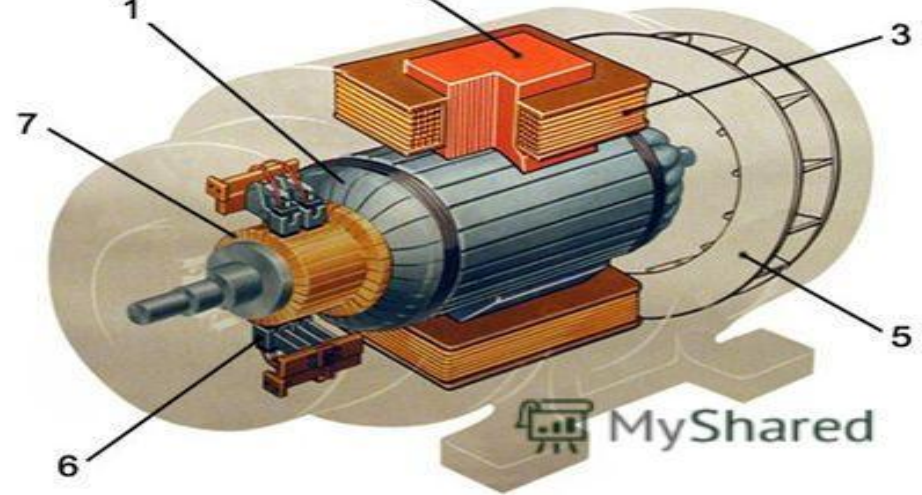


Применение магнитов.

ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

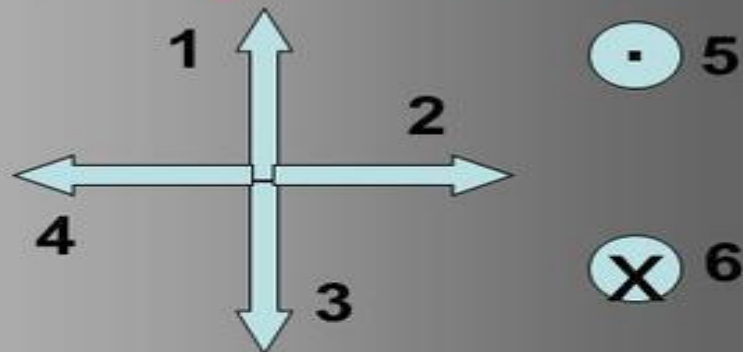
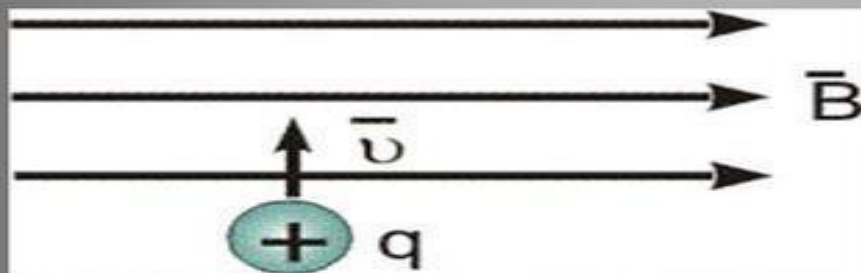


1. Якорь
2. Сердечник полюса
3. Обмотка полюса
4. Статор
5. Вентилятор
6. Щетки
7. Коллектор





1. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

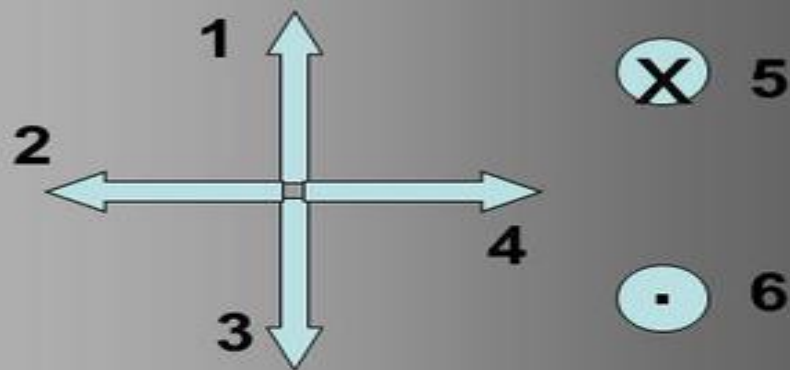
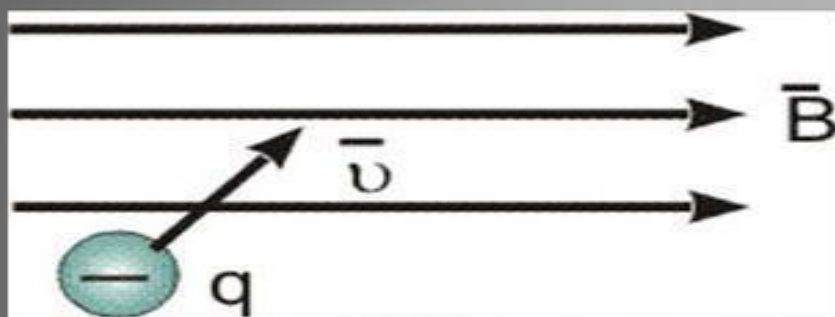
г) 4

д) 5

е) 6



2. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

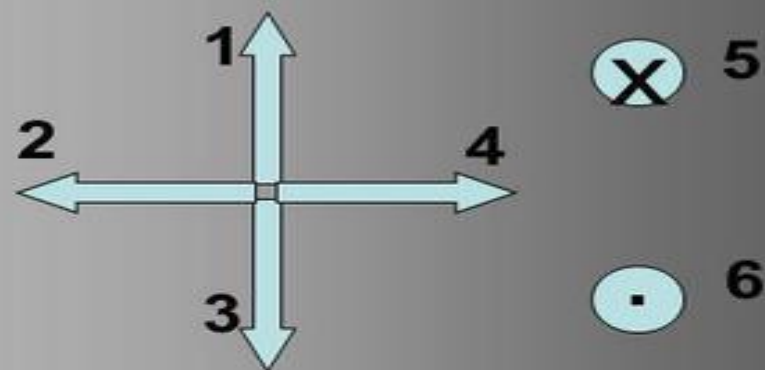
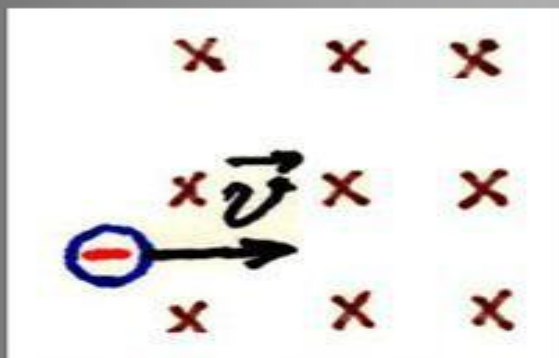
г) 4

д) 5

е) 6



3. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

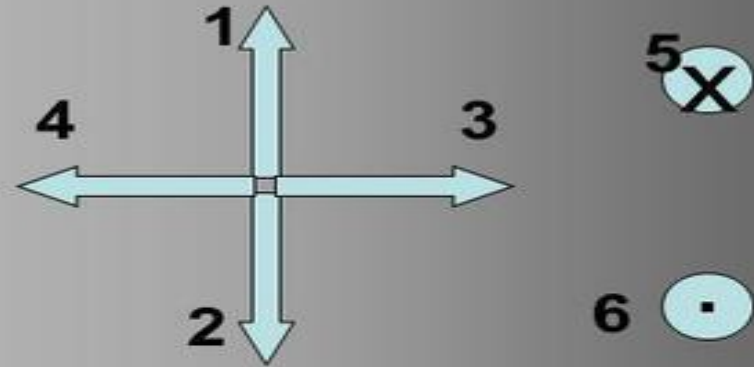
г) 4

д) 5

е) 6



4. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

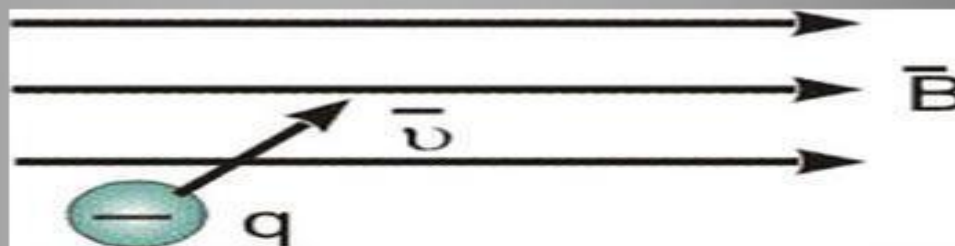
г) 4

д) 5

е) 6



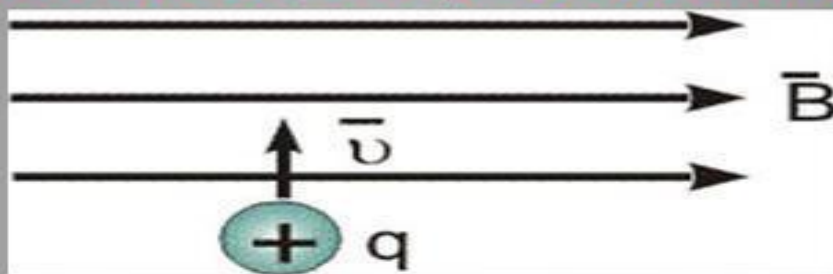
5. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- а) по окружности в плоскости чертежа;
- б) по окружности в плоскости перпендикулярной плоскости чертежа;
- в) по спирали, плоскость витков которой лежит в плоскости чертежа;
- г) по спирали, плоскость витков которой перпендикулярна плоскости чертежа;
- д) по прямой вдоль линий индукции;
- е) по прямой против линий индукции.



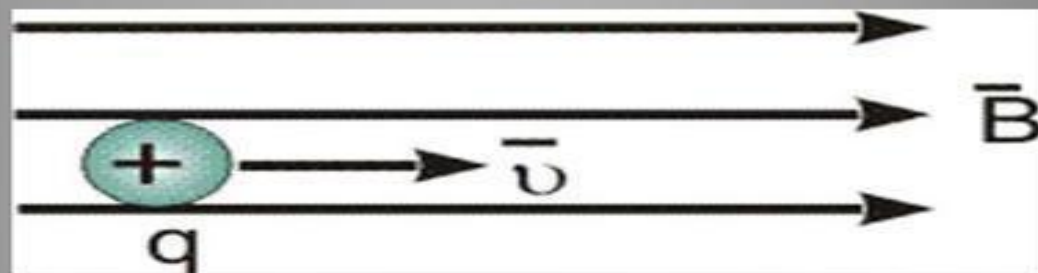
6. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- а) по окружности в плоскости чертежа;
- б) по окружности в плоскости перпендикулярной плоскости чертежа;
- в) по спирали, плоскость витков которой лежит в плоскости чертежа;**
- г) по спирали, плоскость витков которой перпендикулярна плоскости чертежа;
- д) по прямой вдоль линий индукции;
- е) по прямой против линий индукции.



7. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- а) по окружности в плоскости чертежа;
- б) по окружности в плоскости перпендикулярной плоскости чертежа;
- в) по спирали, плоскость витков которой лежит в плоскости чертежа;
- г) по спирали, плоскость витков которой перпендикулярна плоскости чертежа;
- д) по прямой вдоль линий индукции;
- е) по прямой против линий индукции.