

Уроки физики в 11 классе

Действие магнитного поля на заряженные частицы

Сила Лоренца

Лоренц Хендрик Антон



(1853 – 1928 г.г.)

великий
нидерландский
физик –
теоретик,
создатель
классической
электронной
теории

Лоренц ввел в электродинамику представления о дискретности электрических зарядов и записал уравнения для электромагнитного поля, созданного отдельными заряженными частицами (уравнения Максвелла – Лоренца); ввел выражение для силы, действующей на движущийся заряд в электромагнитном поле; создал классическую теорию дисперсии света и объяснил расщепление спектральных линий в магнитном поле (эффект Зеемана). Его работы по электродинамике движущихся сред послужили основой для создания специальной теории относительности.

Сила Лоренца -

это сила, с которой магнитное поле действует на заряженные частицы

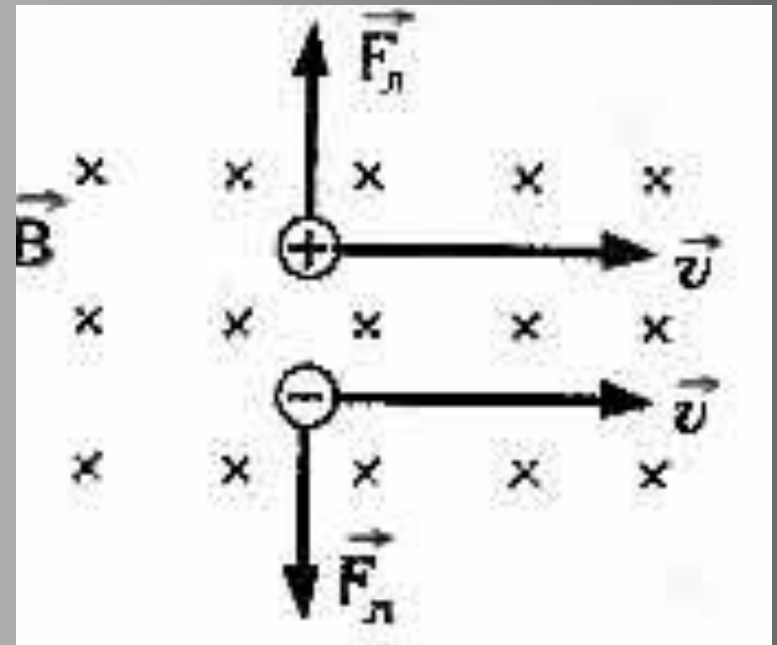
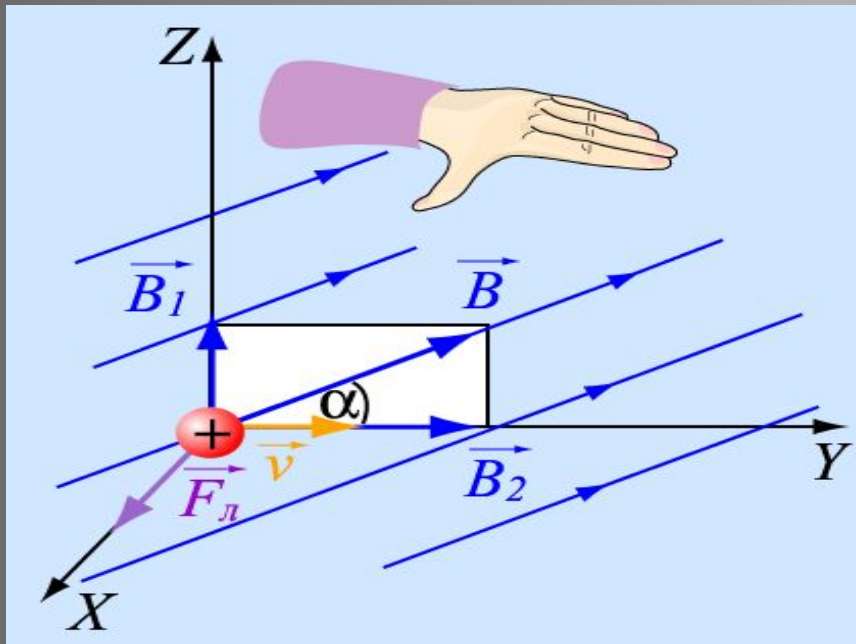
Модуль силы Лоренца прямо пропорционален:

- индукции магнитного поля **B** (в **Тл**);
- модулю заряда движущейся частицы **|q₀|** (в **Кл**);
- скорости частицы **v** (в **м/с**)

$$F_{\text{Л}} = q_0 \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$$

где угол **α** – это угол между вектором магнитной индукции и направлением вектора скорости частицы

Направление силы Лоренца

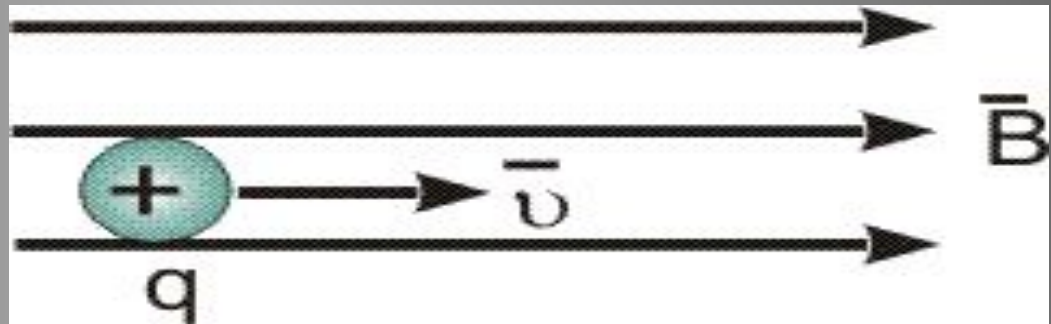


Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки: левую руку надо расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, четыре вытянутых пальца были направлены по направлению движения положительно заряженной частицы (или против отрицательной), тогда отогнутый на 90° большой палец покажет направление действия силы Лоренца.

Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

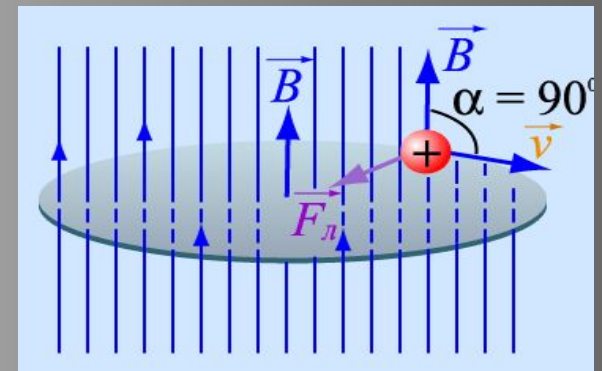
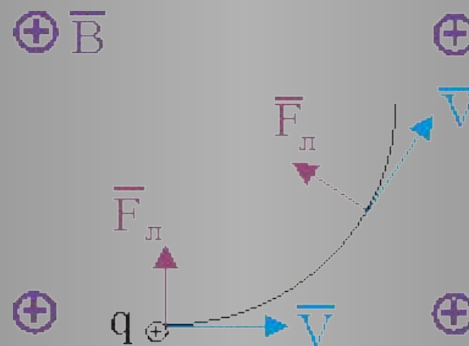
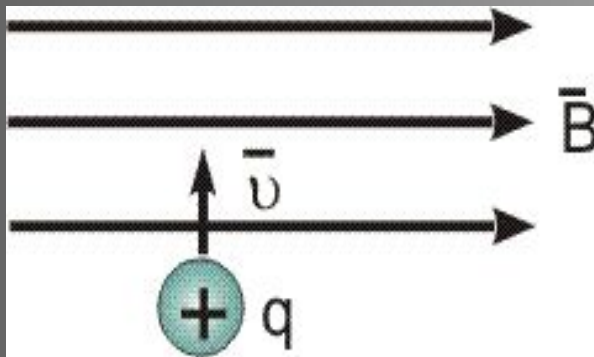
Частица влетает в магнитное поле \parallel линиям
магнитной индукции $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$$\Rightarrow F_{\text{л}} = 0$$



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

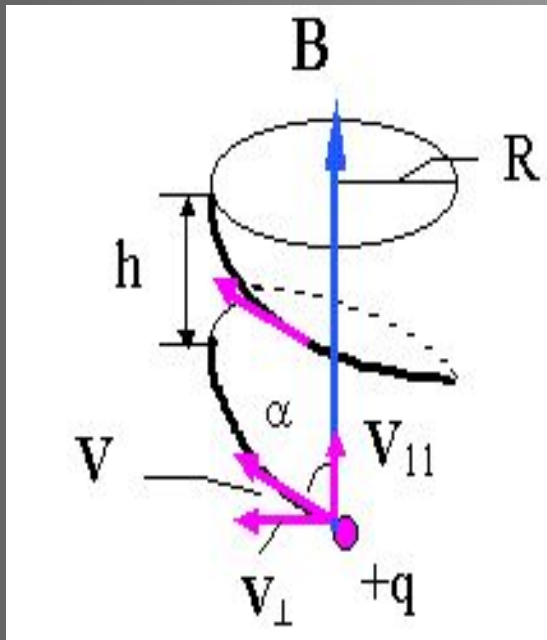
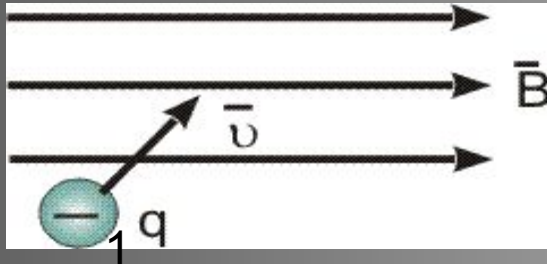


Если вектор $\vec{B} \perp$ вектору скорости \vec{u} ,
то $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\text{Л}} = q_0 \cdot B \cdot v$

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: $\mathbf{v} \parallel$ и $\mathbf{v} \perp$, 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.**

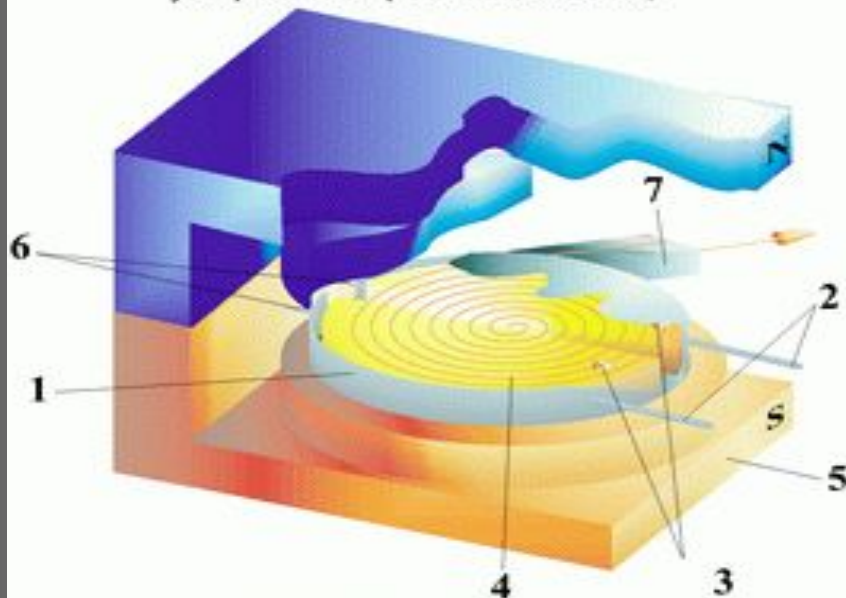
$$R = m v_{\perp} / |q B|$$

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

Применение силы Лоренца

Циклотрон

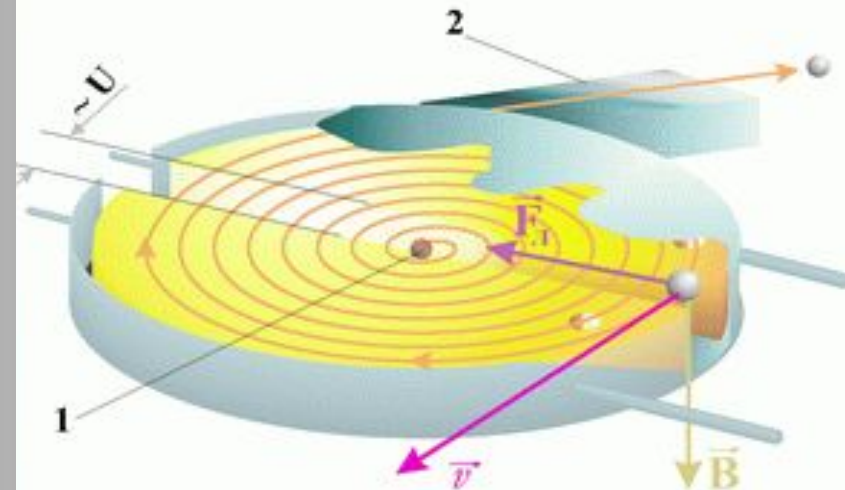
Принципиальная схема циклотрона - ускорителя заряженных частиц



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

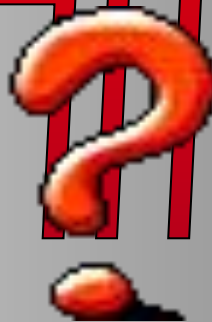
1. Область инжекции электронов
2. Вывод электронов

$$\vec{E} \perp \vec{v} \perp \vec{B}$$

Направление силы Лоренца для электрона определяется по правилу правой руки

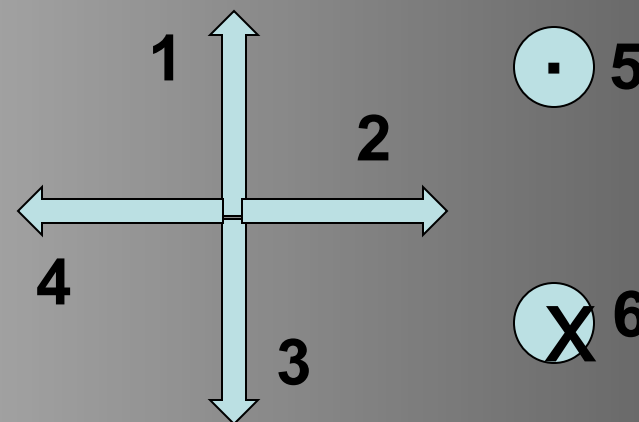
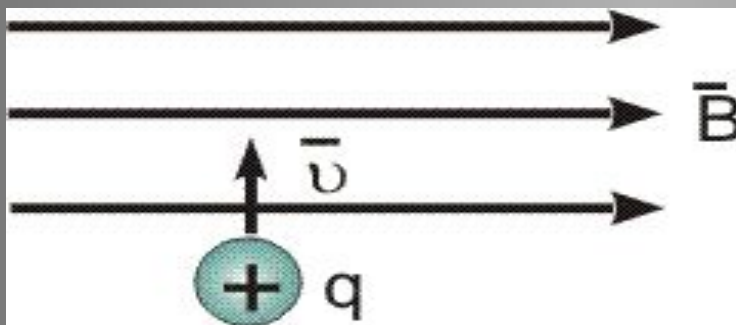
В циклотроне образуются пучки электронов со скоростями порядка $10^8 - 10^7$ м/с

Блок контроля





1. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

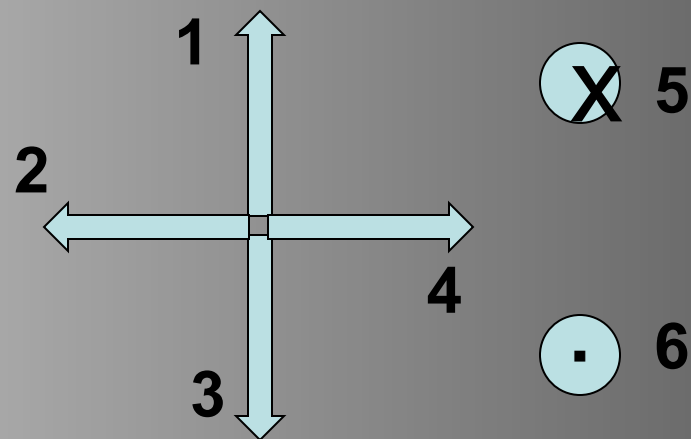
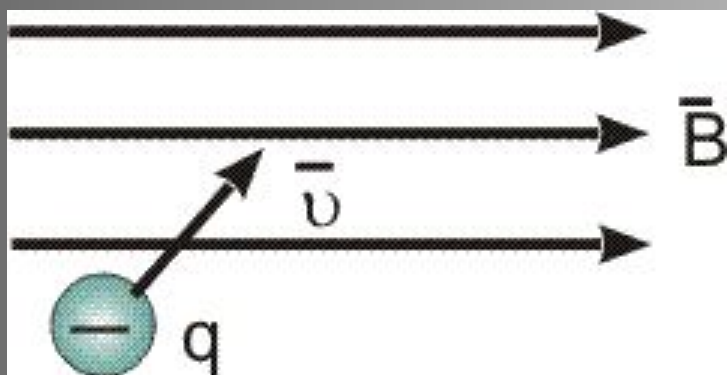
г) 4

д) 5

е) 6



2. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

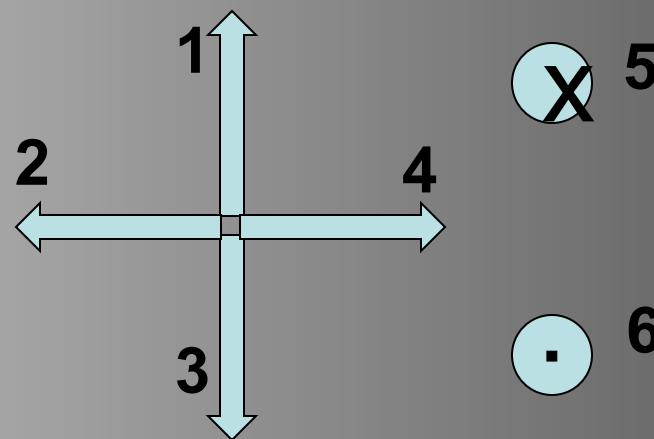
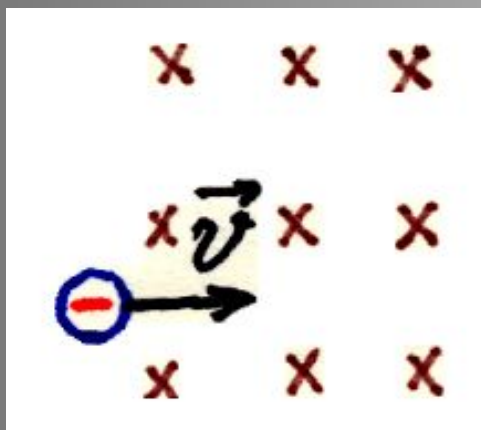
г) 4

д) 5

е) 6



3. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

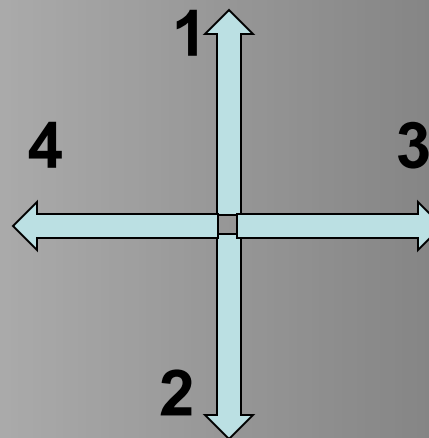
г) 4

д) 5

е) 6



4. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

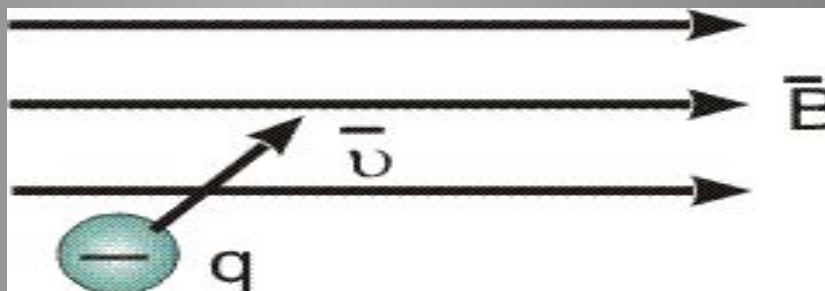
г) 4

д) 5

е) 6



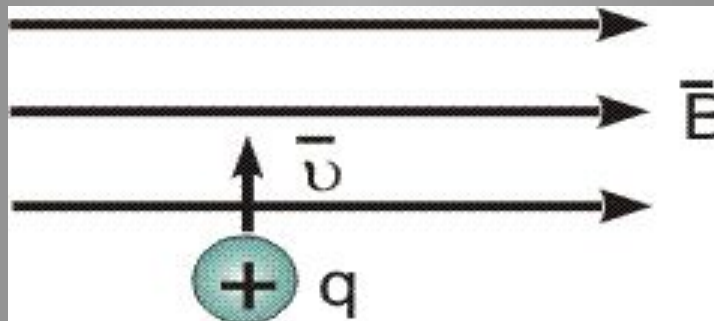
5. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- 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?

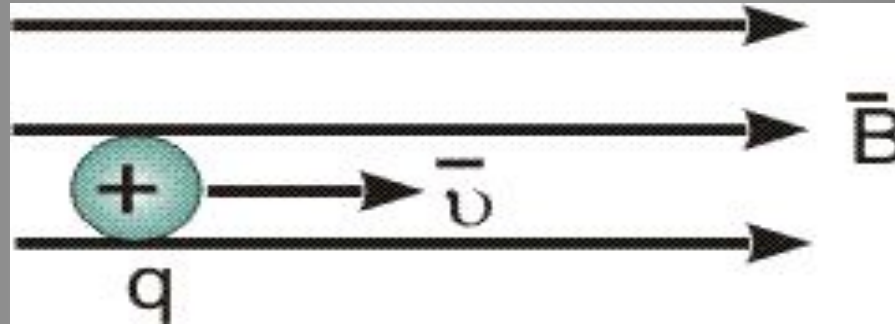


- а) по окружности в плоскости чертежа;
- б) по окружности в плоскости перпендикулярной плоскости чертежа;

- 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.



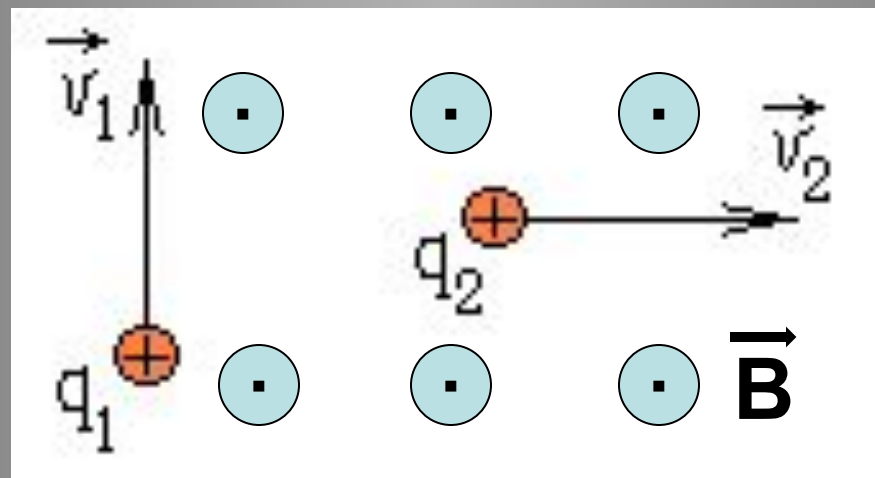
7. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- 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.



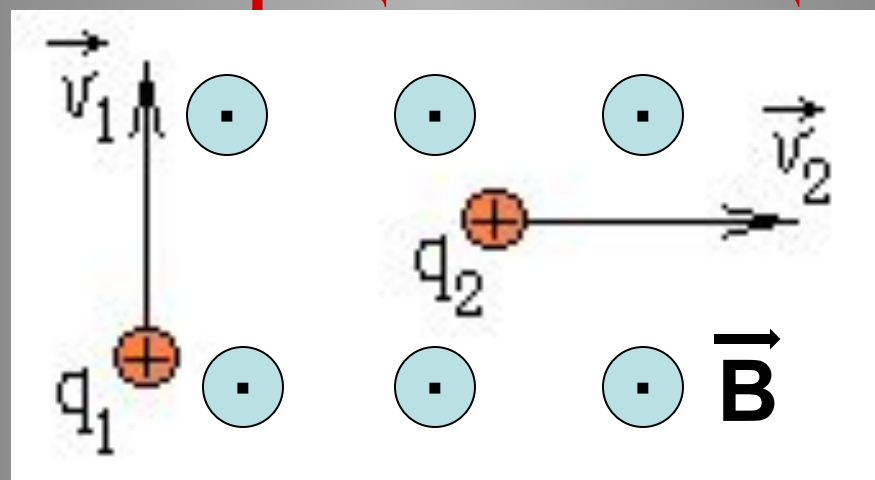
8. В магнитное поле влетают с одинаковыми скоростями два протона так, как показано на рисунке. Чем будут отличаться траектории их движения?



- а) протон 1 будет двигаться по окружности, протон 2 по прямой;
- б) они будут вращаться по окружности в противоположных направлениях;
- в) они будут вращаться по окружности в разных плоскостях;
- г) траектории будут одинаковые.



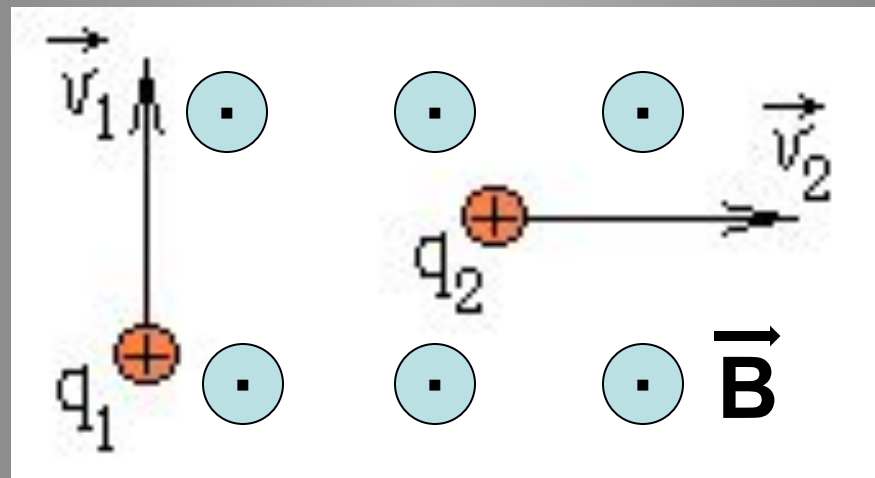
9. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд второй частицы в 2 раза больше, а скорость первой частицы в 2 раза меньше. Одинаковые ли будут радиусы орбит вращения частиц?



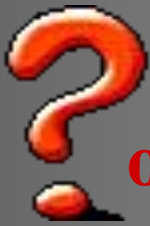
- а) радиус орбиты второй частицы в 2 раза больше;
- б) радиус орбиты второй частицы в 4 раза больше;
- в) радиус орбиты второй частицы в 4 раза меньше;
- г) радиусы орбит будут одинаковые.



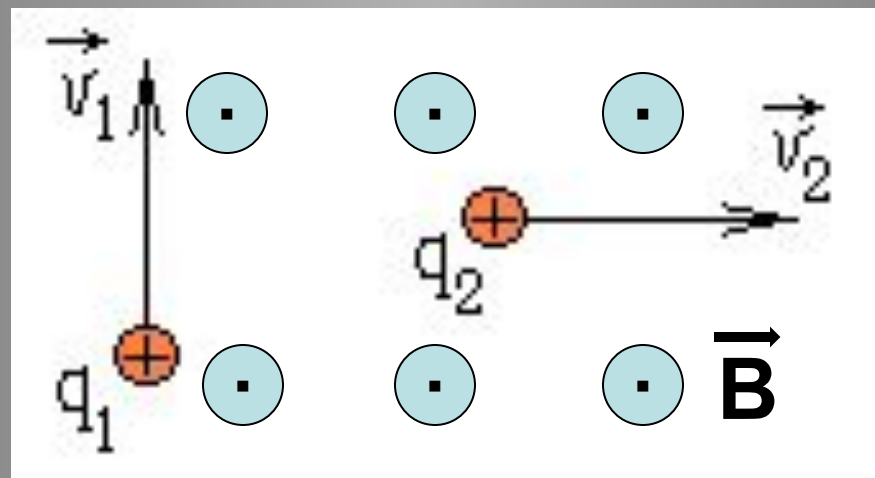
10. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд и скорость второй частицы в 4 раза меньше. Одинаковые ли будут радиусы орбит вращения частиц?



- а) радиус орбиты второй частицы в 4 раза больше;
- б) радиус орбиты второй частицы в 4 раза меньше;
- в) радиус орбиты второй частицы в 16 раз меньше;
- г) радиусы орбит будут одинаковые.



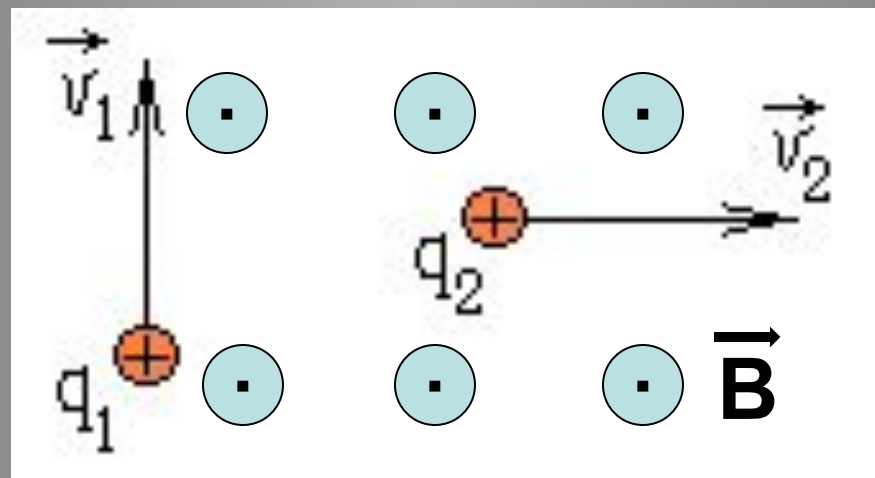
11. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд и скорость второй частицы в 4 раза меньше. Одинаковые ли будут периоды обращения частиц?



- а) период обращения второй частицы в 4 раза больше;
- б) период обращения второй частицы в 4 раза меньше;
- в) период обращения второй частицы в 16 раз меньше;
- г) периоды обращения будут одинаковые.



12. В магнитное поле влетают две частицы. Заряд, масса и скорость второй частицы в 2 раза больше. Одинаковые ли будут периоды обращения частиц?



- а) период обращения второй частицы в 4 раза больше;
- б) период обращения второй частицы в 4 раза меньше;
- в) период обращения второй частицы в 8 раз меньше;
- г) периоды обращения будут одинаковые.

Домашнее задание:

§ 22, 23;

Задачи 1,2 к § 22.

Спасибо за работу на уроке!

Успехов!