

# 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

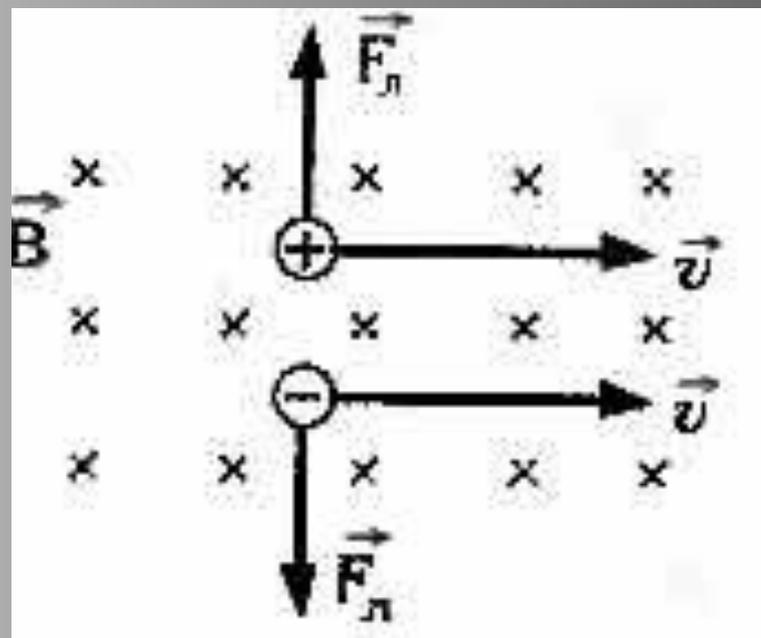
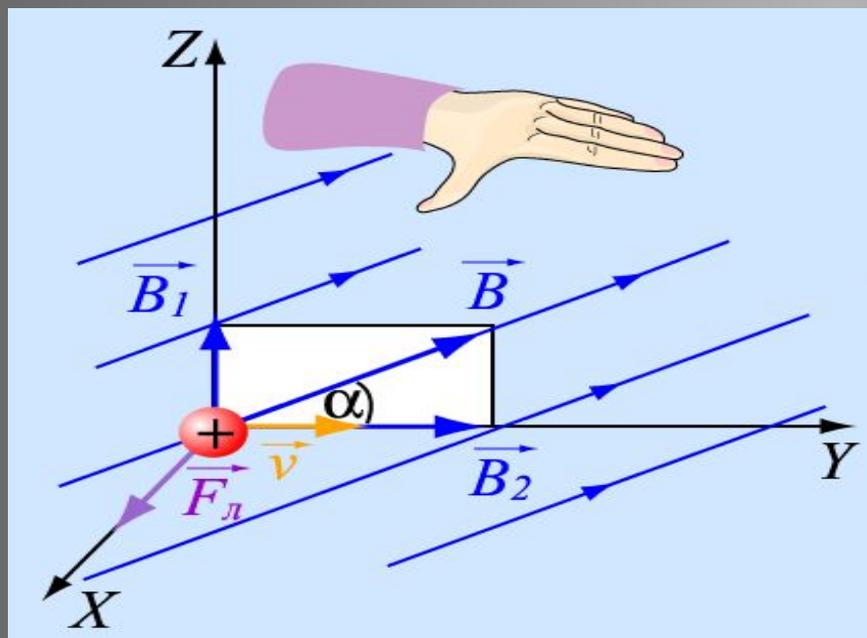
**Модуль силы Лоренца** прямо пропорционален:

- индукции магнитного поля **B** (в **Тл**);
- модулю заряда движущейся частицы **|q<sub>0</sub>|** (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

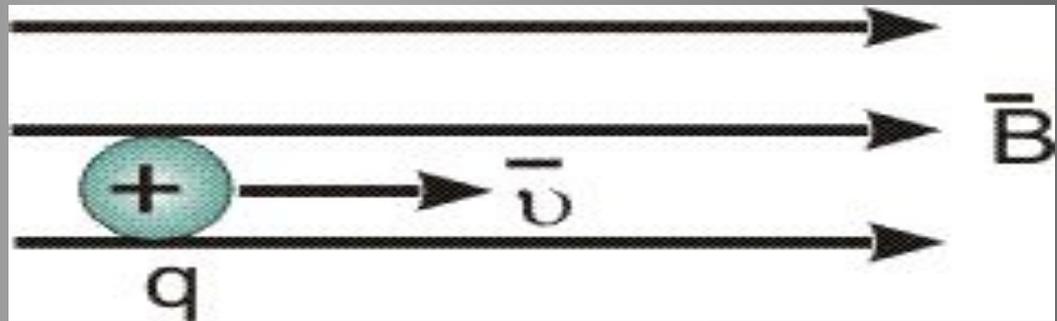


**Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки:** левую руку надо расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, четыре вытянутых пальца были направлены по направлению движения положительно заряженной частицы (или против отрицательной), тогда отогнутый на  $90^\circ$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

# Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

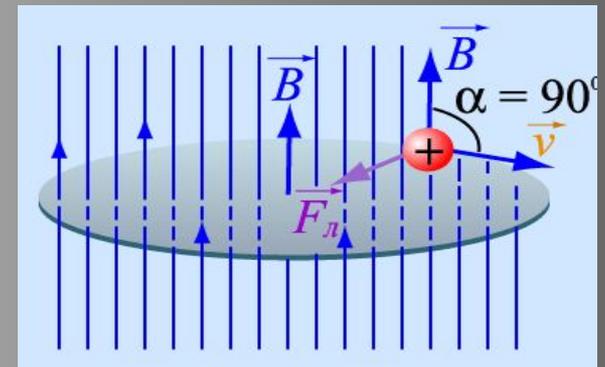
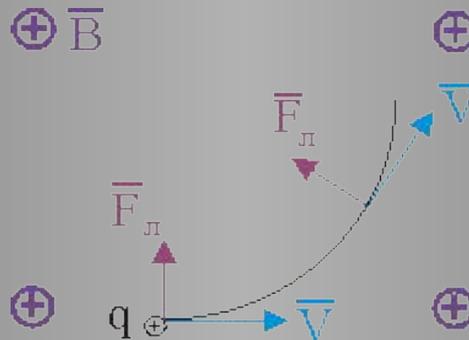
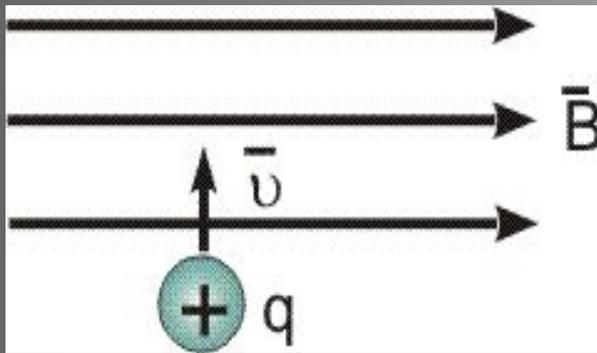
Частица влетает в магнитное поле  $\parallel$  линиям  
магнитной индукции  $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$$\Rightarrow F_{\text{л}} = 0$$



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

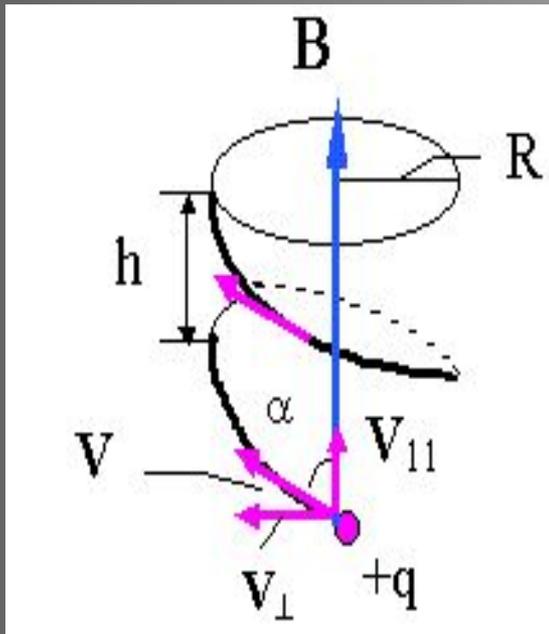
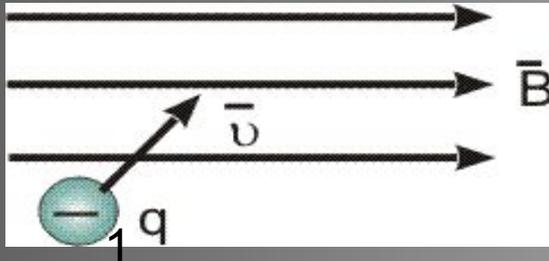


Если вектор  $\vec{B} \perp$  вектору скорости  $\vec{u}$ ,  
то  $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\text{Л}} = q_0 \cdot B \cdot v$

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.**

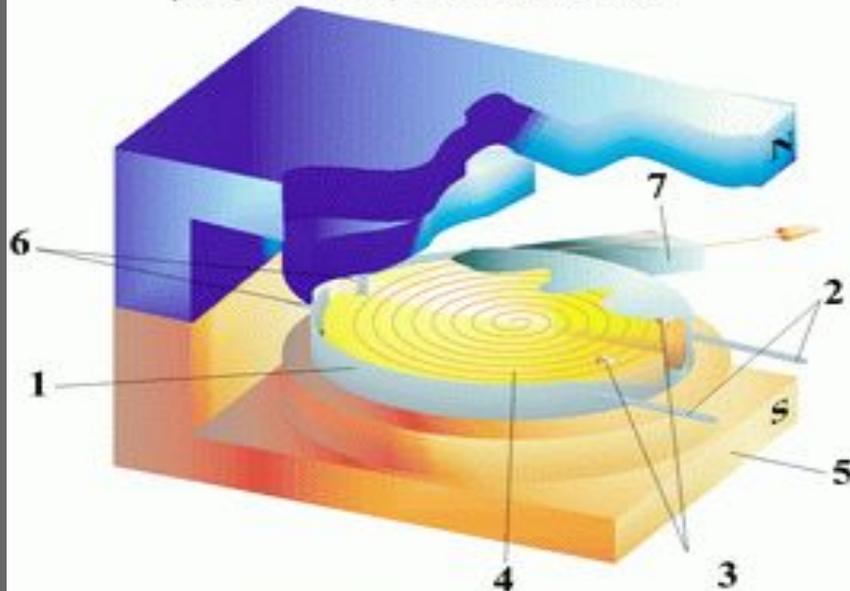
$$R = m v_{\perp} / q B$$

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

# Применение силы Лоренца

## Циклотрон

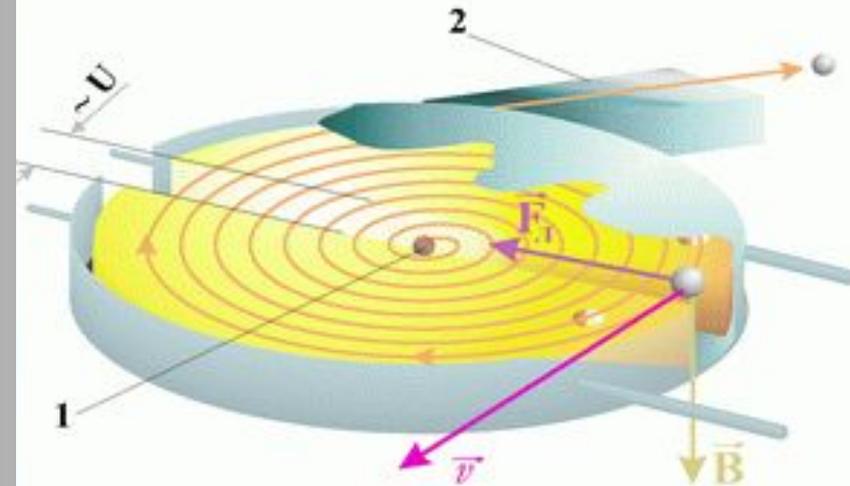
Принципиальная схема циклотрона - ускорителя заряженных частиц



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

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

Направление силы Лоренца для электрона определяется по правилу правой руки

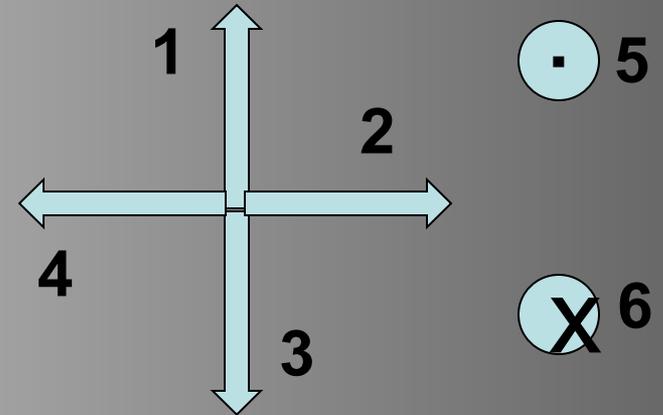
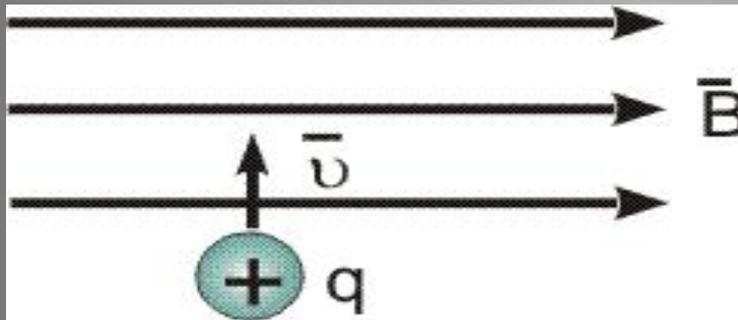
В циклотроне образуются пучки электронов со скоростями порядка  $10^6 - 10^7$  м/с

# Блок контроля





# 1. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

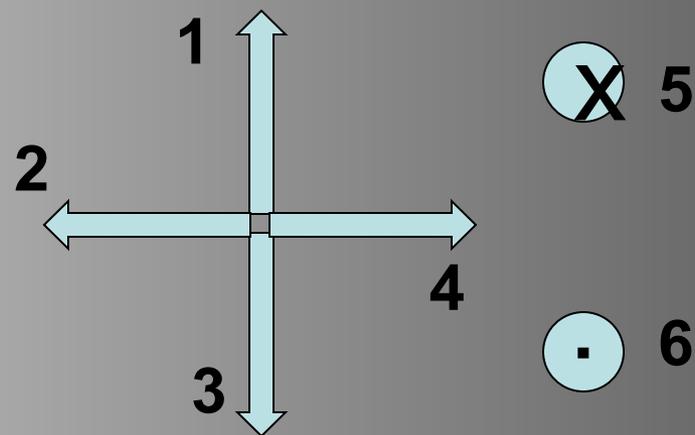
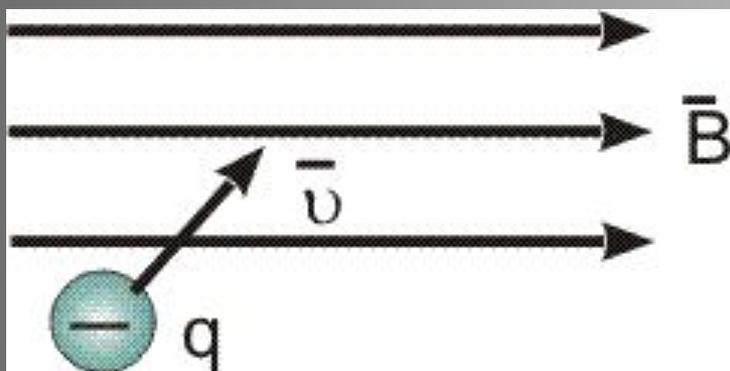
г) 4

д) 5

е) 6



## 2. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

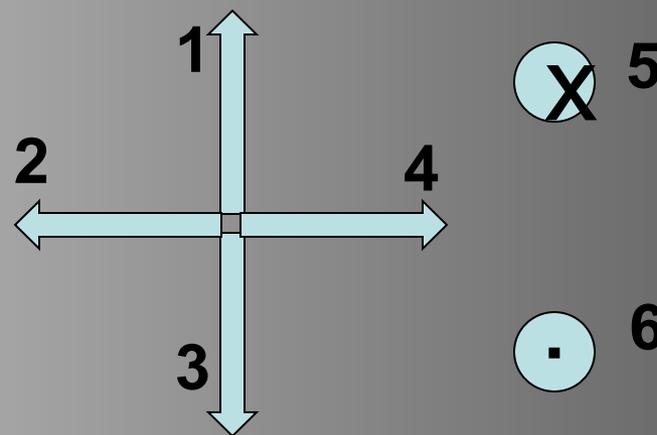
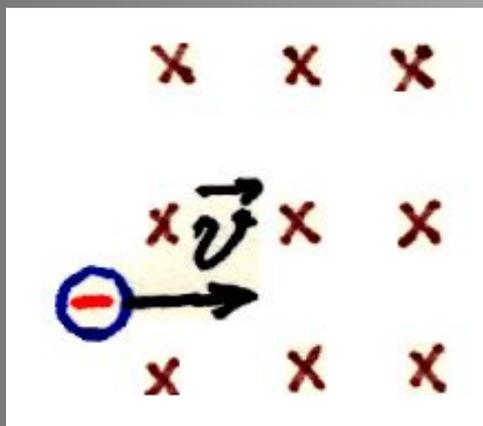
г) 4

д) 5

е) 6



### 3. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

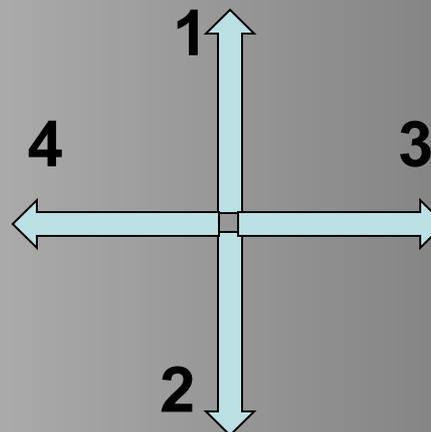
г) 4

д) 5

е) 6



## 4. Определите направление действия силы Лоренца



а) 1

б) 2

в) 3

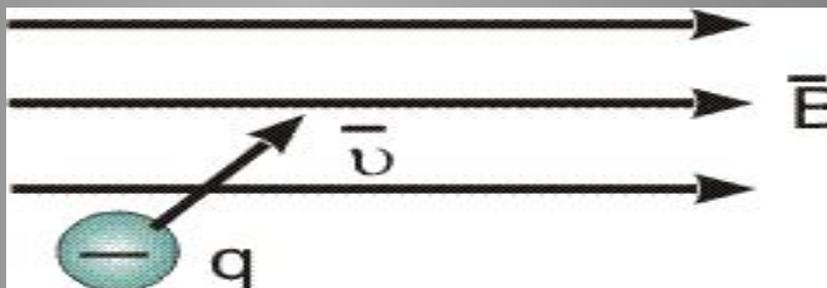
г) 4

д) 5

е) 6



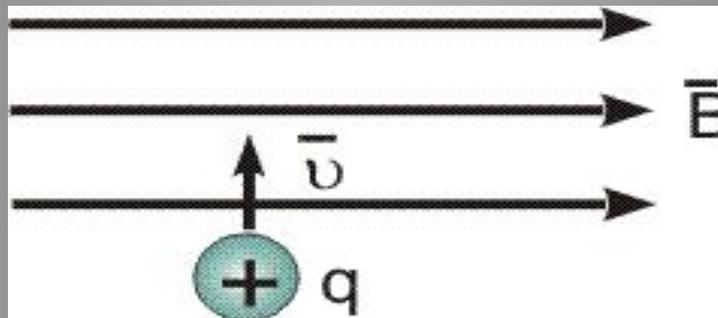
## 5. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- 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?



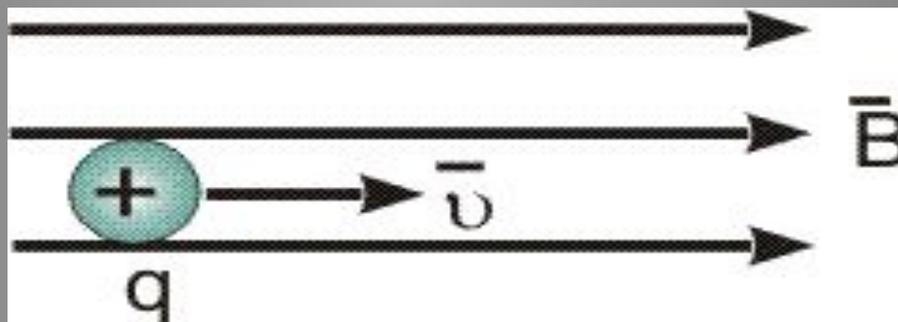
- а) по окружности в плоскости чертежа;
- б) по окружности в плоскости перпендикулярной плоскости чертежа;

---

- 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.



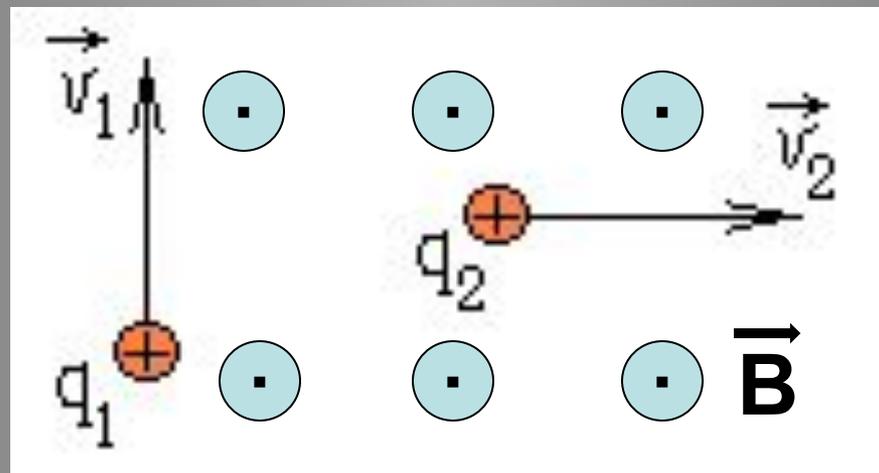
## 7. По какой траектории будет двигаться данная частица в магнитном поле?



- 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.



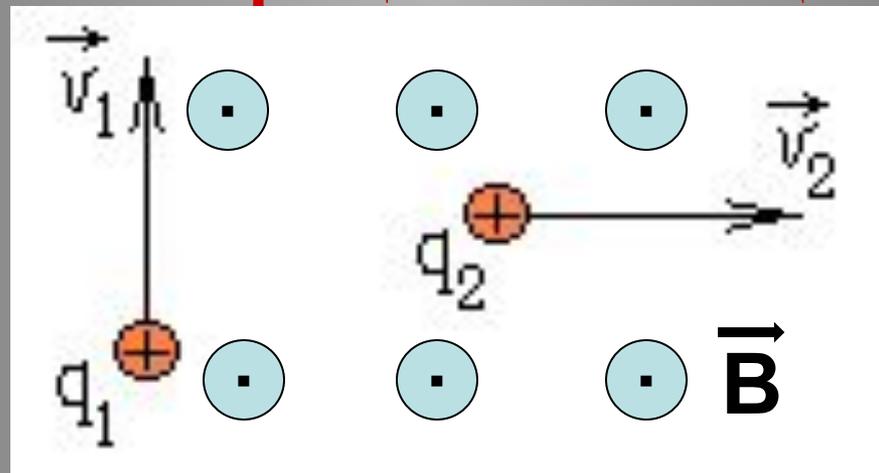
8. В магнитное поле влетают с одинаковыми скоростями два протона так, как показано на рисунке. Чем будут отличаться траектории их движения?



- 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.



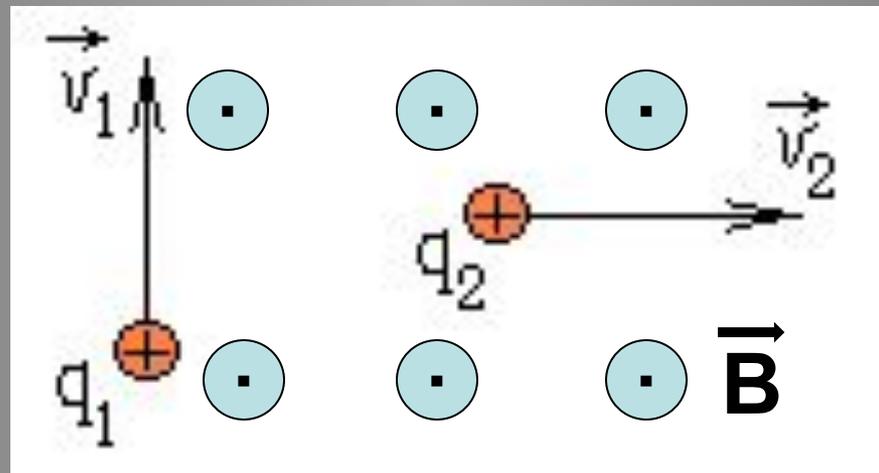
9. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд второй частицы в 2 раза больше, а скорость первой частицы в 2 раза меньше. Одинаковые ли будут радиусы орбит вращения частиц?



- 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.



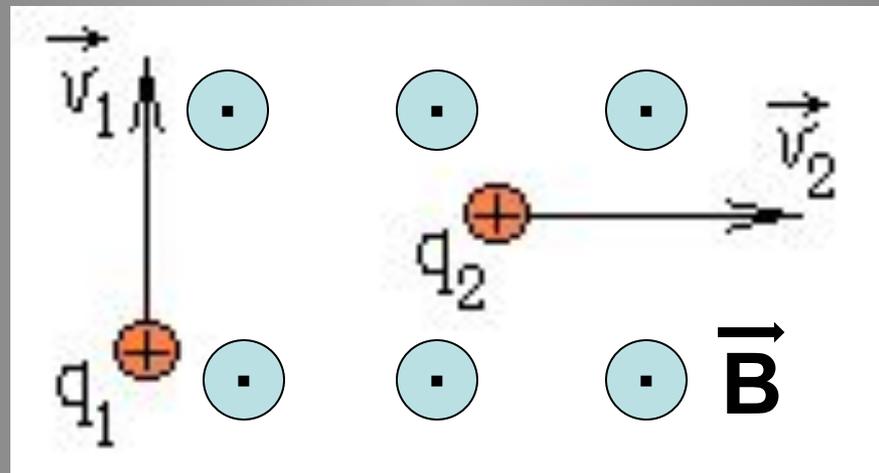
10. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд и скорость второй частицы в 4 раза меньше. Одинаковые ли будут радиусы орбит вращения частиц?



- 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.



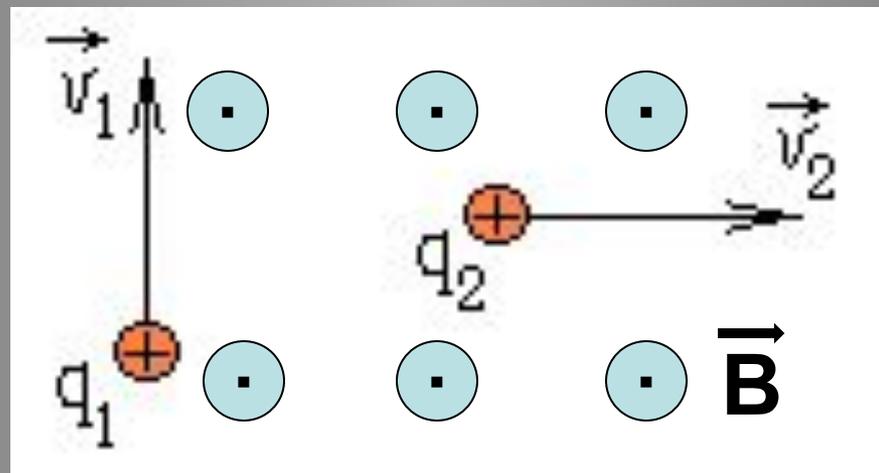
11. В магнитное поле влетают две частицы с одинаковыми массами. Заряд и скорость второй частицы в 4 раза меньше. Одинаковые ли будут периоды обращения частиц?



- 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!**