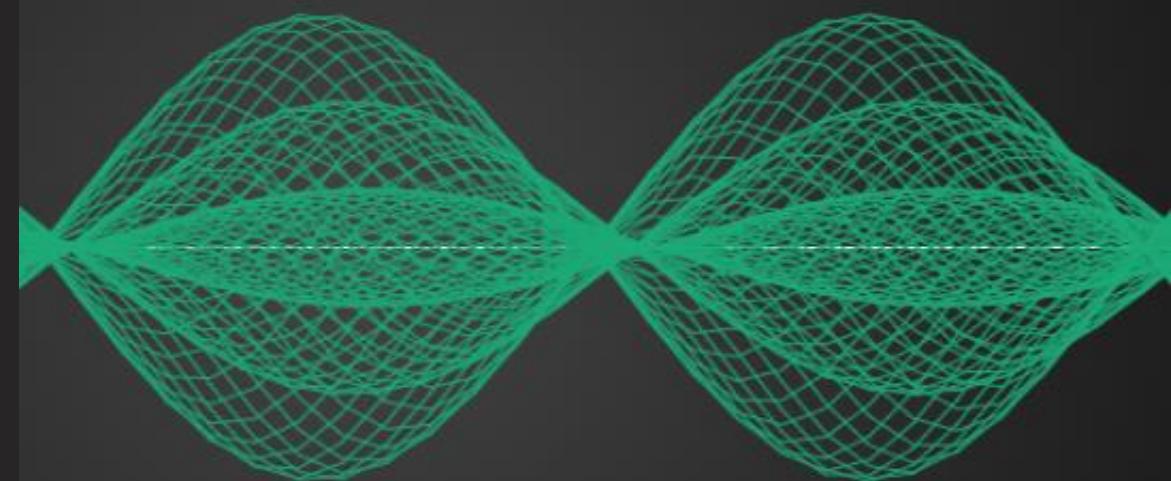


# Фокусировка частиц в магнитном поле

Манипулирование движением заряженных частиц в магнитном поле широко используется во многих областях физики и техники, от электронно-лучевых трубок до современных электронных микроскопов. В этом документе мы рассмотрим математические формулы, описывающие движение частиц в магнитном поле, а также практические применения этого явления.



# Формулы для расчета координат частицы

1

## Движение по оси X

Формула для расчета координаты частицы по оси X в зависимости от времени:

$$x(t) = \frac{m \cdot U \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{q \cdot B} \cdot \left(\sin\left(\phi + t - \frac{\pi}{2}\right) + \cos(\phi)\right),$$

2

## Движение по оси Y

Формула для расчета координаты частицы по оси Y в зависимости от времени:

$$y(t) = \frac{m \cdot U \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{q \cdot B} \cdot \left(\cos\left(\phi + t - \frac{\pi}{2}\right) - \sin(\phi)\right),$$

3

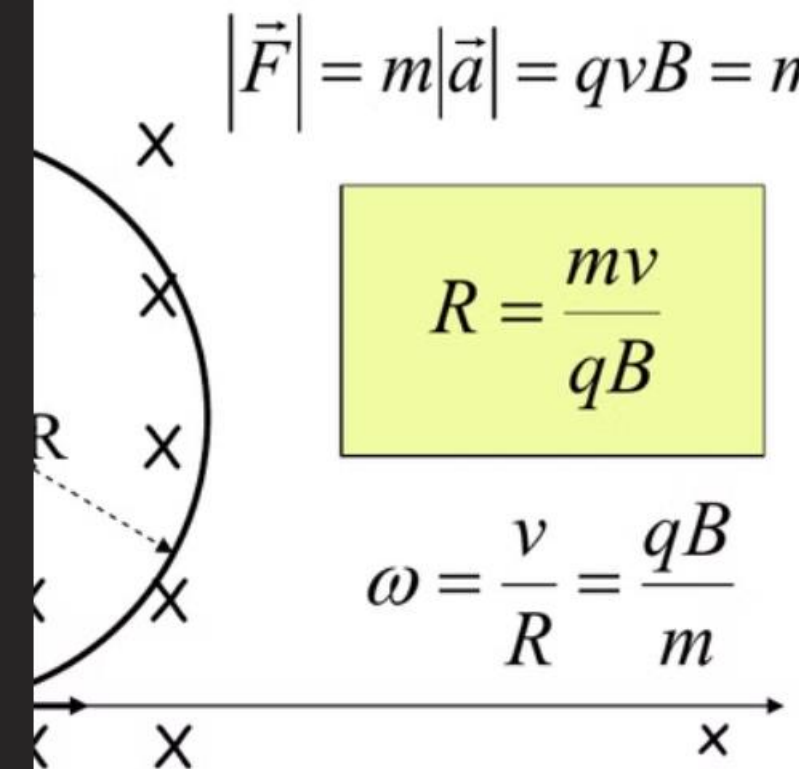
## Движение по оси Z

Формула для расчета координаты частицы по оси Z в зависимости от времени:

$$z(t) = U \cdot \cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot t.$$

cle motion in a constant magnetic field  $\vec{B}$  in a plane  $\perp$  to  $\vec{B}$ .

magnetic field given by  $\vec{B} = B \hat{z}$ . A particle of mass  $m$  and charge  $q$  moves at the origin moving in the  $xy$ -plane in a circle with the radius



# Магнитное поле и движение частиц

## Циклотронное движение

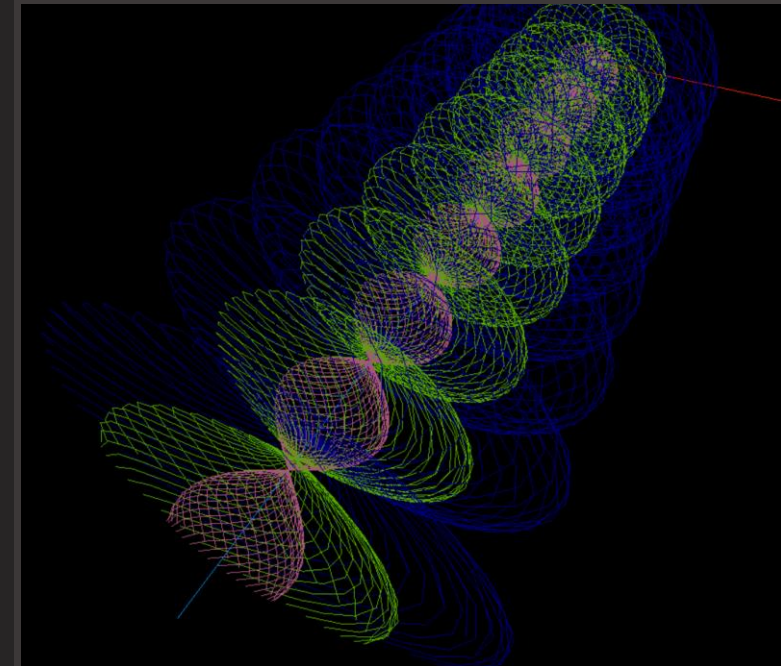
Заряженные частицы, движущиеся в магнитном поле, испытывают силу Лоренца, которая заставляет их двигаться по круговым траекториям. Этот эффект используется в циклотронах и синхротронах для ускорения частиц.

## Фокусировка пучков

Магнитные поля можно использовать для фокусировки и формирования пучков заряженных частиц. Это применяется в электронно-лучевых трубках, ускорителях частиц и электронных микроскопах.

## Управление движением

Изменяя конфигурацию магнитных полей, можно направлять и управлять движением заряженных частиц. Это позволяет создавать управляемые электронные пучки для различных применений.



# Применение фокусировки частиц



## Электронно-лучевые трубки

Магнитная фокусировка электронов лежит в основе работы электронно-лучевых трубок, которые были широко распространены в старых телевизорах и мониторах.



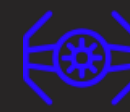
## Электронные микроскопы

Магнитные линзы используются для фокусировки и управления пучками электронов в различных типах электронных микроскопов, позволяя достигать высокого разрешения.



## Ускорители частиц

Магнитные поля играют ключевую роль в ускорителях частиц, таких как циклотроны и синхротроны, где они используются для управления траекториями ускоряемых частиц.



## Ионные пучки

Фокусировка ионных пучков с помощью магнитных полей применяется в ионной имплантации, ионной микроскопии и других технологиях.

# Получение изображений с помощью электронов

Растровый электронный микроскоп (SEM)

Сканирует поверхность образца узким пучком электронов, получая детализированные изображения с большой глубиной резкости.

Просвечивающий электронный микроскоп (TEM)

Использует пучок электронов, проходящий сквозь тонкий образец, для изучения внутренней структуры материалов на атомном уровне.

Просвечивающий растровый электронный микроскоп (STEM)

Сочетает возможности SEM и TEM, получая информацию как о поверхностной, так и о внутренней структуре образца.

Низковольтный электронный микроскоп

Работает с низкими ускоряющими напряжениями, что позволяет исследовать образцы с минимальным повреждением.