

Отчет по лабораторной работе МодЭ – 02

**ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ
В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ
И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ**

Студент(ка) _____ гр. _____
Фамилия И.О.

| ДОПУСК | ДАННЫЕ | РЕЗУЛЬТАТЫ |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| дата, подпись преподавателя | дата, подпись преподавателя | дата, подпись преподавателя |

Цель работы: изучение движения заряженной частицы в однородных стационарных параллельных электрическом и магнитном полях. Определение отношения заряда частицы к ее массе.

Краткое теоретическое содержание работы

Электрическое поле называется стационарным и однородным, если

Магнитное поле называется стационарным и однородным, если _____

Векторное уравнение движения частицы в параллельных электрическом и магнитном полях

Выбор системы координат:
ось ОY направлена _____

Проекции вектора напряженности электрического поля на оси координат $E_x = \underline{\hspace{2cm}}$, $E_y = \underline{\hspace{2cm}}$, $E_z = \underline{\hspace{2cm}}$.

Проекции вектора магнитной индукции на оси координат

$$B_x = \underline{\hspace{2cm}}, \quad B_y = \underline{\hspace{2cm}}, \quad B_z = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Начальное положение частицы

$$x(0) = \underline{\hspace{2cm}}, \quad y(0) = \underline{\hspace{2cm}}, \quad z(0) = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Система скалярных уравнений, описывающих движение частицы

Решение:

При движении в параллельных электрическом и магнитном полях траекторией частицы является **винтовая линия** – трехмерная кривая, которую можно интерпретировать как **суперпозицию равномерного движения по окружности** (круговая составляющая) в плоскости XOZ, перпендикулярной вектору индукции магнитного поля, и **прямолинейного ускоренного движения** (линейная составляющая) в направлении оси OY, параллельной вектору напряженности электрического поля.

Угловая скорость движения по окружности $\omega =$

Период движения по окружности $T =$

Радиус винтовой линии $R =$

Ускорение прямолинейного движения $a_{np} =$

Отрезок кривой, который частица проходит за один полный оборот по окружности в плоскости XOZ, называют витком винтовой линии. **Полушаг винтовой линии** определяется смещением частицы в направлении OY, перпендикулярном плоскости XOZ за половину оборота (полувиток).

Расчет удельного заряда частицы
по длине полу шага d винтовой линии:

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

где $n =$ _____

Сравнение результатов

Среднее значение удельного заряда (отношения заряда частицы к ее массе) из экспериментов, выполненных в упражнениях 1 и 2

$$\left(\frac{q}{m}\right)_{cp} =$$

Значение удельного заряда (отношения заряда частицы к ее массе) из графика, построенного в упражнении 3

$$\left(\frac{q}{m}\right)_{gp} =$$

Теоретическое значение удельного заряда (отношения заряда частицы к ее массе) – из начальных данных

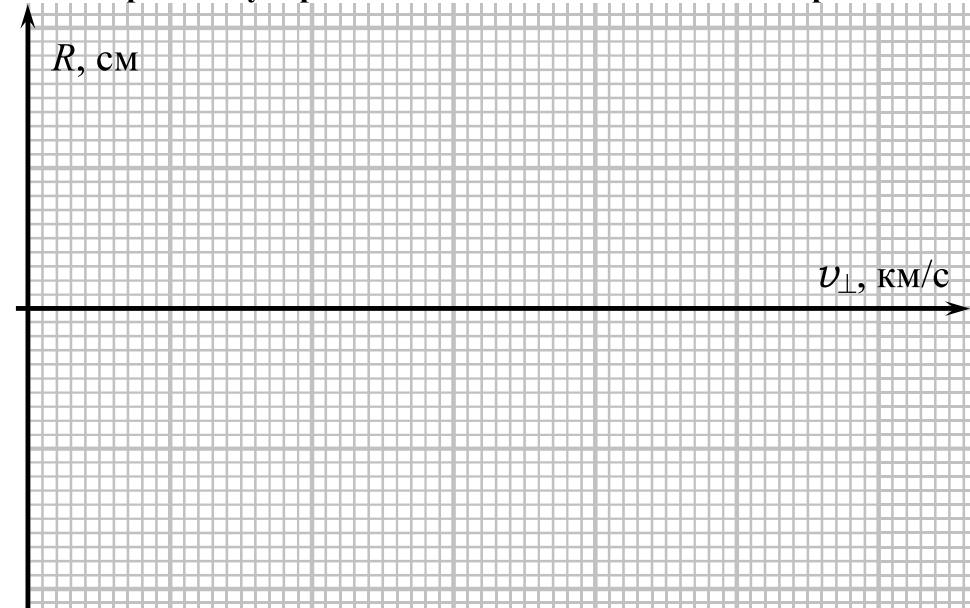
$$\left(\frac{q}{m}\right)_{teor} =$$

Выводы: _____

$$* \quad v_{\perp} = \sqrt{v_x^2 + v_z^2}$$

**Радиус винтовой линии R вычисляется как разница между измеренными координатами: $R = (\max - \min)/2$.

График зависимости радиуса вращательного движения от модуля перпендикулярной составляющей начальной скорости



Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируются движения заряженной частицы во параллельных однородных, стационарных электрическом и магнитном полях.

Начальные данные

Вариант №

| Частица | Заряд q , Кл | Масса m , кг |
|---------|----------------|----------------|
| | | |

Упражнение 1. Изучение зависимости ШАГА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ от напряженности электрического поля

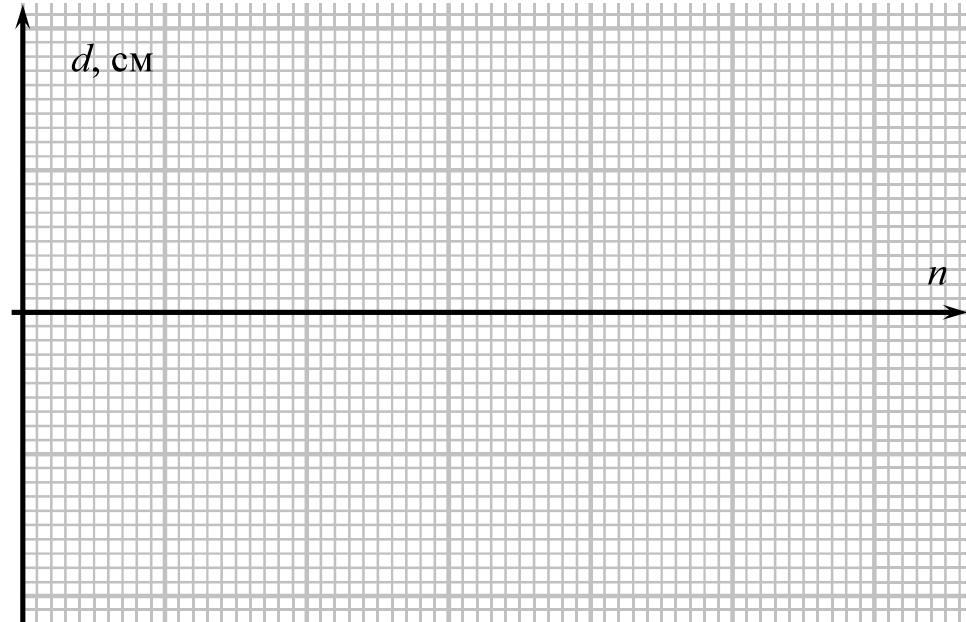
| Индукция магнитного поля B , мТл | X-компоненты начальной скорости v_x , км/с | Y-компоненты начальной скорости v_y , км/с | Z-компоненты начальной скорости v_z , км/с |
|---------------------------------------|--|--|--|
| | | 0 | 0 |

| Напряженность электрического поля E , В/см | | Номер n полувитка винтовой линии | | | | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 200 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| 150 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |

| E , В/см | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| 50 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| -50 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| -100 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| -150 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |
| -200 | Координата y , см | 0 | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | |

Полушаг винтовой линии d вычисляется как разница между измеренными y -координатами:
 $d = y_n - y_{n-1}$

График зависимости длины полушага винтовой линии от номера витка винтовой линии



Упражнение 3. Изучение зависимости РАДИУСА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ от модуля перпендикулярной составляющей начальной скорости частицы

| Напряженность электрического поля E , В/см | Индукция магнитного поля B , мТл | Y-компоненты начальной скорости v_y , км/с |
|--|------------------------------------|--|
| | | |

| Перпендикулярная составляющая начальной скорости | | | Координаты частицы | | **Радиус R , см | Тангенс угла наклона графика | Удельный заряд q/m , Кл/кг |
|--|--------------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| v_x , км/с | v_z , км/с | $*v_\perp$, км/с | max, см | min, см | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| B , мТл | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | Координата y , см | 0 | | | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | | | |
| 50 | Координата y , см | 0 | | | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | | | |

Полушаг винтовой линии d вычисляется как разница между измеренными y -координатами:

$$d = y_n - y_{n-1}$$

График зависимости длины полушага винтовой линии от индукции магнитного поля

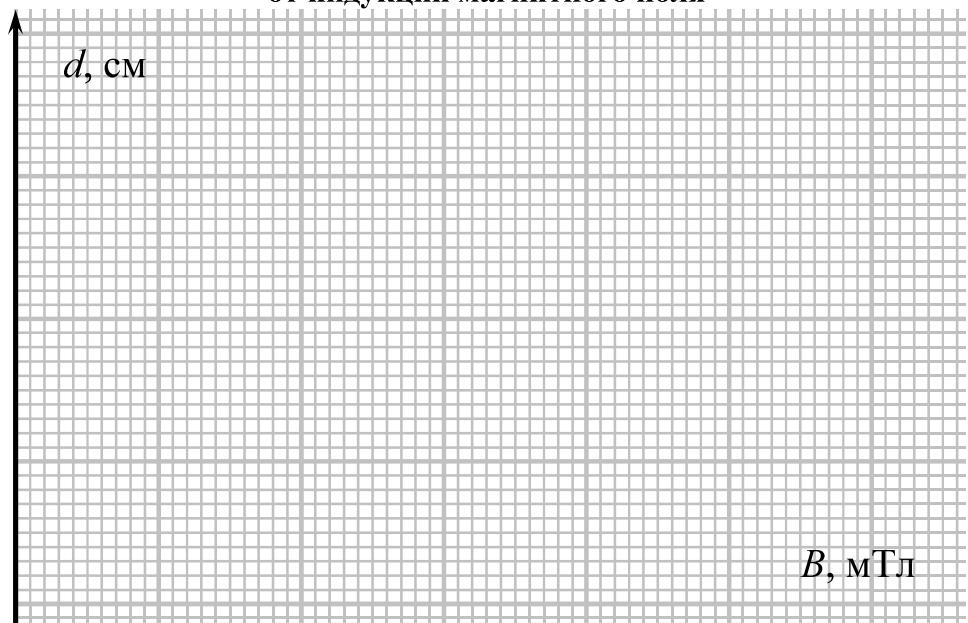
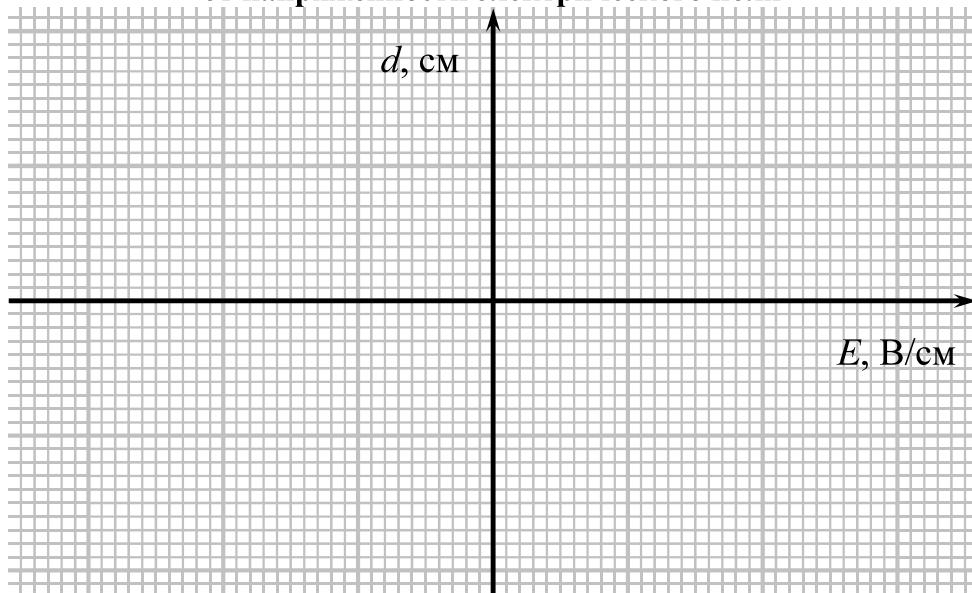
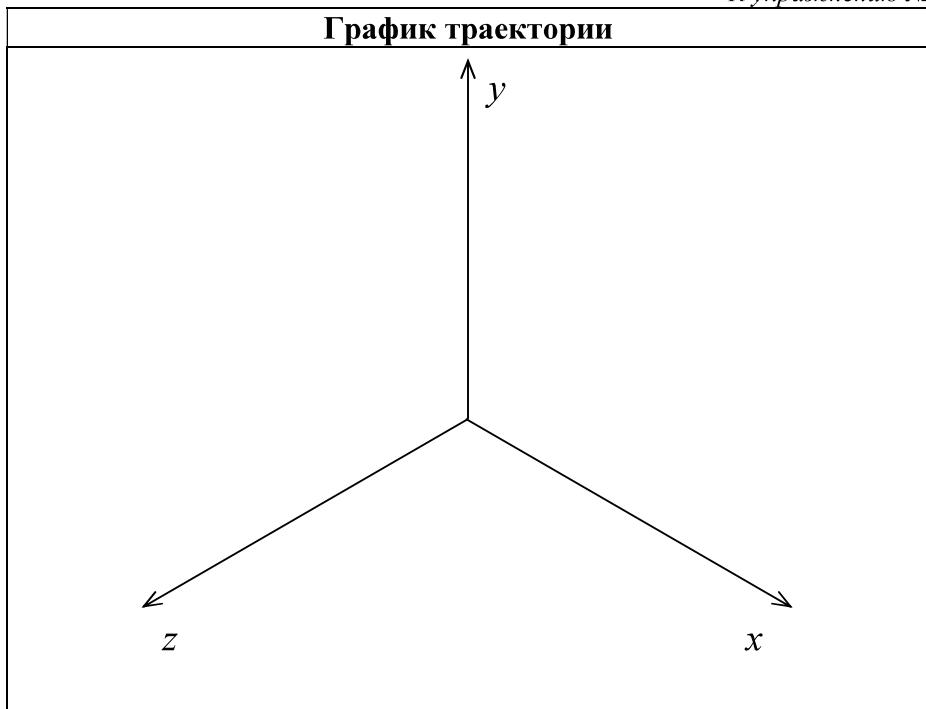


График зависимости длины полушага винтовой линии от напряженности электрического поля



К упражнению № 1

График траектории



Зависимость координаты x от времени $x = x(t)$ **Зависимость координаты y от времени $y = y(t)$** **Зависимость координаты z от времени $z = z(t)$** *К упражнению № 1***Упражнение 2. Изучение зависимости ШАГА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ от индукции магнитного поля**

| Напряженность электрического поля E , В/см | X-компоненты начальной скорости v_x , км/с | Y-компоненты начальной скорости v_y , км/с | Z-компоненты начальной скорости v_z , км/с |
|--|--|--|--|
| | 0 | 0 | |

| Индукция магнитного поля B , мГл | | Номер n полувитка винтовой линии | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 150 | Координата y , см | 0 | | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | | |
| 125 | Координата y , см | 0 | | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | | |
| 100 | Координата y , см | 0 | | | | | | | |
| | Полушаг винтовой линии d , см | | | | | | | | |
| | q/m , Кл/кг | | | | | | | | |