

## РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.1

#### Движение заряженной частицы в электрическом поле

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике ([3], т.2, §5, 73). Запустите программу. Выберите «Электричество и магнетизм» и «Движение заряда в электрическом поле». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Составьте конспект. (Если вы забыли, как работать с системой компьютерного моделирования, прочитайте ВВЕДЕНИЕ с.5, еще раз).

#### Цель работы

- Знакомство с моделью процесса движения заряда в однородном электрическом поле.
- Экспериментальное исследование закономерностей движения точечного заряда в однородном электрическом поле.
- Экспериментальное определение величины удельного заряда частицы.

#### Краткая теория

Движение заряженных частиц в электрическом поле широко используется в современных электронных приборах, в частности в электронно-лучевых трубках с электростатической системой отклонения электронного пучка.

Электрический заряд есть величина, характеризующая способность объекта создавать электрическое поле и взаимодействовать с электрическим полем.

Точечный заряд - это абстрактный объект (модель), имеющий вид материальной точки, несущей электрический заряд (заряженная МТ).

Электрическое поле - это то, что существует в области пространства, в которой на заряженный объект действует сила, называемая электрической.

Основными свойствами заряда являются

- аддитивность (суммируемость);
- инвариантность (одинаковость во всех инерциальных системах отсчета);
- дискретность (наличие элементарного заряда, обозначаемого  $e$ , и кратность любого заряда этому элементарному:  $q = Ne$ , где  $N$  - любое целое положительное и отрицательное число);
- подчинение закону сохранения заряда (суммарный заряд электрически изолированной системы, через границы которой не могут проникать заряженные частицы, сохраняется);
- наличие положительных и отрицательных зарядов (заряд - величина алгебраическая).

Закон Кулона определяет силу взаимодействия двух точечных зарядов

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_{12},$$

где  $\vec{e}_{12}$  - единичный вектор, направленный от первого заряда  $q_1$  ко второму  $q_2$ .

Напряженностью называется векторная характеристика поля, численно равная отношению силы  $\vec{F}_{\text{ЭЛ}}$ , действующей на точечный заряд, к величине  $q$  этого заряда:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{ЭЛ}}}{q}$ . Если задана напряженность электрического поля, тогда сила,

действующая на заряд, будет определяться формулой  $\vec{F}_{\text{ЭЛ}} = q\vec{E}$ .

Однородным называется поле, напряженность которого во всех точках одинакова как по величине, так и по направлению. Сила, действующая на заряженную частицу в однородном поле, везде одинакова, поэтому неизменным будет и ускорение частицы, определяемое вторым законом Ньютона (при малых скоростях движения  $v \ll c$ , где  $c$  - скорость света в вакууме).

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{ЭЛ}}}{m} = \frac{q}{m} \vec{E} = \text{const.}$$

Тогда

$$Y = \frac{at_{\text{ДВ}}^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{q}{m} E \left( \frac{L}{v_{0X}} \right)^2$$

и

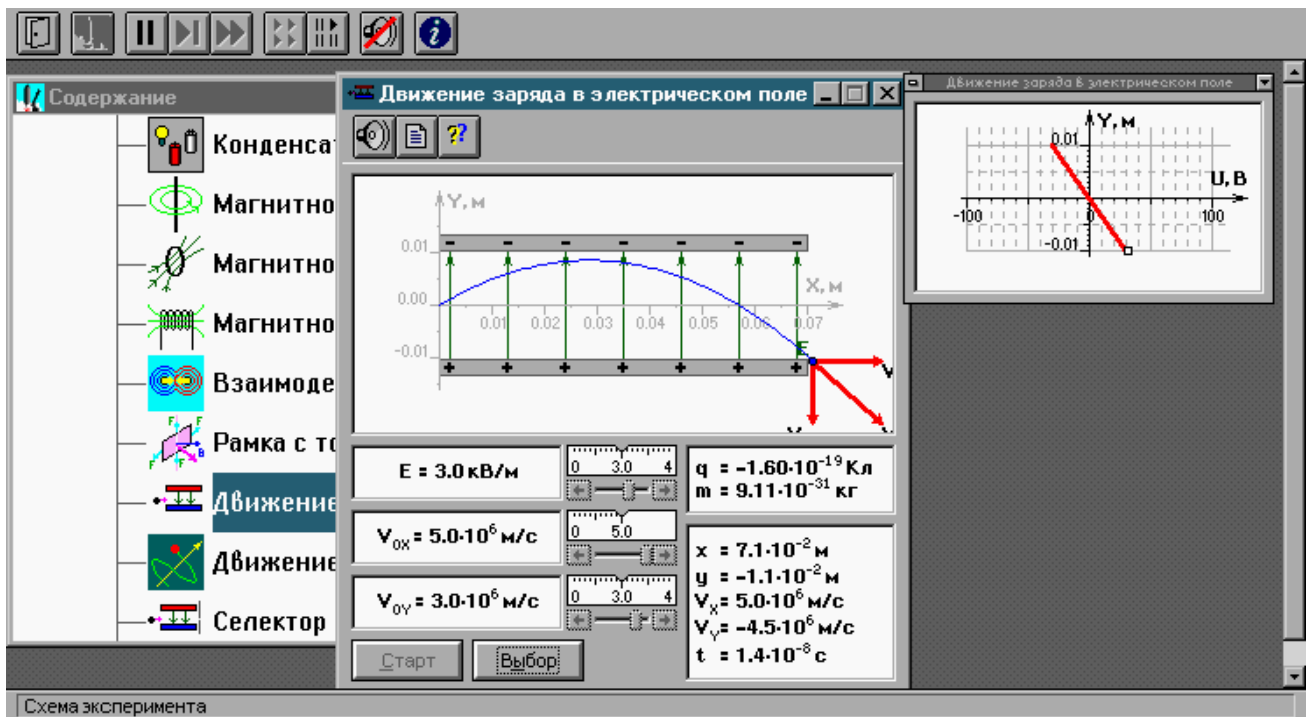
$$v_Y = at_{\text{ДВ}} = \frac{q}{m} E \frac{L}{v_{0X}},$$

где  $Y$  - смещение частицы по вертикали и  $v_Y$  - вертикальная компонента скорости в момент времени, когда частица вылетает из конденсатора.

### Методика и порядок измерений

Закройте окно теории. Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие основные элементы.

Зарисуйте поле эксперимента и траекторию движения частицы. Нажав кнопку «Старт», наблюдайте на экране движение частицы.



**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

### Измерения

1. Нажмите мышью кнопку «Выбор». Подведите маркер мыши к движку регулятора напряженности  $E$ . Нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, меняйте  $E$ . Установите числовое значение  $E$ , равное взятому из табл. 1 для вашей бригады.
2. Аналогичным способом установите  $v_{0x} = 2 \cdot 10^6$  м/с,  $v_{0y} = 0$ . Нажав кнопку «Старт», наблюдайте движение частицы. Увеличивая  $v_{0x}$ , подберите минимальное значение, при котором частица вылетает из конденсатора. Запишите значение длины пластин конденсатора  $L$ .
3. Проведите измерения параметров движения частицы в момент вылета из конденсатора. Запишите числовые значения с экрана в таблицу по форме 1.
4. Повторите измерения по п.3 еще 5 раз, каждый раз увеличивая значение  $v_{0x}$  на  $0,2 \cdot 10^6$  м/с. Результаты записывайте в таблицу по форме 1.
- 5.

Напряженность электрического поля (не перерисовывать)

Табл. 1

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$E$ [В/м]	100	200	300	400	-100	-200	-300	-400

Результаты измерений при  $E = \underline{\hspace{2cm}}$  В/м,  $L = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

Форма 1

$v_{0x}$ [Мм/с]							
$Y$ [мм]							
$X$ [мм]							
$t_{дв}$ [нс]							
$v_x$ [Мм/с]							
$v_y$ [Мм/с]							

### Обработка результатов и оформление отчета

- Постройте на отдельных листах графики экспериментальных зависимостей:
  - вертикального смещения на вылете из конденсатора ( $Y$ ) от квадрата обратной начальной скорости  $(1/v_{0x})^2$ ,
  - вертикальной составляющей скорости  $v_y$  на вылете из конденсатора от обратной начальной скорости  $(1/v_{0x})$ .
- Для каждого графика определите по его наклону экспериментальное значение удельного заряда частицы, используя формулы

$$\frac{q}{m} = \frac{2}{EL^2} \frac{\Delta(Y)}{\Delta\left(\frac{1}{v_{0x}^2}\right)} \text{ для первого}$$

и

$$\frac{q}{m} = \frac{1}{EL} \frac{\Delta(v_y)}{\Delta\left(\frac{1}{v_{0x}}\right)} \text{ для второго.}$$

- Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного удельного заряда частицы.
- Запишите ответ. Сформулируйте выводы по ответу и графикам.

*Табличное значение удельного заряда электрона  $q_e/m = -1.76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.*

### Вопросы и задания для самоконтроля

- Дайте определение электрического заряда.
- Выберите, к какому классу характеристик относится электрический заряд:
  - характеристика движения,
  - характеристика воздействия,

- характеристика объекта.
- 3. Перечислите все свойства заряда.
- 4. Сформулируйте свойство дискретности заряда.
- 5. Сформулируйте свойство аддитивности заряда.
- 6. Сформулируйте свойство инвариантности заряда.
- 7. Напишите закон Кулона для силы взаимодействия двух неподвижных зарядов.
- 8. Дайте определение электростатического (электрического) поля.
- 9. Дайте определение напряженности электрического поля.
- 10. Напишите формулу, определяющую напряженность электрического поля.
- 11. Напишите формулу, определяющую электрическую силу, действующую на точечный заряд в электрическом поле с заданной напряженностью.
- 12. Напишите формулу для напряженности электрического поля точечного заряда, расположенного в начале координат.
- 13. Сформулируйте принцип суперпозиции для электрического поля.
- 14. Дайте определение потенциала электрического поля.
- 15. Напишите формулу для потенциала электрического поля точечного заряда, расположенного в начале координат.
- 16. Какое поле называется однородным?
- 17. Что такое конденсатор?
- 18. Напишите формулу емкости плоского конденсатора.
- 19. Какое поле существует между пластинами плоского конденсатора?
- 20. Какую форму имеет траектория движения электрона между пластинами плоского конденсатора?