

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2\_1  
**ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике (Савельев, т.2, §5, §73). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Нажмите кнопку «Электр». Щелкните мышью на кнопке «↓» справа внизу, пока не появится кнопка, около которой надпись «Движение заряженной частицы в электрическом поле». Нажмите ее и затем кнопку «Физика».

**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** есть область 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 воздействия точечного заряда  $q_1$ , находящегося в начале координат, на точечный заряд  $q_2$ , имеющий радиус-вектор  $\vec{r}$

$$\vec{F}_{21} = \frac{q_1 q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \vec{e}_{21},$$

где  $\vec{e}_{21}$  - единичный вектор, направленный от первого заряда  $q_1$  ко второму  $q_2$ .

НАПРЯЖЕННОСТЬЮ называется векторная характеристика поля, численно равная отношению силы  $\vec{F}_{ЭЛ}$ , действующей на точечный заряд, к величине  $q$  этого заряда:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{ЭЛ}}{q}$ .

Если задана напряженность электрического поля, тогда сила, действующая на заряд, будет определяться формулой  $\vec{F}_{ЭЛ} = q\vec{E}$ .

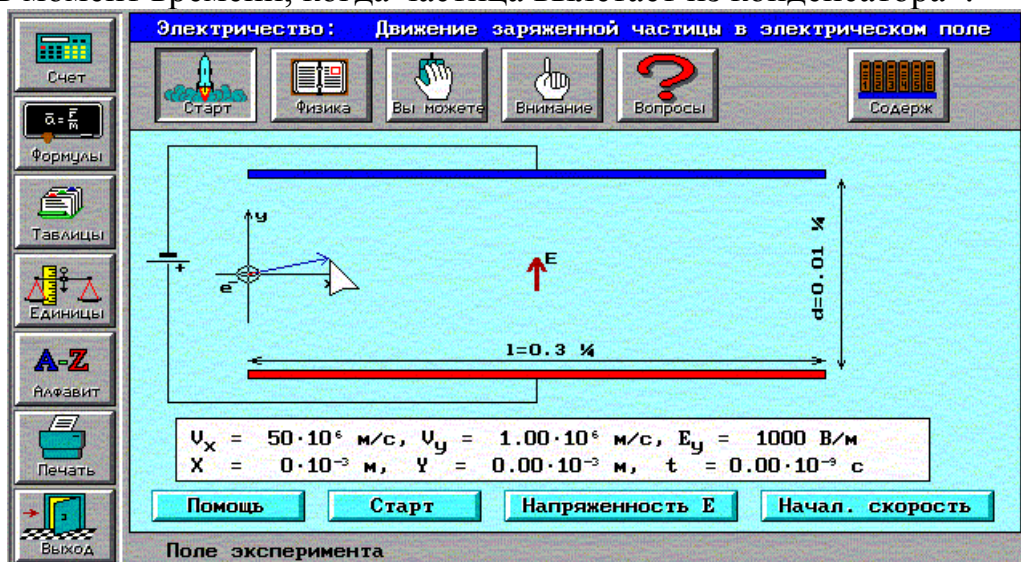
ОДНОРОДНЫМ называется поле, напряженность которого во всех точках одинакова как по величине, так и по направлению. Сила, действующая на заряженную частицу в однородном поле, везде одинакова, поэтому неизменным будет и ускорение частицы, определяемое вторым законом Ньютона (при малых скоростях движения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

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

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

$$V_Y = at_{ДВ}^2 = \frac{q}{m} E \frac{L}{V_{0X}},$$

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



## МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Нажмите мышью кнопку «Старт» вверху экрана. Зарисуйте с экрана поле эксперимента и траекторию движения частицы при горизонтальном расположении начальной скорости (для управления положением и величиной началь-

ной скорости нажмите мышью кнопку «Начал. скорость», подведите маркер мыши к концу синего вектора, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее, перемещайте маркером конец вектора  $V_0$ , следя за числовыми значениями его проекции  $V_x$  и  $V_y$ ). Для начала процесса движения нажмите мышью кнопку «Старт». Аналогичным способом измените величину напряженности поля (кнопка «Напряженность E» и вектор E в средней части экрана). Наблюдайте движение частицы.

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

1. Нажмите мышью кнопку «Напряженность E». Подведите маркер мыши к концу вектора E, расположенного в средней части плоского конденсатора, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии меняйте длину вектора E, установив числовое значение равным взятому из таблицы 1 для вашей бригады.
2. Нажмите кнопку «Начал скорость» и, зацепив мышью конец вектора начальной скорости, установите  $V_{0x} = 50$  Мм/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. Для этого нажмите кнопку «Старт» и в момент вылета частицы из конденсатора нажмите клавишу «Pause» на клавиатуре компьютера. Запишите числовые значения с экрана в таблицу 2. После записи всех результатов нажмите «Пробел» на клавиатуре компьютера.
4. Повторите измерения по п.3 еще 6 раз, каждый раз увеличивая  $V_{0x}$  на 5 Мм/с. Результаты записывайте в таблицу 2.

**ТАБЛИЦА 1. Значения напряженности электрического поля (не переписывать)**

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
E [В/м]	3100	3000	2900	2800	2700	2600	2500	2400

**ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений при E = \_\_\_\_\_ В/м, L = \_\_\_\_\_ м.**

$V_{0x}$ [Мм/с]							
Y [мм]							
X [мм]							
$t_{дв}$ [нс]							
$V_x$ [Мм/с]							
$V_y$ [Мм/с]							

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:**

1. Постройте 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 ( $1/V_{0X}$ ).
2. Для каждого графика определите по нему экспериментальное значение удельного заряда частицы, используя формулы

$$\frac{q}{m} = \frac{2}{EL^2} \frac{\Delta(Y)}{\Delta\left(\frac{1}{V_{0X}^2}\right)} \quad \text{и} \quad \frac{q}{m} = \frac{1}{EL} \frac{\Delta(V_Y)}{\Delta\left(\frac{1}{V_{0X}}\right)}.$$

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

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

### **Вопросы и задания для самоконтроля по работе 2\_1**

1. Дайте определение электрического заряда.
2. 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?