

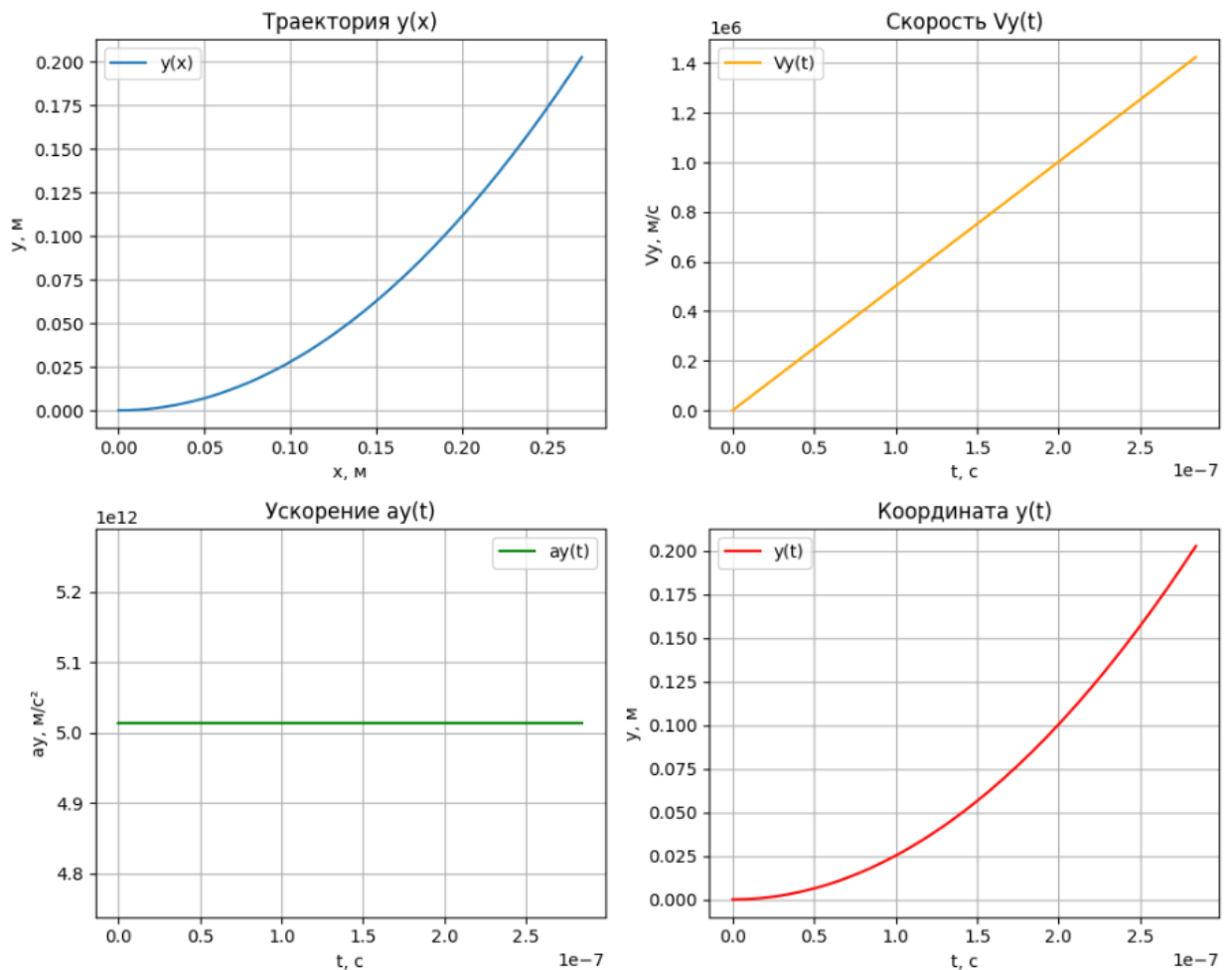
# Отчет по физике

## Моделирование\_Практика\_2

Тимофеев В. ■ М3212

---

Визуализация:



Код

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

e = 1.6e-19 # заряд электрона, Кл
me = 9.11e-31 # масса электрона, кг
r_inner = 9e-2 # внутренний радиус, м
r_outer = 19e-2 # внешний радиус, м
L = 27e-2 # длина конденсатора, м
Vx = 9.5e5 # начальная скорость вдоль x, м/с
d = r_outer - r_inner # расстояние между обкладками

U_min = (me * Vx**2 * d) / (2 * e * r_inner)
t_flight = L / Vx
```

```

a_y = e * U_min / (me * d)
Vy_final = a_y * t_flight
V_final = np.sqrt(Vx**2 + Vy_final**2)
time = np.linspace(0, t_flight, 1000)

y_t = 0.5 * a_y * time**2
Vy_t = a_y * time
ay_t = np.full_like(time, a_y)
x_t = Vx * time

plt.figure(figsize=(10, 8))

# График y(x)
plt.subplot(2, 2, 1)
plt.plot(x_t, y_t, label="y(x)")
plt.xlabel("x, м")
plt.ylabel("y, м")
plt.title("Траектория y(x)")
plt.grid()
plt.legend()

# График Vy(t)
plt.subplot(2, 2, 2)
plt.plot(time, Vy_t, label="Vy(t)", color="orange")
plt.xlabel("t, с")
plt.ylabel("Vy, м/с")
plt.title("Скорость Vy(t)")
plt.grid()
plt.legend()

# График ay(t)
plt.subplot(2, 2, 3)
plt.plot(time, ay_t, label="ay(t)", color="green")
plt.xlabel("t, с")
plt.ylabel("ay, м/с²")
plt.title("Ускорение ay(t)")
plt.grid()
plt.legend()

# График y(t)
plt.subplot(2, 2, 4)
plt.plot(time, y_t, label="y(t)", color="red")
plt.xlabel("t, с")
plt.ylabel("y, м")
plt.title("Координата y(t)")
plt.grid()
plt.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

print(f"Минимальное напряжение: {U_min:.2f} В")
print(f"Время полета: {t_flight:.2e} с")
print(f"Конечная скорость Vy: {Vy_final:.2e} м/с")
print(f"Полная конечная скорость: {V_final:.2e} м/с")

```

## Введение

В данном отчете рассматривается движение электрона в цилиндрическом конденсаторе при начальной скорости, направленной вдоль оси цилиндра. Задача состоит в определении минимального напряжения между обкладками конденсатора, которое позволяет

электрону не вылететь из его пределов, а также расчете параметров движения: времени пролета, конечной скорости электрона и его траектории.

#### Параметры задачи

- $e=1.6 \times 10^{-19}$  — заряд электрона.
- $m_e=9.11 \times 10^{-31}$  кг — масса электрона.
- $r_{inner}=0.09$  м — внутренний радиус конденсатора.
- $r_{outer}=0.19$  м — внешний радиус конденсатора.
- $L=0.27$  м — длина конденсатора вдоль оси  $x$ .
- $V_x=9.5 \times 10^5$  м/с — начальная скорость электрона вдоль оси  $x$ .
- $d=r_{outer}-r_{inner}=0.1$  м — расстояние между обкладками.

#### Расчеты

##### **1. Минимальное напряжение $U_{min}$**

Минимальное напряжение, необходимое для отклонения электрона в пределах конденсатора, определяется из условия баланса кинетической энергии электрона и работы электрического поля на отклонение:

$$U_{min} = \frac{m_e \cdot V_x^2 \cdot d}{2 \cdot e \cdot r_{inner}}$$

**Результат:**

$U_{min} \approx 1.53$  В

---

##### **2. Время пролета электрона через конденсатор $t_{flight}$**

Время пролета определяется как отношение длины конденсатора  $L$  к скорости электрона вдоль оси  $x$ :

$$t_{flight} = \frac{L}{V_x}$$

**Результат:**

$t_{flight} \approx 2.84 \times 10^{-7}$  с.

---

##### **3. Ускорение электрона вдоль оси $y$**

Электрическое поле, создаваемое напряжением  $U_{min}$ , вызывает ускорение электрона:

$$a_y = \frac{e \cdot U_{min}}{m_e \cdot d}$$

**Результат:**

$a_y \approx 2.68 \times 10^{13}$  м/с.

---

##### **4. Конечная скорость электрона**

Скорость электрона вдоль оси  $y$  в конце движения определяется по формуле:

$$V_y = a_y \cdot t_{\text{flight}}$$

Полная скорость электрона  $V_{\text{final}}$  учитывающая перпендикулярные компоненты  $V_x$  и  $V_y$ , находится из теоремы Пифагора:

$$V_{\text{final}} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

**Результаты:**

- $V_y \approx 7.61 \times 10^6 \text{ м/с}$
- $V_{\text{final}} \approx 7.67 \times 10^6 \text{ м/с}$

**5. Траектории и функции движения**

1. **Координата  $y(t)$ :**

$$y(t) = \frac{1}{2} a_y t^2$$

2. \_\_\_\_\_

**Скорость  $V_y(t)$ :**

$$V_y(t) = a_y \cdot t$$

3. \_\_\_\_\_

**Ускорение  $a_y(t)$ :**

Ускорение вдоль  $y$  остается постоянным и равно  $a_y$ .

4. **Координата  $x(t)$ :**

$$x(t) = V_x \cdot t$$

На основе этих функций построены графики:

$y(x)$ : Траектория движения.

$V_y(t)$ : Скорость вдоль оси  $y$ .

$a_y(t)$ : Постоянное ускорение вдоль  $y$ .

$y(t)$ : Координата  $y$  как функция времени.

1.  $y(x)$ : Показывает траекторию движения электрона в конденсаторе.
2.  $V_y(t)$ : Линейный рост скорости вдоль оси  $y$ .
3.  $a_y(t)$ : Постоянное ускорение.
4.  $y(t)$ : Квадратичный рост отклонения электрона.

---

### Заключение

В ходе работы были получены следующие результаты:

1. **Минимальное напряжение:**  $U_{\min} \approx 1.53$  В, которое необходимо для удержания электрона в пределах конденсатора.
2. **Время пролета электрона:**  $t_{\text{flight}} \approx 2.84 \times 10^{-7}$  с
3. **Конечная скорость электрона:**  $V_{\text{final}} \approx 7.67 \times 10^6$  м/с

Графики функций движения наглядно демонстрируют поведение электрона под действием электрического поля, подтверждая аналитические расчеты.

Таким образом, программа успешно решает задачу движения электрона в цилиндрическом конденсаторе, обеспечивая как численные результаты, так и визуальное представление траектории.