

Лабораторной работы  
**«Измерение ускорения  
свободного падения»**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Целью данной работы является определение величины ускорения свободного падения как характеристики этой силы.

В данной работе производится измерение ускорения свободного падения баллистическим методом.

Используя формулы равноускоренного движения для скорости и пройденного пути получим следующие соотношения:

$$S_1 = V_1 \Delta t_1 + \frac{g \Delta t_1^2}{2} \quad (1)$$

$$S_2 = V_2 \Delta t_2 + \frac{g \Delta t_2^2}{2} = (V_1 + g \Delta t_1) \Delta t_2 + \frac{g \Delta t_2^2}{2} \quad (2)$$

Выразив скорость  $V_1$  из уравнения (1) и подставив в формулу (2) получим выражение для ускорения свободного падения:

$$g = \frac{2(S_2 / \Delta t_2 - S_1 / \Delta t_1)}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$$

Если принять расстояние между точками измерения  $S_1=S_2=S$ , то расчётную формулу можно привести к виду

$$2S = g \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{1/\Delta t_2 - 1/\Delta t_1} \quad (4)$$

Построить график, по осям которого откладывать  $2S$  и  $T$ , равное

$$T = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{1/\Delta t_2 - 1/\Delta t_1} \quad (5)$$

По углу наклона определить величину  $g$ .

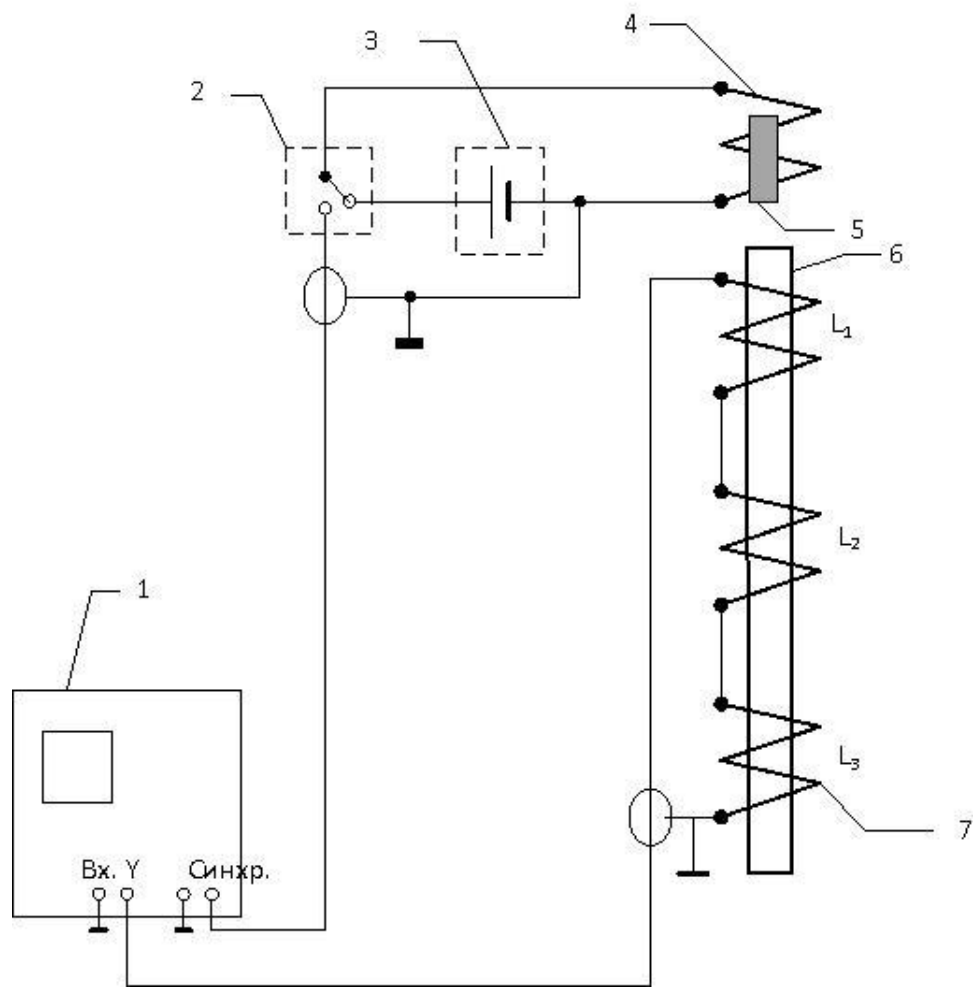


Рис. 1. Установка для измерения ускорения свободного падения:  
 1 - измерительные катушки, 2 – осциллограф, 3 - кнопка «пуск», 4 - блок питания соленоида, 5 – соленоид, 6 - падающее тело (магнит), 7 - направляющий цилиндр.

Падающий магнитный стержень в каждой магнитной катушке наводит ЭДС, пропорциональную скорости. При прохождении центра стержня через катушку знак ЭДС сменяется на противоположный, возрастание на графике сменяется убыванием. Осциллограмма импульсов приведена на рисунке 2.

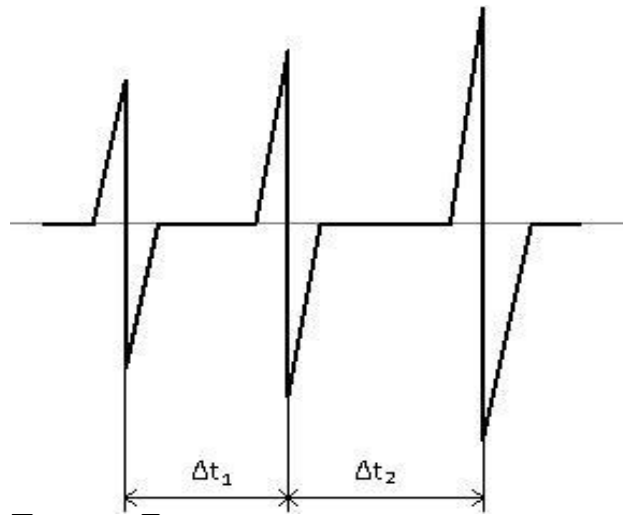


Рис 2. Осциллограмма импульсов.

Для обработки результатов используется модель приближения практических данных к теоретической модели методом наименьших квадратов.

Для использования метода в каждой серии измерений

рассчитаем:  $\Delta t_1 = t_2 - t_1$  и  $\Delta t_2 = t_3 - t_2$

и время полёта между катушками. Из них оценим:

$$T = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{1/\Delta t_2 - 1/\Delta t_1}$$

В каждой серии экспериментов из десяти  $T$  оценим:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{k=1}^N T_k}{N}$$

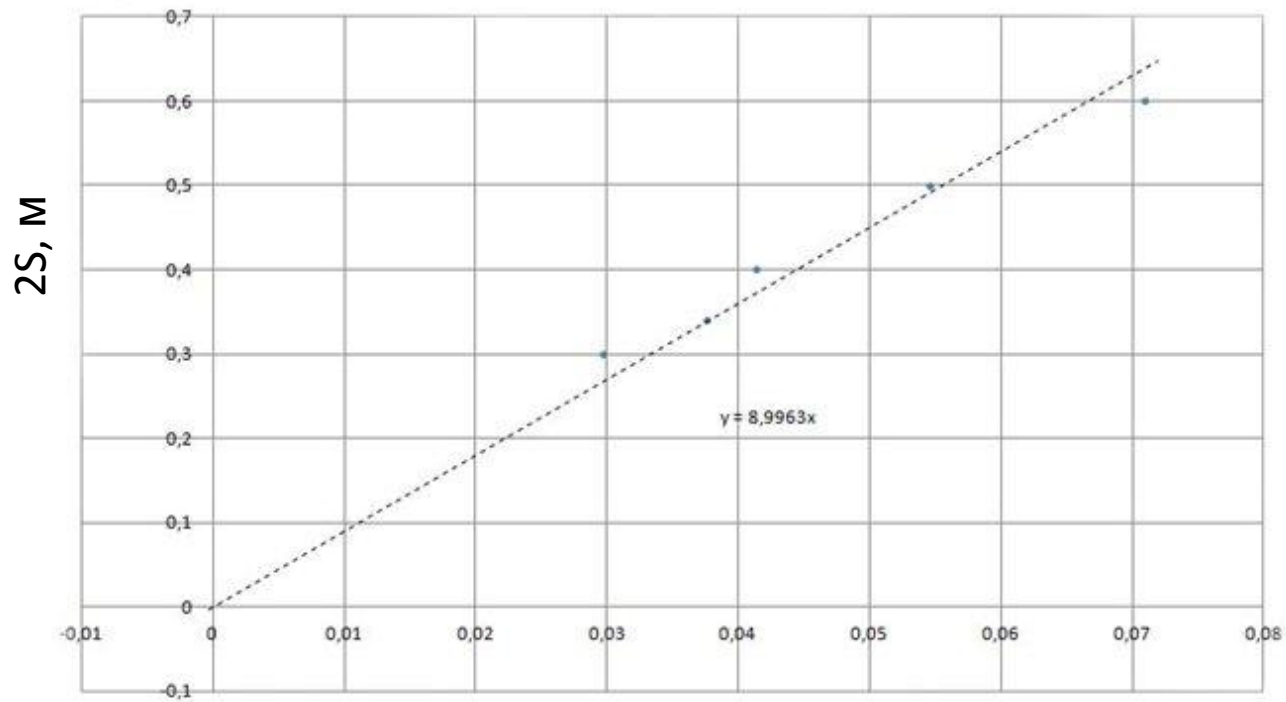


Рисунок 3. График зависимости  $2\bar{S}(\bar{T}, c^2)$ .



При измерении расстояний использовалась линейка с минимальной шкалой деления  $10^{-3}$  м.

$$\Delta S = d \quad ; \quad \delta_s = \frac{\Delta S}{S}$$

Для измерения времени использовался цифровой осциллограф TDS-0112. Статистическую погрешность оценим как среднеквадратичную ошибку среднего

$$S_x = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

где  $\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\bar{T} - T_k)^2}{n-1}}$  - эмпирический стандарт

Каждой точке на графике соответствует  $T = \bar{T} \pm \Delta T = \bar{T} \pm S_x$  .

Точки должны располагаться вблизи некоторой прямой  $y = a + bx$ .

Дисперсия величин  $y$  и  $b$  определяется с помощью формул:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2}{N - 2}$$

$$s_b^2 = \frac{Ns_y^2}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

учитывающем статистическую погрешность:  $g = b \pm s_b$

# Вывод:

В данной работе было измерено ускорение свободного падения баллистическим методом. Практические результаты не совпали с теорией, что говорит о несовершенстве проведения эксперимента и неучтённых погрешностях. Примером этого может служить сила трения воздуха или потеря кинетической энергии на отклонение магнитного стержня в полях электроприборов.  $g = 8.996 м/с^2 \pm 0.8 м/с^2$