

## **Разработка урока-лабораторной работы «Определение ускорение свободного падения с помощью оборотного маятника»**

*Чжоу Валентина Юйляновна*

*Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема*

*Студент*

### **Аннотация**

Целью исследования является разработка урока-лабораторной работы по нахождению ускорение свободного падения с помощью оборотного маятника. Представлен метод разработки конспекта урока, включающие проведение эксперимента и обработку полученных данных. Результатом работы стал готовый конспект урока с пошаговой инструкцией для выполнения лабораторной работы, позволяющий учащимся изучить ускорение свободного падения на практике.

**Ключевые слова:** кинематика, оборотный маятник, ускорение свободного падения

## **Development of a laboratory lesson on «Determining the Acceleration of Free Fall Using a Rotating Pendulum»**

*Chzhou Valentina Yuylyanovna*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University*

*Student*

### **Abstract**

The purpose of the study is to develop a laboratory lesson on finding the acceleration of free fall using a reversible pendulum. The method of developing a lesson plan is presented, which includes conducting an experiment and processing the obtained data. The result of the work is a ready-made lesson plan with step-by-step instructions for performing the laboratory work, which allows students to study the acceleration of free fall in practice.

**Keywords:** kinematics, rotary pendulum, free fall acceleration

### **1. Введение**

#### **1.1 Актуальность исследования**

Современное образование ставит перед учителями задачи не только передачи знаний, но и формирования у обучающихся исследовательских навыков, умения применять теоретические знания на практике.

Изучение механики, требует не только теоретического понимания, но и практического осмысления физических закономерностей. Одним из фундаментальных физических понятий является ускорение свободного

падения, знание которого необходимо как в школьном курсе физики, так и в различных технических и естественнонаучных дисциплинах.

Использование оборотного (или физического) маятника как экспериментального устройства позволяет школьникам не только провести точные измерения, но и лучше понять принципы действия маятниковых систем, методы обработки экспериментальных данных, а также усвоить важность учета погрешностей.

## **1.2 Обзор исследований**

В работе С. В. Подколзиной представлена методика разработки интегрированных уроков по физике и истории, формирующих общекультурные компетенции [1]. И. В. Бахтина [2] разработала свой урок по теме «Равноускоренное движение». Проанализировала зарубежные публикации по использованию метода моделирования в процессе обучения физике школьников в своей работе И. М. Зенцова [3]. Г. А. Петренко запатентовал свой способ и устройство измерения ускорения свободного падения [4].

## **1.3 Цель исследования**

Цель исследования – разработка урока-лабораторной работы по изучению ускорению свободного падения.

## **2. Материалы и методы**

Для проведения лабораторной работы использовался оборотный маятник, а для обработки экспериментальных данных применялся графический метод.

## **3. Результаты и обсуждения**

### **3.1 Оборудование**

Для проведение лабораторной работы потребуется следующее оборудование:

- Оборотный (физический) маятник;
- Секундомер.

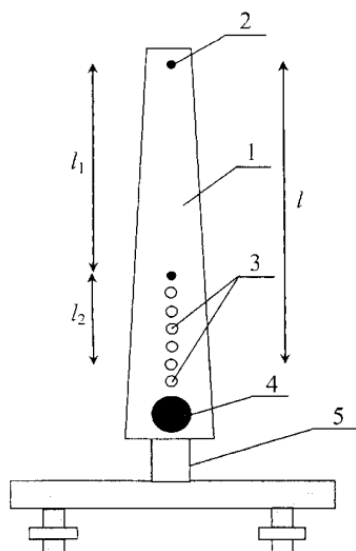


Рисунок 1 – Физический маятник

Математический маятник представляет собой материальную точку, подвешенную на нерастяжимой нити. На практике его можно хорошо смоделировать с помощью массивного шарика, подвешенного на длинной стальной нити.

Физический маятник – это любое тело, вращающееся вокруг оси, не проходящей через его центр масс. В данном случае (рис. 1) маятником служит стальная полоса переменного сечения, на которой расположены несколько отверстий для крепления на ось вращения. Одно отверстие (2) находится на одном конце полосы, а на другом конце расположен ряд отверстий (3), равномерно распределённых вдоль длины. Это позволяет изменять период колебаний маятника. Положение центра масс можно регулировать с помощью дополнительного груза (4).

### 3.2 Описание метода измерения

Во многих методах измерения ускорения свободного падения  $g$  используется зависимость периода колебаний маятника от значения  $g$  [5], поскольку период колебаний можно определить с высокой точностью.

*Для математического маятника*

$$T = 2\pi\sqrt{l/g},$$

где  $l$  – длина маятника.

*Оборотный маятник* является физическим, и период его колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{I/mg l_c} = 2\pi\sqrt{(I_c + m l_c^2)/mgl}$$

где  $I$  – момент инерции маятника относительно точки подвеса,

$I_c$  – момент инерции относительно центра масс,

$m$  – масса маятника,

$l_c$  – расстояние от центра масс маятника до точки подвеса.

Для физического маятника измерить момент инерции  $I$ , необходимый для расчёта ускорения свободного падения  $g$ , с такой же точностью, как период  $T$ , затруднительно. Поэтому был разработан метод, позволяющий

исключить эти величины из формулы расчёта с помощью обратного маятника – в этом и заключается его преимущество. Предположим, что удалось подобрать такие положения осей вращения, при которых периоды колебаний маятника относительно обеих осей равны. Тогда, используя формулу можно получить:

$$T_0^2 = 4\pi^2(I_c + ml_1^2)/mgl_1; \quad T_0^2 = 4\pi^2(I_c + ml_2^2)/mgl_2$$

Здесь  $l_1$  и  $l_2$ —расстояния от первой и второй осей до центра масс маятника, а их сумма  $l_1 + l_2 = l_0$  есть расстояние между осями, которое можно измерить достаточно точно.

Исключая из уравнений величину  $I_c$  получаем расчётную формулу для ускорения  $g$ :

$$g = \frac{4\pi^2 l_0}{T_0^2}$$

Этот метод позволяет очень точно определить значение  $g$ , если найти такое положение осей на стержне, при котором периоды колебаний маятника совпадают. Поскольку период  $T$  не меняется при смене оси, такой маятник называют обратным.

### 3.3 Конспект лабораторной работы «Определение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника»

ЦЕЛЬ: получить экспериментальное значение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника

### ХОД РАБОТЫ:

1.Подвесьте маятник на отверстие (2), расположенное ближе к концу стержня.

2. Отклоните маятник от положения равновесия на угол  $5...10^\circ$  и отпустите. Измерьте время  $t$  для  $N$  (десяти) полных колебаний и вычислите период одного колебания. Занесите данные в таблицу 1.

3. Снимите маятник и измерьте расстояние между центрами отверстия (2) и крайнего отверстия (3).

4. Подвесьте маятник на крайнее отверстие (3). Измерьте время для 5 (или 10) колебаний и определите период одного колебания.

5. Повторите измерения длины  $l$  и периода колебаний  $T_2$  несколько раз, каждый раз смещая ось на одно отверстие. При этом период колебаний остаётся неизменным. Для подтверждения этого измерьте период ещё раз в конце эксперимента.

Таблица 1 – Результаты работы обратного маятника

|          |          |                 |                |          |          |                    |
|----------|----------|-----------------|----------------|----------|----------|--------------------|
| $t_1, c$ | $T_1, c$ | $\mathcal{N}_2$ | $l, \text{ M}$ | $t_2, c$ | $T_2, c$ | $N =$              |
|          |          | 1               |                |          |          |                    |
|          |          | 2               |                |          |          |                    |
|          |          | 3               |                |          |          | $l_0 = \text{ cm}$ |

|  |  |    |  |  |  |                        |
|--|--|----|--|--|--|------------------------|
|  |  | 4  |  |  |  | $T_0 = \quad \text{с}$ |
|  |  | 5  |  |  |  |                        |
|  |  | 6  |  |  |  |                        |
|  |  | 7  |  |  |  |                        |
|  |  | 8  |  |  |  |                        |
|  |  | 9  |  |  |  |                        |
|  |  | 10 |  |  |  |                        |
|  |  | 11 |  |  |  |                        |
|  |  | 12 |  |  |  |                        |
|  |  |    |  |  |  |                        |

6. Постройте график (рис. 2) зависимости периодов колебаний  $T_1$  и  $T_2$  от расстояния между осями. Определите координаты  $T_0$  и  $l_0$  точки пересечения графиков.  $l_0$  и есть то самое расстояние между призмами, при котором периоды колебаний обратного маятника вокруг осей, проходящих через первую и вторую призму, одинаковы, т. е.  $T_1 = T_2 = T_0$ .

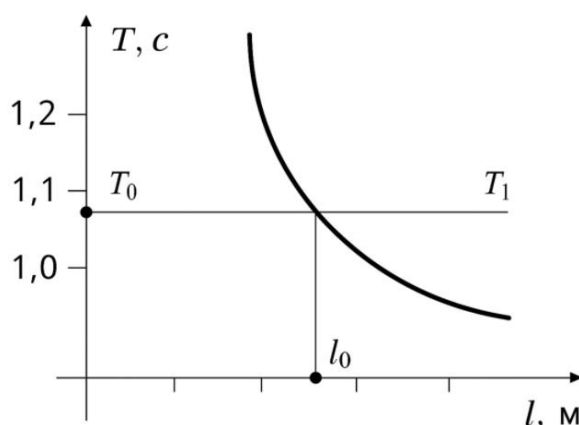


Рисунок 2 – График зависимости периодов колебаний от расстояния между осями

7. Рассчитайте среднее значение  $g$  по формуле.

8. Оцените точность определения этого значения  $g$ , полагая, что для него относительная случайная погрешность согласно расчетной формуле  $\delta_g \cong \delta_{T_0}$ . Точность же определения координаты точки пересечения двух линий определяется, как минимум, их толщиной  $h$ , а это означает, что  $\delta_{T_0}$  равно отношению  $h$  к длине оси  $T$ .

9. Запишите результат в виде интервала, в котором  $\Delta_g = g\delta_g$ :

$$g = \bar{g} \pm \Delta_g$$

10. Оцените отклонение найденной величины  $g$  от табличного значения для Хабаровска ( $g = 9,8095 \text{ м/с}^2$ ); если оно заметно выше, чем найденная случайная погрешность  $\Delta_g$ , укажите причины систематической погрешности.

11. В выводе сделайте анализ возможностей измерения различных физических величин с помощью механических колебаний.

#### **4 Выводы**

В результате работы, получили структурированный конспект урока-лабораторной работы по изучению ускорение свободного падения с использованием физического маятника.

#### **Библиографический список**

1. Подколзина С. В. Методика разработки и проведения интегрированных уроков по физике и истории в основной школе // Вестник магистратуры. 2013. № 4(19). С. 65-67.
2. Бахтина, И. В. Разработка урока физики по теме «Равноускоренное движение» // Молодой ученый. 2019. № 31(269). С. 122-124.
3. Зенцова, И. М. Обзор зарубежных исследований по моделированию в процессе обучения школьников физике /Вестник Государственного гуманитарно-технологического университета. 2022. № 4. С. 57-61.
4. Петренко Г. А. Патент № 2504803 С2 Российская Федерация, МПК G01V 7/00. Способ и устройство измерения ускорения свободного падения: № 2011147512/28; заявл. 23.11.2011; опубл. 20.01.2014
5. Мякишев Г. Я. Физика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2010.