

кафедра Общей Физики и Ядерного Синтеза

Лаборатория Механики и Молекулярной Физики

Вводная лабораторная работа

**Определение ускорения свободного падения
с помощью математического маятника**

Группа: _____

Студент: _____

Преподаватель: _____

К работе допущен: _____

Работу выполнил: _____

Дата выполнения работы: _____

Работу сдал: _____

Цель работы – ознакомление с методами измерения физических величин в лаборатории “Механики и молекулярной физики”; ознакомление с видами погрешностей физических величин и способами их определения; экспериментальное определение ускорения свободного падения на широте Москвы при помощи математического маятника с использованием формулы Г.Галилея.

1. Теоретические основы работы

Колебательное движение твердого тела, в том числе и математического маятника, достаточно подробно будет рассмотрено в разделе «Механика» курс общей физики. Здесь же ограничимся расчетным соотношением для определения ускорения свободного падения g методом математического маятника, предложенного Г. Галилеем. Математический маятник (рис.1) представляет собой точечную массу m , подвешенную на невесомой нерастяжимой нити к неподвижной точке. Если отклонить маятник от положения равновесия на малый угол $\alpha = (3\div 6)^\circ$ и отпустить, то под действием силы тяжести mg и силы натяжения нити T маятник придет в состояние колебательного движения относительно положения равновесия, подчиняющееся закону косинуса (гармонические колебания):

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t) \quad (1)$$

где $x(t)$ – положение маятника (материальной точки) на оси x в некоторый момент времени t ;
 x_0 – амплитуда колебаний (максимальное смещение маятника от положения равновесия);
 ω – циклическая частота колебаний.

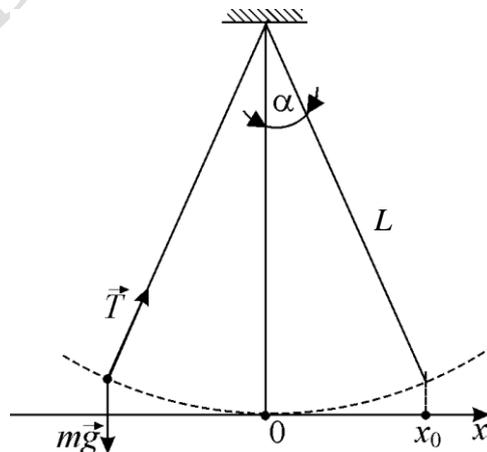


Рис. 1. Принципиальная схема установки

В теории колебательного движения показано, что циклическая частота колебаний ω связана с длиной маятника L и ускорением свободного падения g соотношением

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2)$$

В свою очередь период колебаний T (время, за которое маятник совершает одно полное колебание) связан с циклической частотой соотношением

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (3)$$

Тогда, подставив (2) в (3), получаем:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (4)$$

Таким образом, зная период колебаний математического маятника, можем рассчитать ускорение свободного падения по формуле:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (5)$$

В ходе эксперимента измеряется время t , за которое маятник совершает $N = 10$ полных колебаний, тогда расчетная формула принимает вид:

$$g = 4\pi^2 \frac{LN^2}{t^2} \quad (6)$$

2. Описание экспериментальной установки

Используемый в лабораторной работе маятник (рис. 2) представляет собой массивный шарик 1, подвешенный на тонкой длинной нити 2 в точке А узла 3, расположенного на стойке 4 жестко закрепленной на массивном основании 5. Если длина нити подвеса L_n намного больше диаметра шарика d , то такой маятник по характеристикам движения близок к математическому. При малых амплитудах колебаний период колебаний такого маятника близок к периоду колебаний математического маятника (4), при этом под длиной маятника L следует понимать расстояние от точки подвеса до центра масс шарика 1.

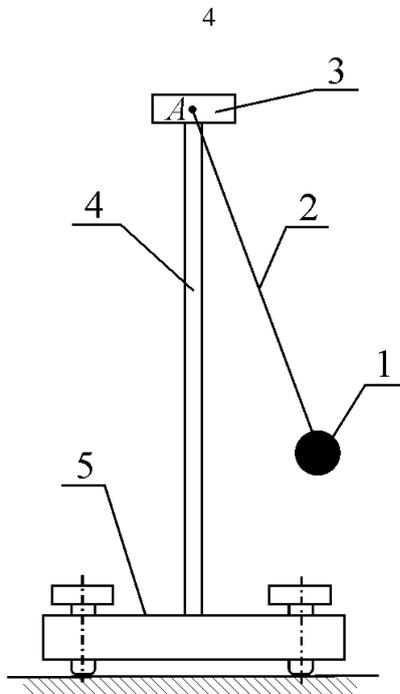


Рис.2. Схема экспериментальной установки

3. Порядок выполнения работы

1. Заполните таблицу 1 спецификации измерительных приборов.
2. Используя линейку с миллиметровой шкалой проведите измерения длины нити подвеса L_n . Результат занесите в таблицу 2.
3. Отклоните шарик с нитью от положения равновесия на малый угол $\alpha = (3 \div 10)^\circ$ и отпустите. Маятник начнет совершать колебания относительно положения равновесия.
4. С помощью секундомера проведите измерения времени $N = 10$ периодов колебаний. Результат занесите в таблицу 3.
5. Пункты 4-5 повторите еще четыре раза. Результаты измерений десяти полных колебаний занесите в таблицу 3.

Данные установкиДиаметр шарика $d =$ мм; $\Delta d =$ мм.**таблица 1****Спецификация измерительных приборов**

Наименование прибора	Предел измерения	Цена деления	Инструментальная погрешность
Линейка			
Секундомер			

таблица 2**Измерение длины маятника**

Длина нити L_n , мм	Длина маятника L , мм

таблица 3**Измерение времени 10 колебаний маятника**

№	t , с	$ t_i - \bar{t} $, с	$ t_i - \bar{t} ^2$, с
1			
2			
3			
4			
5			
среднее			

Обработка результатов измерений

1. Длина подвеса математического маятника

$$L = L_n + \frac{d}{2} =$$

2. Экспериментальное значение ускорения свободного падения:

$$\bar{g} = 4\pi^2 \frac{LN^2}{t^2} =$$

3. Абсолютная погрешность косвенного измерения длины подвеса маятника

$$\Delta L = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial L_n}\right)^2 (\Delta L_n)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial d}\right)^2 (\Delta d)^2} = \sqrt{(\Delta L_n)^2 + \frac{1}{4}(\Delta d)^2} =$$

4. Абсолютная погрешность средств измерения (приборная погрешность) времени колебаний маятника:

$$\Delta t_{\text{пр}} =$$

5. Случайная погрешность измерения времени колебаний маятника:

$$\Delta t_{\text{сл}} = t_{P,n} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} =$$

6. Результирующая погрешность измерения времени колебаний маятника:

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_{\text{сл}}^2 + \Delta t_{\text{пр}}^2} =$$

7. Результат прямого измерения:

$$t = \bar{t} \pm \Delta t =$$

8. Относительная погрешность косвенного измерения:

$$\delta_g = \sqrt{\delta_L^2 + 4\delta_t^2 + 4\delta_\pi^2} =$$

9. Абсолютная погрешность косвенного измерения:

$$\Delta_g = g \cdot \delta_g =$$

10. Окончательный результат определения ускорения свободного падения:

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