

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_  
 Выдал вариант \_\_\_\_\_  
 № варианта \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_  
 Проверил \_\_\_\_\_

**Цель работы:** определить ускорение свободного падения с помощью физического маятника.

### Порядок выполнения работы

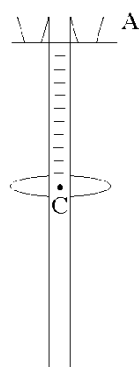


Рис. 1

**1.** Опорную призму укрепляем на конце стержня так, чтобы ее ребро А было на уровне ближайшей риски стержня, как показано на рис.1.

**2.** Расстояние  $d$  от ребра призмы до центра масс С стержня определяем с помощью рисок, нанесённых через 1 см на верхней половине стержня. Цифры у рисок, нанесённые через 10 см, соответствуют расстояниям от соответствующих рисок до центра масс С.

**3.** Устанавливаем маятник на подставку ребром опорной призмы в середине прорези перпендикулярно ей и отклоняем его на угол  $3...5^\circ$ , коснувшись грузом стены.

**4.** Секундомером измеряем время  $n = 10$  полных колебаний. Перемещаем опорную призму 9 раз, последовательно смещая её каждый раз на пять сантиметров к центру стержня, и измеряем после каждого перемещения расстояния

$d_i$  и времена  $t_i$ , за которые совершаются 10 колебаний.

**5.** Результаты измерений, полученных на различных лабораторных установках, приведены в таблице 1. Вариант заданий для расчёта выдаёт преподаватель, ведущий лабораторное занятие.

Таблица 1

№ вар	1									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	17,4	17,2	16,8	16,6	15,8	16,9	17,35	17,55	17,8	18,5
№ вар	2									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	14,4	14,6	13,8	13,6	12,8	13,9	14,35	14,55	15,8	16,25
№ вар	3									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	19,3	19,12	18,8	17,4	16,28	16,39	17,35	17,45	18,18	18,45
№ вар	4									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	12,9	12,25	11,8	10,6	10,08	10,14	10,35	10,55	11,18	11,65
№ вар	5									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	19,4	19,2	18,8	17,6	16,8	16,19	16,35	16,55	16,8	18,45
№ вар	6									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	14,45	14,28	14,08	13,6	12,85	13,9	14,35	15,55	16,8	19,25
№ вар	7									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	19,24	19,2	18,85	18,6	17,8	17,9	18,35	18,55	19,8	20,05
№ вар	8									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i$ , с	15,54	15,28	14,85	14,06	15,18	15,29	15,55	16,45	16,8	19,5
№ вар	9									
$d_i$ , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

$t_i, \text{с}$	18,34	17,82	17,18	16,85	15,18	16,94	17,15	17,35	18,18	18,5
№ вар	10									
$d_i, \text{м}$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
$t_i, \text{с}$	19,42	19,12	18,18	18,06	19,08	19,19	19,35	20,05	20,18	21,5

Определяем, пользуясь данными таблицы 1 для своего варианта, величины десяти периодов колебания по формуле  $T_i = t_i/n$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ;  $n = 10$ . Данные из таблицы 1 и результаты вычисления периодов колебания физического маятника запишем в таблицу 2.

6. Зная  $d_i$  и  $T_i$ , строим график зависимости периода колебаний  $T$  от расстояния  $d$ . Примерный вид графика приведён на рис.2.

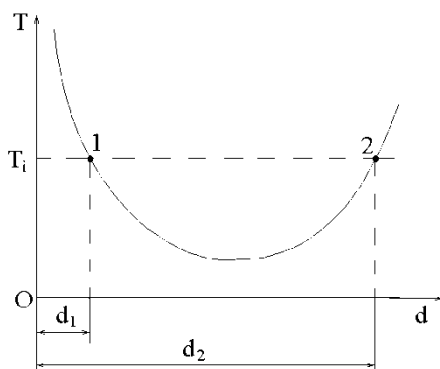


Рис. 2

7. Выбираем на оси ординат графика пять произвольных значений периода колебаний и проводим через них прямые, параллельные оси абсцисс так, чтобы они пересекали обе ветви графика. При пересечении с экспериментальной кривой каждой прямой с номерами  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  получаем по две точки с координатами  $d_1^i$  и  $d_2^i$ . Рассчитываем по формуле  $d_1^i + d_2^i = \ell_i$  приведённые длины маятника  $\ell_i$  для каждого периода колебаний  $T_i$ .

8. По формуле  $g_i = \frac{4\pi^2 \ell_i}{T_i^2}$  получаем пять значений ускорения свободного падения. Находим среднее значение

ускорения свободного падения по формуле  $\langle g_i \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 g_i}{5}$ .

9. Случайные отклонения для каждого измерения ускорения свободного падения определяем по формуле  $\Delta g_i = g_i - \langle g \rangle$ , а среднее квадратичное отклонение вычисляем по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{i_{\max} - 1} \sum (\Delta g_i)^2}, \text{ где } i_{\max} = 5. \text{ Погрешность результата } \Delta g = S / \sqrt{i_{\max}}.$$

Данные измерений и вычислений заносим в таблицу 3.

10. Окончательный результат представляем в виде:  $g = (\langle g \rangle \pm \Delta g)$ ,  $\text{м/с}^2$ .

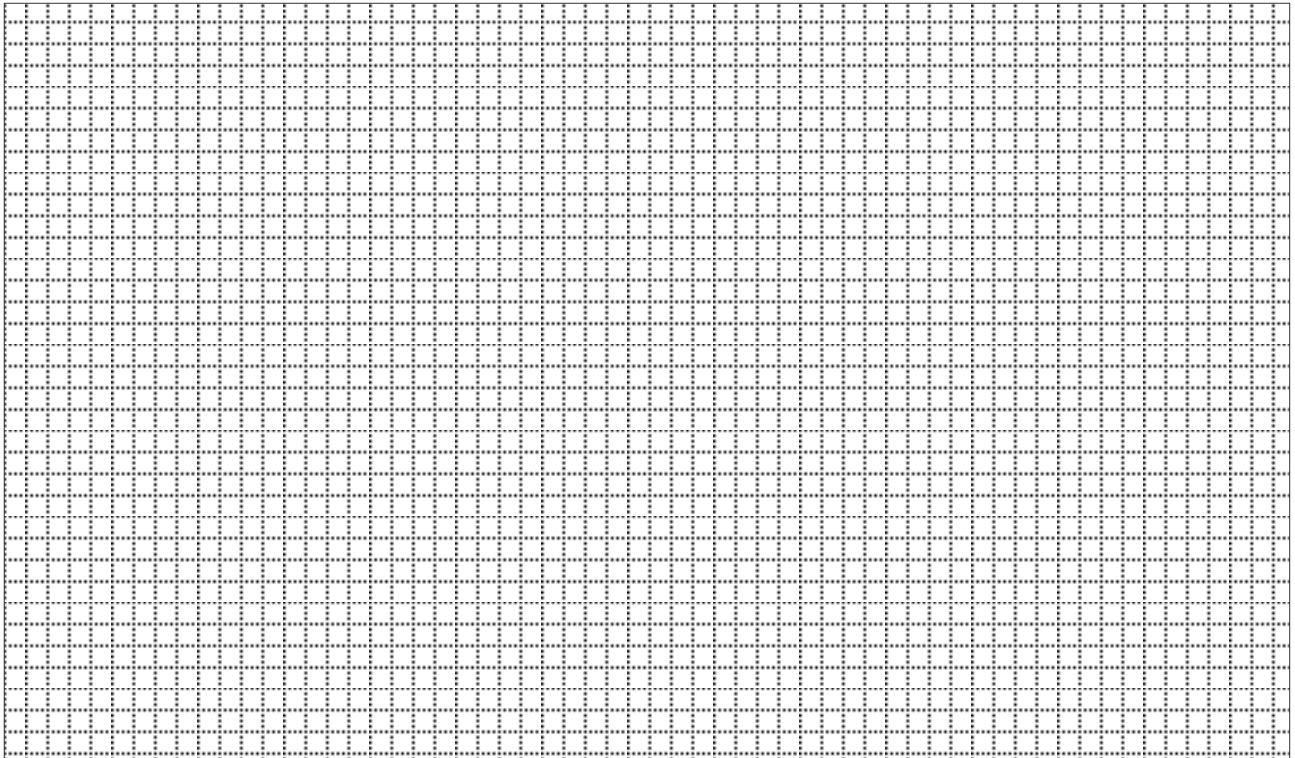
$$g = (\dots \pm \dots) \text{ м/с}^2$$

Таблица 2

$d_i, \text{м}$												
$t_i, \text{с}$												
$T_i, \text{с}$												

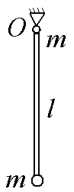
Таблица 3

$T_i, \text{с}$	$d_1^i, \text{м}$	$d_2^i, \text{м}$	$g_i, \text{м/с}^2$	$(\Delta g_i)^2, \text{м/с}^2$	$\langle g \rangle$	$S, \text{м/с}^2$	$\Delta g, \text{м/с}^2$



### Контрольные вопросы

1. Дайте определение математического и физического маятника.
2. Выведите формулу периода колебаний физического маятника.
3. Что такое приведенная длина? Как она связана с моментом инерции физического маятника?
4. Что такое сопряженные точки?
5. Сформулируйте теорему Штейнера.
6. Шар и диск с одинаковыми радиусами и массами совершают колебания относительно горизонтальной оси, проходящей по касательной к поверхности. Равны ли частоты их колебаний?
7. Тонкий однородный стержень массы  $m = 2$  кг и длины  $l = 1,5$  м подвешен на горизонтальной оси, проходящей перпендикулярно стержню через его конец. К нижнему концу прикрепили небольшой свинцовый шарик такой же массы  $m$ . Найдите частоту малых колебаний такого маятника. Трением в оси пренебречь. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ: 0,436 Гц



### Литература

Савельев И.В. Курс общей физики. т.1. М:Наука, 1986.- гл.IV, §33, гл.V, §39, гл.VI, §46, гл.VII, §54.