

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 162. ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОБОРОТНОГО МАЯТНИКА

### Введение

Ускорением свободного падения  $g$  называется ускорение относительно Земли, с которым свободное тело *начинает* падать. Это ускорение определяется суммой силы гравитационного притяжения Земли и центробежной силы инерции.

Для определения ускорения  $g$  можно воспользоваться физическим маятником. **Физическим маятником** называется абсолютно твёрдое тело, которое может качаться вокруг неподвижной горизонтальной оси. При отсутствии силы трения уравнение движения маятника выглядит следующим образом:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -mga \sin \varphi, \quad (1)$$

где  $m$  - масса тела,  $I$  - момент инерции относительно точки подвеса,  $a$  - расстояние от точки подвеса до центра тяжести,  $\varphi$  - угол отклонения маятника от положения равновесия. В случае малых колебаний в этом уравнении можно заменить  $\sin \varphi$  на  $\varphi$ . В результате получим уравнение гармонического колебания с периодом:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}} \quad (2)$$

Частным случаем физического маятника является **математический маятник**. Так называется гипотетический маятник, вся масса которого сосредоточена в одной точке. В этом случае формула (2) упрощается (так как  $I = ml^2$ ,  $a = l$ , где  $l$  - длина маятника) и для ускорения свободного падения получим:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (3)$$

Отсюда ясна идея *одного из способов определения ускорения* свободного падения. Необходимо измерить длину и период математического маятника.

Сравнивая формулы (2) и (3), приходим к выводу, что физический маятник колеблется так же, как математический с длиной  $l = \frac{I}{ma}$ . Эта величина

называется **приведенной длиной физического маятника**. Точка, удаленная от точки подвеса на расстояние  $l$  в направлении центра масс, называется **центром качания**. Если маятник подвесить за центр качания, то период его колебаний не изменится (теорема Гюйгенса).

Важно иметь в виду, что тот же самый период колебаний маятника может получиться при закреплении его, вообще говоря, в бесконечном множестве точек. Такие точки называются точками взаимности. Исходя из этого определения, центр качания и точка подвеса являются точками взаимности, но не единственно возможными. Поэтому расстояние между точками взаимности, которые легко установить по совпадению периодов колебаний, не всегда совпадает с приведенной длиной. ***В том случае, если эти точки лежат на одной прямой с центром масс на разных расстояниях от него, расстояние между точками взаимности равно приведенной длине физического маятника.***

---

*Приступая к работе необходимо*

**Знать определения**

вектора и составляющей вектора;  
координат вектора;  
проекции вектора на направление;  
вектора угла бесконечно малого поворота, угловой скорости, углового ускорения;  
системы координат и системы отсчета;  
инерциальной и неинерциальной систем отсчёта;  
массы тела, момента инерции тела;  
силы, момента силы;  
центра масс;  
сил инерции;  
ускорения свободного падения;  
силы тяжести.

**Знать**

формулировку и границы применения уравнения динамики вращательного движения;  
выражения для сил инерции;  
уравнение движения материальной точки относительно земной вращающейся системы отсчета;  
причины зависимости ускорения свободного падения от положения на поверхности Земли.

**Уметь**

графически решать уравнения;  
измерять расстояния с помощью линейки;  
измерять время ручным секундомером;  
оценивать случайные погрешности прямых и косвенных измерений.

---

## Цель работы

Измерение ускорения свободного падения.

---

## Решаемые задачи

- ✓ Знакомство с методом измерения ускорения свободного падения методом обратного маятника;
  - ✓ Измерение периода колебаний маятника;
  - ✓ Измерение ускорения свободного падения.
- 

## Экспериментальная установка

### Приборы и принадлежности:

- ✓ Обратный маятник;
- ✓ Рулетка;
- ✓ Секундомер.

**Оборотный маятник** - устройство для определения ускорения свободного падения. Он состоит из стальной рейки, на которой жестко закреплены опорные стальные призмы  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и массивное тело  $A$ , находящееся между ними (рис.1). Другое подобное тело  $B$  находится на одном из концов рейки (не между призмами). Оно может перемещаться по стержню и закрепляться в нужном положении. Перемещением этого тела достигают совпадения периодов колебаний маятника, когда точками подвеса являются ребра опорных призм  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . В этом случае ребра призм будут точками взаимности. Эти ребра закреплены *асимметрично* относительно центра масс  $C$ . Поэтому при совпадении периодов колебаний расстояние между ними дает приведенную длину физического маятника  $l$ . Измерив период его колебаний  $T$ , можно вычислить  $g$  по формуле (3).

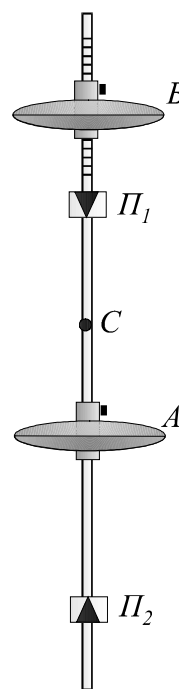


Рис. 1

---

## Порядок выполнения работы

1. Рулеткой измерьте расстояние  $l$  между призмами.
2. Подвесьте маятник на одну из призм. Отклоните маятник на небольшой угол.
3. Отсчитайте как можно больше полных колебаний и определите по секундомеру время  $t_1$ , за которое они совершаются, рассчитайте период колебания  $T_1$ .
4. Подвесьте маятник на другую призму и найдите период  $T_2$ . При перевороте маятника старайтесь держать его как можно ближе к грузам.
5. Найдите периоды колебаний  $T_1$  и  $T_2$  для 7–10 положений чечевицы  $B$ .

---

### Обработка и представление результатов

6. На одном поле координат постройте графики зависимости периодов колебаний  $T_1$  и  $T_2$  от положения чечевицы.
7. Найдите точку пересечения графиков, определите период колебания в точке взаимности  $T = T_1 = T_2$ .
8. Рассчитайте  $g$  по формуле (3).

**Казанский (Поволжский) федеральный университет**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО МЕХАНИКЕ**

**КАЗАНЬ 2014**

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ

(Учебно-методическое пособие  
для студентов естественнонаучных направлений обучения)

авторы пособия:

доцент кафедры общей физики *Скворцов А.И.*  
доцент кафедры общей физики *Налётов В.В.*  
доцент кафедры общей физики *Мухамедшин И.Р.*  
доцент кафедры общей физики *Недопекин О.В.*  
ассистент кафедры общей физики *Лысогогорский Ю.В.*  
ассистент кафедры общей физики *Ирисова И.А.*  
инженер кафедры общей физики *Староверов А.Е.*

Рецензент:

профессор кафедры общей физики КФУ *Фишман А.И.*,

В пособии описана методика постановки работ общего физического практикума по разделу механика курса общей физики. Пособие предназначено для студентов всех естественнонаучных направлений обучения.

© Институт физики Казанского университета.