



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

**Практикум**  
по дисциплине  
«Физика»

**«Определение ускорения  
свободного падения  
с помощью  
оборотного маятника»**

Лабораторная работа № 13

Авторы  
Чебанова Е.В.,  
Витченко М.А.

Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

«Практикум» содержит краткую теорию по теме «Определение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника», описание рабочей установки, методику эксперимента, контрольные вопросы для самоподготовки и тестовые задания.

«Практикум» предназначен для обучающихся высших технических учебных заведений, изучающих дисциплину «Физика», для выполнения лабораторной работы по программе курса «Физика».

## Авторы

к.ф.-м.н., доцент  
к.ф.-м.н., доцент

Чебанова Е.В.  
Витченко М.А.



## Оглавление

<b>Лабораторная работа № 13</b>	<b>Определение ускорения</b>
свободного падения с помощью обратного маятника .....	<b>4</b>
Краткая теория .....	4
Краткая теория эксперимента .....	7
Порядок выполнения работы .....	11
Контрольные вопросы и тесты .....	14
Указания по технике безопасности .....	19
<b>Рекомендуемая литература .....</b>	<b>19</b>

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

### Определение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника

**Цель работы:** изучение основных закономерностей малых колебаний обратного маятника и определение ускорения свободного падения.

**Приборы и принадлежности:** лабораторная установка для определения периода колебаний обратного маятника РНУВЕ Р2132200: металлический стержень, опорные цилиндрические втулки, штативные стержни с прямоугольными зажимами, треножник, фотоэлектрический датчик со счетчиком колебаний, рулетка.

#### Краткая теория

Для экспериментального определения ускорения свободного падения в данной точке земной поверхности применяют различные маятниковые методы, основанные на измерении периода колебаний математического и физического маятников. Более точно определить ускорение свободного падения можно с помощью обратного маятника, который является разновидностью физического маятника.

Физический маятник – твердое тело, совершающее колебания вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$ , не совпадающую с центром масс  $C$  тела. Точка  $O$  называется точкой подвеса маятника (рис. 1).

Физический маятник совершает свободные незатухающие гармонические колебания в вертикальной плоскости под действием тангенциальной составляющей силы тяжести  $\vec{F}_\tau$  ( $F_\tau = mg \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол отклонения физического маятника от вертикали (положения равновесия)).

Если физический маятник массой  $m$  отклонен от положения равновесия на некоторый угол  $\alpha$ , то модуль момента  $\vec{M}$  возвращающей силы  $\vec{F}_\tau$ :

$$M = F_\tau d = mgd \sin \alpha,$$

где  $d$  – плечо силы  $\vec{F}_\tau$ , то есть расстояние от центра масс (точка  $C$ ) до оси вращения маятника (рис. 1).

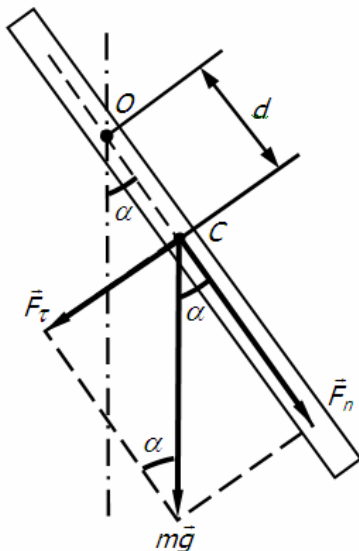


Рис. 1. Физический маятник

В случае малых колебаний физического маятника, то есть для малых углов отклонения маятника от положения равновесия (меньше  $15^\circ$ ), применима приближённая формула:  $\sin \alpha \approx \alpha$  и тогда

$$M \approx mgd \alpha .$$

Согласно основному закону динамики вращательного движения:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I} \quad \text{или} \quad \ddot{\alpha} = -\frac{mgd}{I} \alpha ,$$

где  $I$  — момент инерции маятника относительно его оси вращения.

Знак минус в последнем уравнении обусловлен тем, что векторы момента  $\vec{M}$  возвращающей силы и угла поворота  $\vec{\alpha}$  имеют противоположные направления.

Обозначив  $\frac{mgd}{I} = \omega_0^2$ , получим дифференциальное уравнение свободных незатухающих гармонических колебаний физического маятника:

$$\ddot{\alpha} + \omega_0^2 \alpha = 0 .$$

Решением этого дифференциального уравнения является функция  $\alpha(t)$ :

$$\alpha(t) = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где  $\alpha(t)$  – угол отклонения физического маятника от положения равновесия в момент времени  $t$ ;

$\alpha_0$  – амплитуда колебания, то есть наибольший угол отклонения физического маятника от положения равновесия;

$\omega_0$  – круговая (циклическая) частота;

$(\omega_0 t + \varphi_0)$  – фаза колебания в момент времени  $t$ ;

$\varphi_0$  – начальная фаза колебания.

Круговая частота: 
$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T},$$

где  $T$  – период колебаний, то есть время одного полного колебания.

Так как  $\omega_0^2 = \frac{mgd}{I}$ , то период малых гармонических колебаний физического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_{пр}}{g}},$$

где  $I_{пр} = \frac{I}{md}$  – приведенная длина физического маятника.

Если колеблющееся твердое тело можно представить как материальную точку массой  $m$ , подвешенную на невесомой нерастяжимой нити длиной  $l$ , то такой маятник называют математическим. В этом случае, вся масса маятника сосредоточена в одной точке на расстоянии  $l$  от его неподвижной горизонтальной оси вращения. Тогда момент инерции  $I$  математического маятника относительно оси, проходящей через точку подвеса, равен моменту инерции материальной точки относительно данной оси вращения:

$$I = ml^2.$$

Тогда период колебаний такого математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml^2}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Из сопоставления формул для периодов колебаний физического и математического маятников следует, что если приведенная

длина  $l_{пр}$  физического маятника равна длине  $l$  математического маятника, то периоды колебаний этих маятников одинаковы. Таким образом, приведенная длина физического маятника – это длина такого математического маятника, период колебаний которого совпадает с периодом колебаний данного физического маятника.

Точку  $O'$  на продолжении прямой  $OC$ , отстоящую от точки подвеса  $O$  маятника на расстояние приведенной длины  $l_{пр}$ , называют центром качания физического маятника. Точка подвеса  $O$  и центр качания  $O'$  находятся по разные стороны от центра масс  $C$  колеблющегося тела и являются сопряженными, т.е. обладают свойством взаимности: если точку подвеса перенести в центр качания, то прежняя точка  $O$  подвеса станет новым центром качания, и период колебаний физического маятника не изменится.

Частным случаем физического маятника является оборотный маятник. Оборотным называется такой физический маятник, у которого обе сопряженные точки (точка подвеса  $O$  и центр качания  $O'$ ) расположены в пределах колеблющегося тела.

### Краткая теория эксперимента

Для экспериментального определения ускорения свободного падения в данной лабораторной работе используется метод оборотного маятника.

Оборотный маятник, схематично изображенный на рис. 2, состоит из длинного цилиндрического стержня, на котором закрепляются две подвижные опорные втулки  $O_1$  и  $O_2$ . Колебания маятника осуществляются поочередно вокруг осей, проходящих через вырезы этих втулок. Тогда периоды  $T_1$  и  $T_2$  колебаний маятника относительно осей, проходящих соответственно через вырезы опорных втулок  $O_1$  и  $O_2$  на расстояниях  $a$  и  $b$  от центра масс  $C$  маятника:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{mga}}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{mgb}},$$

где  $I_1$  и  $I_2$  – моменты инерции маятника относительно осей, проходящих через вырезы опорных втулок  $O_1$  и  $O_2$  соответственно.

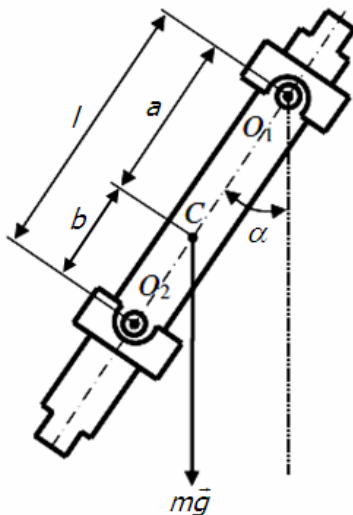


Рис. 2. Оборотный маятник

Тогда 
$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{I_1}{mga} , \quad T_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_2}{mgb}$$

или 
$$aT_1^2 = 4\pi^2 \frac{I_1}{mg} , \quad bT_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_2}{mg} .$$

Вычитая из первого выражения второе, получим:

$$aT_1^2 - bT_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_1 - I_2}{mg} .$$

Откуда 
$$g = 4\pi^2 \frac{I_1 - I_2}{m(aT_1^2 - bT_2^2)} .$$

Моменты инерции  $I_1$  и  $I_2$  определим по теореме Штейнера:

$$I_1 = I_c + ma^2 , \quad I_2 = I_c + mb^2 .$$

Тогда выражение для ускорения свободного падения можно записать в виде:

$$g = 4\pi^2 \frac{a^2 - b^2}{aT_1^2 - bT_2^2}$$

или

$$g = 4\pi^2 \frac{(a+b)(a-b)}{aT_1^2 - bT_2^2} .$$



Перемещением опорных втулок по стрелю добиваются того, чтобы при подвешивании маятника за любую из них период колебаний был одинаков:

$$T_1 = T_2 = T_0.$$

Тогда расстояние между точками приложения опорных втулок в случае равенства периодов колебаний относительно каждой из осей и есть приведенная длина оборотного маятника:

$$a + b = l_{пр}.$$

Следовательно,

$$g = 4\pi^2 \frac{l_{пр}}{T_0^2}.$$

Таким образом, для определения ускорения свободного падения  $g$  необходимо измерить приведенную длину  $l_{пр}$  оборотного маятника, а также соответствующий ей период  $T_0$  колебаний.

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 3.

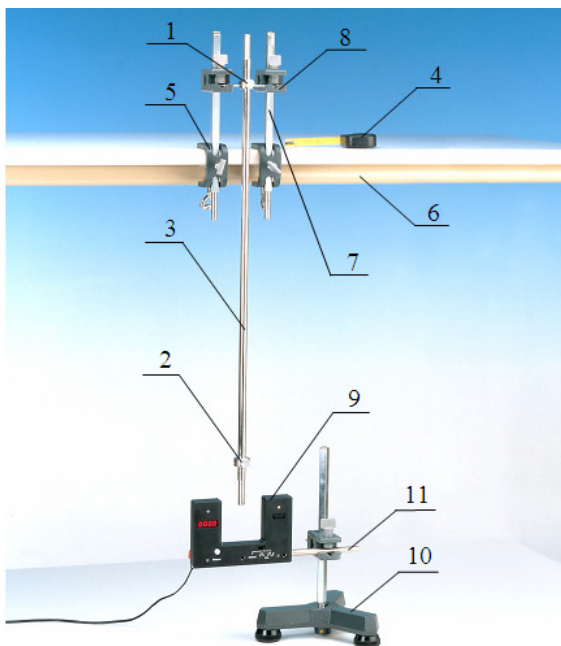



Рис. 3. Экспериментальная установка для определения периода колебаний оборотного маятника

Оборотный маятник имеет две одинаковые цилиндрические металлические втулки 1 и 2, установленные на цилиндрическом стержне 3 из нержавеющей стали длиной 750 мм. Расположение опорной втулки 1 не меняется на протяжении всего эксперимента, а положение втулки 2 можно изменять с помощью винта. Расстояние между точками приложения опорных втулок измеряется рулеткой 4. С помощью зажимов 5 к горизонтальной стойке 6 крепятся два штативных стержня 7 прямоугольного сечения. На стержнях прямоугольными зажимами 8 закрепляются два болта с резцами, удерживающие ось качания маятника. Болты с резцами устанавливаются на одинаковой высоте так, чтобы масса маятника распределялась равномерно по обеим точкам приложения нагрузки, и маятник находился в строго вертикальном положении. Фотодатчик со счетчиком колебаний 9 закрепляется на стержне треножника 10 с помощью кронштейна 11 таким образом, чтобы нижний конец стержня перекрывал линию светового луча в фотодатчике. На дисплее счетчика колебаний высвечивается время в секундах, а также полное число колебаний маятника.

Переключатель счетчика колебаний имеет четыре положения, отвечающих различным режимам работы:

- 1) в крайнем левом положении (видна одна светящаяся точка на дисплее) счетчик колебаний фиксирует число перекрытий маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения удвоенного числа колебаний маятника;
- 2) во втором слева положении с обозначением  (две светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит перекрытие маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени четверти периода колебаний маятника;
- 3) во втором справа положении с обозначением  (три светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит два перекрытия маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени полупериода колебаний маятника;
- 4) в крайнем правом положении с обозначением  (четыре светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит три перекрытия маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени периода колебаний маятника.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовьте таблицы для результатов измерений и вычислений (табл. 1, 2):

Таблица 1

Ось колебаний – втулка $O_1$ (прямое положение маятника)									
$l$ , см	50	48	46	44	42	40	38	36	34
$T_{O_1}^{(1)}$ , с									
$T_{O_1}^{(2)}$ , с									
$T_{O_1}^{(3)}$ , с									
$\langle T_{O_1} \rangle$ , с									

Таблица 2

Ось колебаний – втулка $O_2$ (обратное положение маятника)									
$l$ , см	34	36	38	40	42	44	46	48	50
$T_{O_2}^{(1)}$ , с									
$T_{O_2}^{(2)}$ , с									
$T_{O_2}^{(3)}$ , с									
$\langle T_{O_2} \rangle$ , с									

2. Закрепите опорную втулку 1 ( $O_1$ ) на стержне 3 на расстоянии 12 см от его конца (положение втулки 1 в ходе эксперимента не меняется). Опорную втулку 2 ( $O_2$ ) закрепите на стержне на расстоянии 50 см от втулки 1. Поместите на оси подвеса втулку 1 (прямое положение маятника).
3. Для измерения периода колебаний переключатель режимов работы счетчика установите в крайнее правое положение (на дисплее высвечиваются четыре светящиеся точки).
4. Отклоните маятник на небольшой угол  $5 - 8^\circ$  и отпустите (при таких значениях угла отклонения колебания будут гармоническими). Нажмите кнопку «SET» на счетчике колебаний. Определите период  $T_{O_1}$  колебаний маятника, когда осью

колебаний служит опорная втулка 1 ( $O_1$ ). Измерения повторите 3 раза. (При каждом последующем измерении периода колебаний следует повторно нажать кнопку «SET»). Результаты измерений занесите в табл. 1.

5. Для определения зависимости периода  $T_{O_1}$  колебаний маятника от расстояния / между точками приложения опорных втулок перемещайте последовательно втулку 2 на 2 см вверх по стержню 3, повторяя действия пункта 4. Уменьшайте расстояние между точками приложения опорных втулок в интервале от 50 до 34 см с шагом 2 см. Измерения расстояния / производятся с помощью рулетки 4 при снятом с оси подвеса маятнике между осями винтов, затягивающих втулки на стержне маятника. Результаты измерений занесите в табл. 1.

6. Переверните маятник так, чтобы на оси подвеса находилась опорная втулка 2 (обратное положение маятника).

7. Отклоните маятник на небольшой угол  $5 - 8^\circ$  и отпустите. Нажмите кнопку «SET» на счетчике колебаний. Определите период  $T_{O_2}$  колебаний маятника, когда осью колебаний служит

опорная втулка 2 ( $O_2$ ). Измерения повторите 3 раза. (При каждом последующем измерении периода колебаний следует повторно нажать кнопку «SET»). Результаты измерений занесите в табл. 2.

8. Для определения зависимости периода  $T_{O_2}$  колебаний маятника от расстояния / между точками приложения опорных втулок перемещайте последовательно втулку 2 на 2 см вверх по стержню 3, повторяя действия пункта 7 (втулка 1 находится в фиксированном положении). Увеличивайте расстояние между точками приложения опорных втулок в интервале от 34 до 50 см с шагом 2 см. Результаты измерений занесите в табл. 2.

9. Для каждой позиции опорной втулки 2 (как в прямом, так и в обратном положении оборотного маятника) рассчитайте среднее значение периода колебаний маятника как среднее арифметическое значение трех последовательных измерений:

$$\langle T_{O_1} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{O_1}^{(i)}, \quad \langle T_{O_2} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{O_2}^{(i)} \quad (n = 3).$$

Результаты занесите в табл. 1 и 2.

10. Постройте графики зависимости  $\langle T_{O_1} \rangle = f(l)$  и  $\langle T_{O_2} \rangle = f(l)$  на одной координатной плоскости (на одном листе миллиметровой бумаги). Общий вид графиков зависимости

приведен на рис. 4. Координаты точки пересечения графиков дадут значение приведенной длины  $l_{пр}$  и среднее значение периода  $\langle T_0 \rangle$  колебаний маятника, соответствующее этому расстоянию между опорными втулками 1 и 2 (рис. 4).

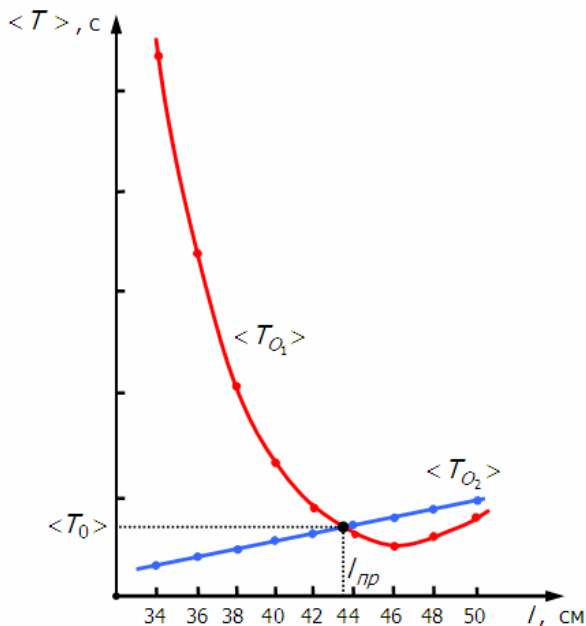


Рис. 4. Определение приведенной длины и соответствующего ей среднего значения периода колебаний обратного маятника графическим способом

11. Вычислите среднее экспериментальное значение ускорения свободного падения по формуле:

$$\langle g_{\text{эксп}} \rangle = 4\pi^2 \frac{l_{пр}}{\langle T_0 \rangle^2}.$$

12. Рассчитайте абсолютные погрешности измерения приведенной длины  $l_{пр}$  и соответствующего ей среднего значения периода  $\langle T_0 \rangle$  колебаний обратного маятника. Абсолютную погрешность  $\Delta l_{пр}$  примите равной половине цены наименьшего деления измерительного инструмента (рулетки). Абсолютную погрешность  $\Delta T_0$  оцените, учитывая погрешность

измерительного прибора – счетчика колебаний ( $\Delta T_0 = 0,001 \text{ с}$ ).

13. Определите относительные погрешности  $\delta I_{пр}$  и  $\delta T_0$  по формулам:

$$\delta I_{пр} = \frac{\Delta I_{пр}}{I_{пр}}, \quad \delta T_0 = \frac{\Delta T_0}{\langle T_0 \rangle}.$$

14. Оцените относительную погрешность измерения ускорения свободного падения по формуле:

$$\delta g = \delta I_{пр} + 2 \delta T_0.$$

15. Определите абсолютную погрешность измерения ускорения свободного падения  $\Delta g$  по формуле:

$$\Delta g = \delta g \cdot \langle g \rangle.$$

16. Окончательный результат измерения ускорения свободного падения запишите в виде:

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g), \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

с относительной погрешностью  $\delta g = \dots \%$ .

17. Сравните полученный результат с табличным значением ускорения свободного падения для данной местности ( $g = 9,808 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ).

### Контрольные вопросы и тесты

1. Какие колебания называют гармоническими?
2. Дайте определение физического маятника.
3. Выведите дифференциальное уравнение движения физического маятника. Приведите решение этого уравнения.
4. Дайте определения амплитуды, периода, частоты и фазы колебаний.
5. Запишите формулы для вычисления циклической частоты  $\omega_0$  и периода  $T$  колебаний физического маятника. От каких величин зависят циклическая частота и период малых колебаний физического маятника?
6. Что называется приведенной длиной физического маятника и как она связана с моментом инерции физического маятника?
7. Сформулируйте теорему Штейнера.
8. Дайте определение сопряжённых точек и центра качания физического маятника.

9. Сформулируйте определение обратного маятника.
10. Выведите расчетную формулу для определения ускорения свободного падения методом обратного маятника.
11. Выберите правильный вариант ответа в следующих тестовых заданиях:

### ЗАДАНИЕ № 1

Маятник настенных механических часов представляет собой легкий стержень с грузиком. Для регулировки точности хода часов грузик можно перемещать по стержню. Как изменится период колебаний маятника, если грузик переместить с конца стержня на середину?

#### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1) увеличится в $\sqrt{2}$ раз; | 4) уменьшится в 2 раза; |
| 2) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз; | 5) увеличится в 4 раза; |
| 3) увеличится в 2 раза;         | 6) не изменится.        |

### ЗАДАНИЕ № 2

Физический маятник совершает свободные незатухающие гармонические колебания по закону  $\alpha(t) = 0,02 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right)$ .

Принять  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Период колебаний маятника ( в с ) равен ...

#### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)  $\frac{2\pi}{3}$  ;    2) 2 ;    3) 4 ;    4)  $\frac{3}{2}$  ;    5)  $\frac{2}{3}$  ;    6)  $6\pi$  .

### ЗАДАНИЕ № 3

На рис. 5 приведены два маятника, отличающиеся положением грузов на невесомом стержне. Укажите верные утверждения для этих маятников.

A. Момент инерции маятника I больше момента инерции маятника II.

B. Оба маятника имеют одинаковую частоту колебаний.

C. Период колебаний маятника I больше периода колебаний маятника II.

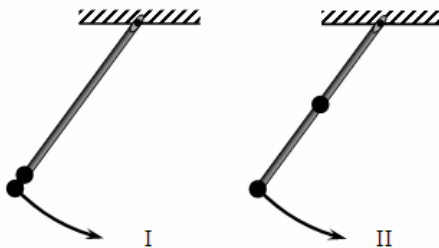


Рис. 5

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |                 |                 |             |
|-----------------|-----------------|-------------|
| 1) только $C$ ; | 2) $A, C$ ;     | 3) $A, B$ ; |
| 4) только $A$ ; | 5) только $B$ ; | 6) $B, C$ . |

**ЗАДАНИЕ № 4**

Однородный стержень длиной  $l$  совершает колебательное движение около положения равновесия. Каковы направление и величина момента силы тяжести для указанного на рис. 6 направления движения?

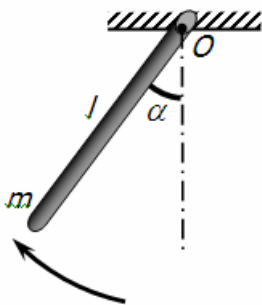


Рис. 6

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| 1) к нам  | $mg \frac{l}{2} \sin \alpha$ ; |
| 2) от нас | $mg \frac{l}{2} \sin \alpha$ ; |
| 3) к нам  | $mg l \sin \alpha$ ;           |
| 4) от нас | $mg l \sin \alpha$ ;           |
| 5) к нам  | $mg \frac{l}{2}$ ;             |
| 6) от нас | $mg \frac{l}{2}$ .             |

**ЗАДАНИЕ № 5**

Стержень из горизонтального положения под действием силы тяжести переходит в вертикальное, как показано на рис. 7. В какой точке траектории угловое ускорение стержня будет равно нулю?



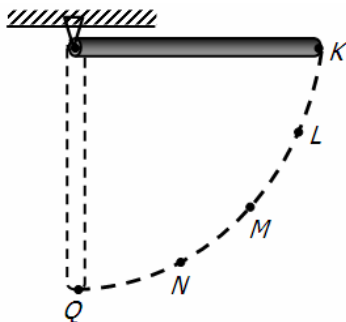


Рис. 7

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) Q;
- 2) N;
- 3) M;
- 4) L;
- 5) K.

**ЗАДАНИЕ № 6**

Тонкий обруч, подвешенный на гвоздь, вбитый горизонтально в стену, колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча равен 0,2 м. Принять  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Циклическая частота колебаний обруча ( в  $\text{с}^{-1}$  ) равна ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) 1 ;
- 2) 2 ;
- 3) 3 ;
- 4) 4 ;
- 5) 5 ;
- 6) 6 .

**ЗАДАНИЕ № 7**

Диск радиуса  $R$  колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину его радиуса. Период колебаний диска равен ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1)  $2\pi\sqrt{\frac{3R}{4g}}$  ;
- 2)  $2\pi\sqrt{\frac{R}{2g}}$  ;
- 3)  $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$  ;
- 4)  $2\pi\sqrt{\frac{3R}{2g}}$  ;
- 5)  $2\pi\sqrt{\frac{5R}{g}}$  ;
- 6)  $2\pi\sqrt{\frac{7R}{5g}}$  .

**ЗАДАНИЕ № 8**

Два диска одинакового радиуса и массами 2 и 8 кг соответственно совершают колебания относительно оси, касательной к их поверхности. Периоды колебаний дисков относятся как ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) 1:2 ;
- 2) 2:1 ;
- 3) 1:1 ;
- 4) 1:4 ;
- 5) 4:1 ;
- 6) 1:3 .

### ЗАДАНИЕ № 9

Диск радиуса  $R = 20$  см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса перпендикулярно плоскости диска. Приведенная длина такого маятника (в см) равна ...

#### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 15 ;    2) 20 ;    3) 28 ;    4) 30 ;    5) 50 ;    6) 64 .

### ЗАДАНИЕ № 10

Однородный тонкий стержень длиной  $l$  совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через конец стержня. Приведенная длина такого маятника равна ...

#### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)  $\frac{l}{3}$  ;    2)  $\frac{l}{2}$  ;    3)  $\frac{2}{3}l$  ;    4)  $\frac{3}{2}l$  ;    5)  $\frac{l}{12}$  ;    6)  $\frac{3}{4}l$  .

### ЗАДАНИЕ № 11

Однородный диск радиуса  $R$  колеблется около горизонтальной оси, проходящей через его образующую перпендикулярно плоскости диска (рис. 8). Отношение периода малых колебаний диска к периоду малых колебаний математического маятника с таким же, как у диска, расстоянием от точки подвеса до центра масс равно ...

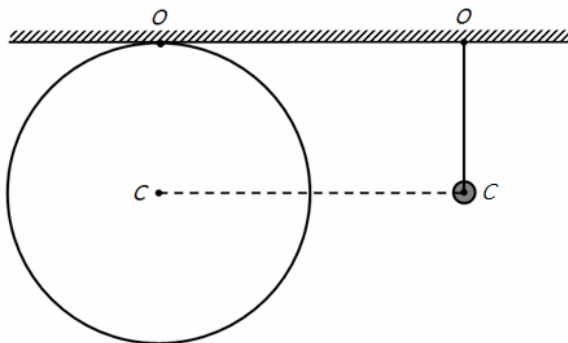


Рис. 8

#### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ;    2)  $\sqrt{\frac{3}{2}}$  ;    3) 2 ;    4)  $\frac{\sqrt{2}}{3}$  ;    5)  $\frac{3}{2}$  ;    6)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  .

## ЗАДАНИЕ № 12

Однородный тонкий стержень длиной  $l = 1,2$  м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Стержень отклонили на угол  $\alpha_0 = 0,01$  рад и в момент времени  $t_0 = 0$  отпустили. Уравнение малых колебаний стержня имеет вид...

### ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1) $\alpha(t) = 0,01 \cos 25t$ ;  | 4) $\alpha(t) = 0,01 \cos 0,04t$ ;  |
| 2) $\alpha(t) = 0,01 \cos 5t$ ;   | 5) $\alpha(t) = 0,01 \cos 5\pi t$ ; |
| 3) $\alpha(t) = 0,01 \cos 0,2t$ ; | 6) $\alpha(t) = 0,01 \cos 0,6t$ .   |

### Указания по технике безопасности

1. Внимание! Лица, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к проведению лабораторной работы не допускаются.
2. При работе с механическими установками будьте внимательны и находитесь от движущихся частей на безопасном расстоянии.
3. Не останавливайте руками вращающиеся и движущиеся части установок.
4. При работе с маятниками не находитесь на пути их движения. При обнаружении неисправного оборудования немедленно сообщайте об этом лаборанту или преподавателю. На неисправном оборудовании работать запрещается.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 1. Механика / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2015. – 560 с.
3. Краткий курс лекций. Ч. I. Механика: учеб.-метод. пособие / Н.Н. Харабаев, Е.В. Чебанова, М.А. Витченко, А.Н. Павлов. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 27 с.