

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ»**

**Задания к практической части предпрофессионального экзамена в инженерных
классах**

**Направления практической части экзамена: исследовательское
Направление подготовки: физика**

**Определение ускорения свободного падения при помощи
математического и оборотного маятников**

Цель работы: определить ускорение свободного падения с помощью математического и оборотного маятников.

Краткое теоретическое содержание:

С помощью косвенных методов измерения можно точнее всего измерить ускорение свободного падения. Если искомая физическая величина не может быть измерена непосредственно прибором, а посредством формулы выражается через измеряемые величины, то такие измерения называются косвенными.

Эти измерения ускорения свободного падения основаны на использовании формул для периода колебаний математического и физического маятников.

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой, нерастяжимой нити и совершающая колебание в вертикальной плоскости под действием силы тяжести. Небольшой тяжелый шарик, подвешенный на длинной тонкой нити, может служить моделью математического маятника.

Период колебаний математического маятника

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad (1)$$

где l - длина маятника, измеряемая в метрах (м),

g - ускорение свободного падения, измеряемое в м/с².

Ускорение g можно вычислить, проведя измерения T и l . Погрешность определения g в этом случае связана с тем, что реальный маятник, используемый в лабораторных условиях, может только с некоторым приближением рассматриваться как математический (чем больше l , тем точнее измерения).

Физическим маятником называется абсолютно твердое тело, совершающее колебания под действием силы тяжести вокруг горизонтальной оси, не проходящей через его центр тяжести.

Период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}} \quad (2)$$

где J - момент инерции маятника относительно оси качаний (точки подвеса);

m - его масса; измеряемая в кг,

l - расстояние от центра тяжести до оси качаний.

Величину $L = J/(ml)$ называют приведенной длиной физического маятника.

Она равна длине такого математического маятника, период колебаний которого совпадает с периодом данного физического маятника:

$$T_{\text{физ}} = T_{\text{мат}}$$

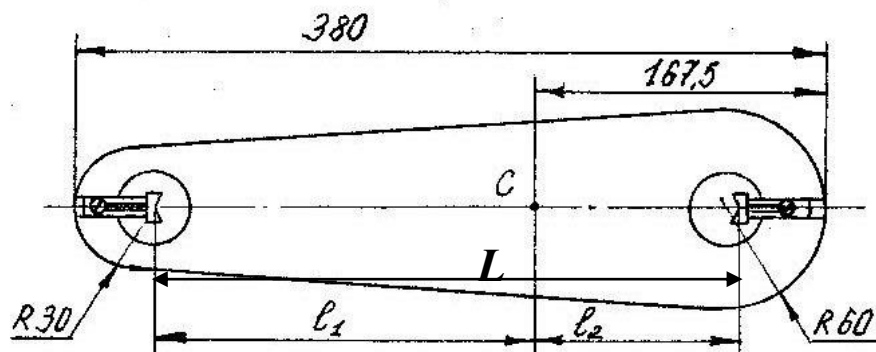
$$2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Зная T , m , l и J можно по формуле (2) найти ускорение свободного падения g .

Массу маятника и период его колебаний можно измерить с очень высокой точностью, но точно измерить момент инерции не удастся.

Использование оборотного маятника позволяет исключить момент инерции из расчетной формулы для g .

Метод **оборотного маятника** основан на том, что во всяком физическом маятнике можно найти такие две точки, что при подвешивании маятника за одну или другую, период колебаний его остается одним и тем же. Расстояние между этими точками представляет собой приведенную длину простого маятника $L =$

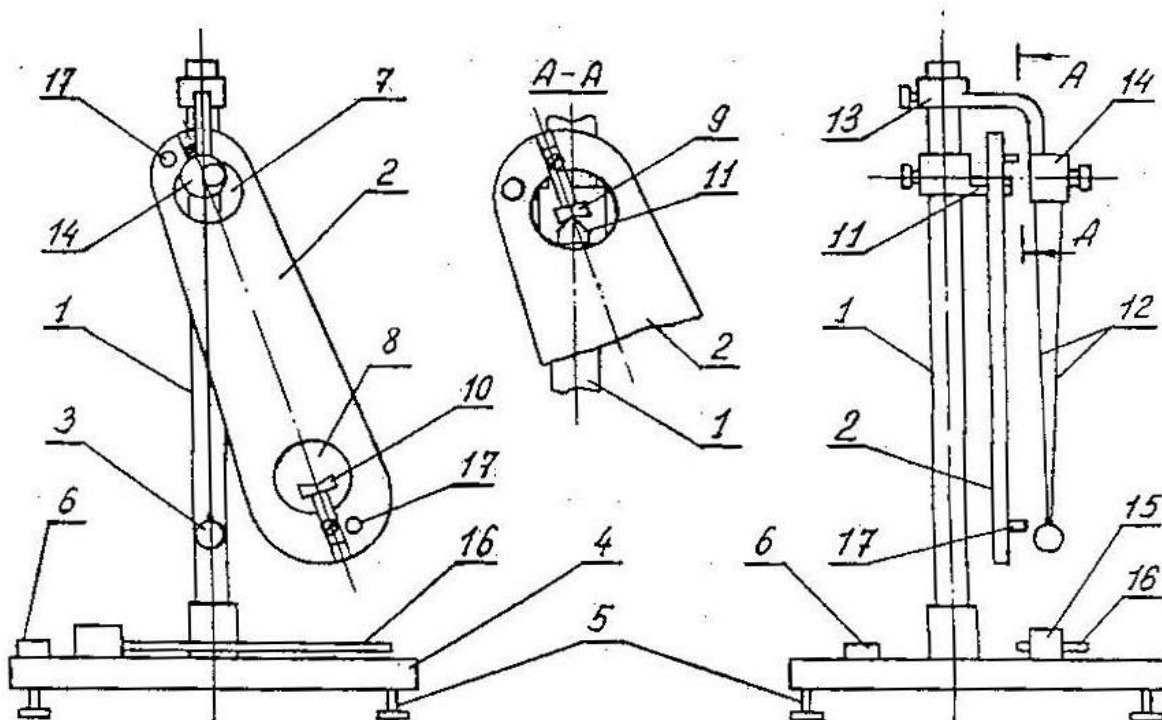


маятника $L =$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \text{ где } L - \text{ приведенная длина оборотного маятника}$$

Описание устройства и работы установки

Конструкция показана на рис. Модель состоит из установленных на вертикальной стойке 1 физического 2 и математического 3 маятников, оси подвеса которых (оси колебаний) совмещены. Стойка, в свою очередь, закреплена в основании 4 модели, которая для регулирования вертикальности положения стойки снабжена регулируемыми опорами 5 и уровнем 6.



Физический маятник представляет собой симметричную пластину с закругленными по окружности торцами и двумя отверстиями 7 и 8, в которых установлены с возможностью перемещения вдоль оси симметрии пластины опорные призмы 9 и 10. Маятник может быть установлен на клиновой опоре 11 либо призмой 9, либо призмой 10 и, соответственно будет иметь разные моменты инерции относительно оси подвеса, совпадающей с верхним ребром клиновой опоры.

Математический маятник выполнен в виде металлического шара 3, подвешенного на сдвоенной нити 12 с целью обеспечения колебаний математического маятника только в плоскости, параллельной плоскости движения физического маятника. Для изменения длины l нити устройство 13 крепления математического маятника на стойке снабжено узлом 14 со смещенной в поперечном направлении осью наматывания нити. Такое

смещение указанной оси обеспечивает при изменении l совмещение осей подвеса обоих маятников.

Кроме того, для обеспечения одновременного начала колебаний маятников на основании модели установлено пусковое устройство 15, включающее подпружиненную пластину 16 с фиксатором ее поднятого положения. В этом состоянии пластины математический и физический маятники в отклоненном от вертикали положении опираются на пластину. Для этого физический маятник снабжен опорными штифтами 17. После освобождения фиксатора пластина резко опускается на основание 4 и оба маятника одновременно приходят в колебательное движение относительно положения равновесия.

Расчетные формулы:

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ – период колебаний математического маятника

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1+l_2}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ – период колебаний обратного маятника

$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$ – измерение ускорения свободного падения с помощью обратного маятника.

$T = \frac{t}{n}$ – где t -время колебаний маятника, n -количество колебаний за время t .

$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum (g_i - \bar{g})^2}{n(n-1)}}$.- средняя квадратичная погрешность для g измеренного при

помощи математического маятника, где g_i -результат одного вычисления, \bar{g} - средний результат, м/с².

$\sigma_g = \bar{g} \sqrt{\frac{\sigma_L^2}{L^2} + 4 \frac{\sigma_T^2}{T^2}}$, - средняя квадратичная погрешность для g измеренного при

помощи обратного маятника, где L – приведенная длина обратного маятника, σ_L – погрешность измерения длины, оцениваемая по цене деления измерительной линейки.

Расчеты для математического маятника:

Номер опыта	t, c	T_i, c	g_i	L, m
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Расчеты для оборотного маятника:

Номер опыта	t, c	T_i, c	g_i	L, m
1				
2				
3				

№	Критерии оценки	Баллы
1	Проведен эксперимент:	10
1.1	Определен период колебания математического маятника	5
1.2	Определен период колебания оборотного маятника	5
	Всего	20
2	Проведены расчёты, вытекающие из экспериментальных данных:	
2.1	Рассчитано ускорение свободного падения, исходя из периода колебаний математического маятника	5
2.2	Рассчитано ускорение свободного падения, исходя из периода колебаний оборотного маятника	5
2.3	Рассчитана среднеквадратичная погрешность измерения g с помощью математического маятника	5

2.4	Рассчитана среднеквадратичная погрешность измерения g с помощью обратного маятника	5
	Всего	20
3	Вычислена погрешность косвенных вычислений	5
5	Получен окончательный результат и записан в стандартном виде: $g = g_{\text{ср}} \pm \sigma_g$	10
6	Правильно определена размерность ускорения свободного падения	5
	Итого	60