

Условие

Задание 11-2. Установление вида зависимости

Описание установки.

В данной задаче исследуются малые колебания крутильного маятника. Схема маятника показана на рис. 1

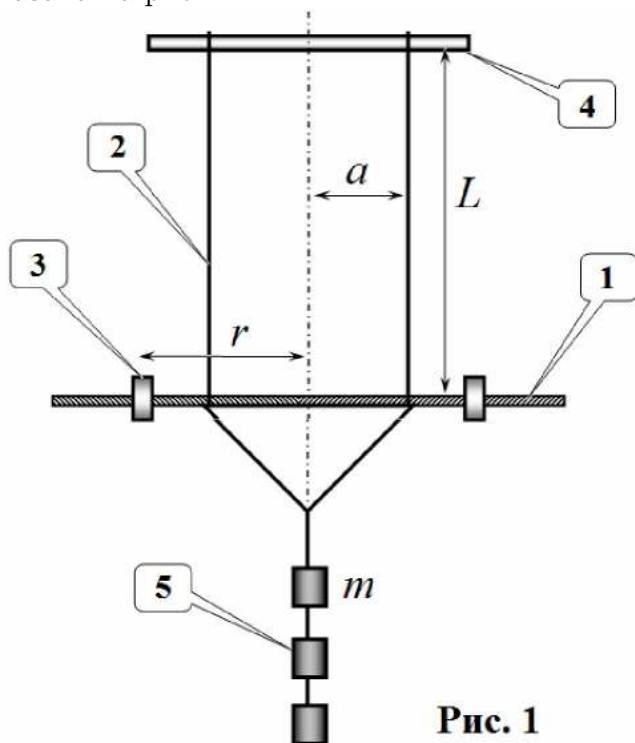


Рис. 1

Металлический стержень с резьбой 1 подвешен симметрично на двух вертикальных нитях 2. Нити располагаются вертикально на расстоянии a от оси маятника. Длину нитей обозначим L . По стержню можно передвигать две гайки 3, расположенные симметрично на расстоянии r от оси маятника. Верхние концы нити привязаны к стержню 4 (в качестве которого используется карандаш), который закрепляется горизонтально в лапке штатива (на рис. 1 не показан). К стержню снизу могут прикрепляться дополнительные грузы 5, общая масса которых равна m .

В работе необходимо измерять период крутильных колебаний стержня – его вращение вокруг оси маятника в горизонтальной плоскости, сама ось симметрии должна оставаться неподвижной.

Будьте аккуратны при сборке установки: - все установка должна быть симметрична; - нижние дополнительные грузы обязательно подвешивайте к треугольному подвесу с помощью кусочка вертикальной нити, так, чтобы в процессе колебаний стержня грузы не вращались; - При подвязывании нитей используйте петли, чтобы можно было легко их передвигать.

Период крутильных колебаний стержня является сложной и неизвестной функцией параметров установки $T = F(m, L, a, r)$, которую Вам необходимо исследовать экспериментально. Выводить теоретически эту функцию не требуется.

При экспериментальном исследовании зависимостей следует изменять только один параметр, остальные оставляя неизменными. В этом случае удастся получить вид зависимости исследуемой величины (в данном случае – периода колебаний) от изменяемого параметра. Вид этой однопараметрической зависимости можно предсказать теоретически, не решая полностью задачу «в общем виде».

Именно такой подход к экспериментальным исследованиям Вы должны реализовать при выполнении данного задания.

Теоретическое введение.

При расчете периодов часто используется подход, основанный на использовании закона сохранения механической энергии:

$$E_k(\omega) + U(\varphi) = E_0. \quad (1)$$

XI класс. Экспериментальный тур. Вариант 2 4

В этом уравнении $U(\varphi)$ - потенциальная энергия системы, как функция угла поворота стержня в горизонтальной плоскости. При малых колебаниях эта функция приближенно может быть представлена в виде

$$U(\varphi) \approx K\varphi^2, \quad (2)$$

где K - постоянный коэффициент, зависящий от параметров системы. $E_k(\omega)$ - кинетическая энергия системы, зависящая от угловой скорости вращения стержня ω . При малых колебаниях эта функция имеет вид

$$E_k(\omega) \approx M\omega^2, \quad (3)$$

где M - постоянный коэффициент, также зависящий от параметров системы. При выполнении условий (2)-(3) период колебаний определяется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}. \quad (4)$$

Часть 1. Основной набор параметров.

Соберите установку при следующих параметрах: длина нитей подвеса $L_0 = 30$ см; расстояние от нитей подвеса до оси маятника $a_0 = 2,0$ см; гайки находятся в центре стержня $r_0 \approx 0$; дополнительные грузы отсутствуют $m_0 = 0$;

Эти значения параметров далее будем называть «основными». Все дальнейшие измерения проводите при этих значениях, за исключением того параметра, который вы варьируете в эксперименте.

1.1 Измерьте период крутильных колебаний стержня T_0 при основном наборе параметров. Оцените погрешность измеренного значения периода колебаний.

В дальнейших измерениях оценка погрешностей не требуется. В дальнейших частях задания при обработке результатов используйте отношение периода колебаний T , к найденному значению периода при основных параметрах T_0 . Обозначим это отношение $z = \frac{T}{T_0}$

Часть 2. Зависимость периода колебаний от числа подвешенных грузов $T(n)$

2.1 Какой из коэффициентов K или M будет изменяться при изменении массы дополнительных грузов? Определите вид этой зависимости. 2.2 Укажите вид зависимости параметра z от числа подвешенных грузов n . 2.3 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной. Укажите (если это возможно) физический смысл параметров этой линейной зависимости.

XI класс. Экспериментальный тур. Вариант 2 5

2.4 Проведите измерения зависимости периода колебаний стержня от числа подвешенных грузов. 2.5 Представьте полученную зависимость в виде линеаризованного графика. 2.6 Рассчитайте численные значения коэффициентов линеаризованной зависимости. Определите возможные значения параметров установки, которые можно найти из данного эксперимента.

Снимите дополнительные грузы – далее они вам не понадобятся.

Часть 3. Зависимость периода колебаний маятника от положения гаек $T(r)$

3.1 Какой из коэффициентов K или M будет изменяться при изменении положения гаек r ?

Определите вид этой зависимости. 3.2 Укажите вид зависимости параметра z от положения гаек r .

3.3 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной. 3.4

Постройте график линеаризованной зависимости. Подтверждает ли он ваши теоретические предсказания?

Часть 4. Зависимость периода колебаний от отношения $\eta = \frac{L}{a}$.

Зависимость периода колебаний от отношения $\eta = \frac{L}{a}$ имеет вид

$$z(\eta) = \frac{T}{T_0} = \eta^\gamma \sqrt{\frac{L_0}{L}} \quad (5)$$

Выводить эту формулу не нужно.

4.1 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной. Из возможных вариантов выберите тот, который позволяет определить параметр γ .

4.2 Проведите измерения зависимости периода колебаний стержня от отношения $\eta = \frac{L}{a}$ 4.3

Представьте полученную зависимость в виде линеаризованного графика, позволяющего определить показатель степени γ . 4.4 Рассчитайте численное значение показателя степени γ .

XI класс. Экспериментальный тур. Вариант 2 6