

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 174. ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ СВЯЗАННЫХ МАЯТНИКОВ

Введение

При произвольном возбуждении в системе двух связанных идентичных маятников возникает довольно сложное движение, характерной чертой которого является периодическая перекачка энергии от одного маятника к другому.

Тем не менее, можно показать, что такое движение является наложением двух строго периодических колебаний, которые можно возбудить независимо друг от друга. Такие колебания называют нормальными колебаниями (модами), а соответствующие им частоты – нормальными частотами системы.

В системе двух идентичных маятников нормальные колебания возбуждаются при отклонении на одинаковые углы в одну сторону (симметричное колебание) и при отклонении на одинаковые углы в противоположные стороны (антисимметричное колебание).

В симметричном колебании с угловой частотой ω_+ меняется сумма двух углов отклонения маятников, а в антисимметричном с угловой частотой ω_- – разница этих углов. (При этом отклонения в разные стороны от вертикали характеризуются углами с разными знаками).

Легко сообразить, что частота ω_- больше, чем частота ω_+ , причём разница между этими частотами тем существенней, чем больше масса дополнительного груза и расстояние h от точек подвеса до точек закрепления нитей (докажите).

Достаточно полное изложение теории колебаний в системе связанных маятников и её обобщение на системы с большим числом степеней свободы можно найти в литературе [1,2].

Приступая к работе необходимо

Знать определения

гармонического осциллятора и осциллятора с затуханием;
амплитуды, частоты, фазы, начальной фазы, периода колебаний;
декремента затухания, логарифмического декремента затухания;
нормальных колебаний и нормальных частот.

Знать

вид динамического уравнения осциллятора;
вид системы уравнений, описывающих движение системы двух идентичных осцилляторов.

Уметь

сводить систему уравнений, описывающих движение системы двух идентичных осцилляторов, к независимым уравнениям, описывающим нормальные колебания;

запускать программы в среде Windows и пользоваться стандартными элементами их интерфейса (меню, контекстные меню, окна и т.д.);

оценивать случайные погрешности прямых и косвенных измерений.

Цель работы

Знакомство с особенностями движения связанных осцилляторов

Решаемые задачи

- ✓ Наблюдение симметричных, антисимметричных и произвольно возбуждаемых колебаний в системе двух идентичных связанных маятников;
- ✓ Измерение частот нормальных колебаний.

Экспериментальная установка

- ✓ два идентичных физических маятника (рис.2), представляющих собой массивные стержни 1, длиной 85 см, на которых закреплены грузы 2;
- ✓ нить 3 с дополнительным грузом 4;
- ✓ Видеорегистратор (5) с блоком питания

Длина стержня – 85 см, масса стержня – 325 г., масса груза – 480 г., масса дополнительного груза – 20 г.

В данной установке укрепленные на видеорегистраторе светодиоды мигают с частотой до 80 раз в секунду. Их свет, отражаясь от фольги, прикрепленной к концам стержней 1, возвращается к видеорегистратору и через объектив попадает на линейку из светочувствительных элементов – ПЗС-матрицу. Состояния светочувствительных элементов считываются компьютером в режиме реального времени с частотой миганий светодиодов. Таким образом, видеорегистратор позволяет определять местоположение кусочков светоотражающей фольги в моменты световых вспышек.

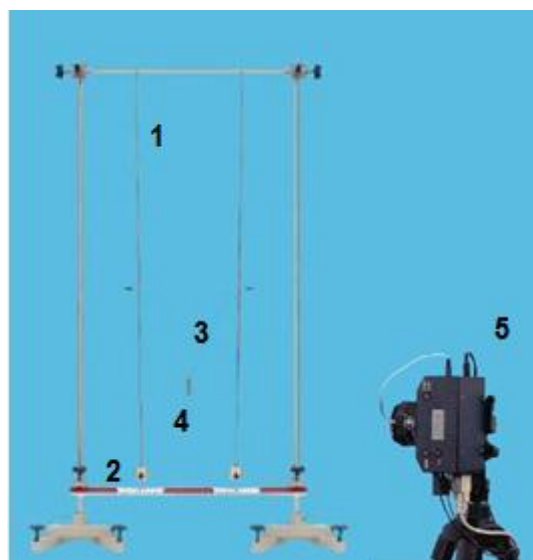


Рис. 1

Порядок выполнения работы


Подготовка к эксперименту


1. Включите персональный компьютер. Подключите блок питания видеорегистратора к сети 220 В, а после этого подключите кабель USB, идущий от видеорегистратора, к персональному компьютеру. Запустите программу “VideoCom Motions”. Если вкладки откроются на немецком языке, для перейти на английский нажмите F5, далее вкладку Allgemein, Затем Sprach и выберете English, затем Ok;
2. Выберите в программе “VideoCom Motions” вкладку “Intensity Test” – на ней в режиме реального времени отражается считываемая информация со светочувствительных элементов видеорегистратора. По оси абсцисс этого графика отложены числа от 0 до 2048 – это номера светочувствительных элементов в линейке. По оси ординат отложены значения интенсивности света, считываемые с этих элементов. График на этой вкладке должен содержать два узких пика, положения которых изменяются при движении стержней. Интенсивность пиков должна составлять около 92 %. Для этого нажмите F5, далее вкладку Measuring Parameters, затем Flash, установите значение 30 %.
3. Выберите в программе “VideoCom Motions” вкладку “Path” (путь) и установите первый стержень в положение 1000 пикселей и второй в положение 3000 пикселей.

Упражнение 1. Наблюдение нормальных симметричных (синфазных) и антисимметричных (противофазных) колебаний.


4. В тетради, или в программе по обработке электронных таблиц создайте таблицу для записи данных эксперимента и результатов проведённых расчетов. Для этого прочитайте все описание до конца, и решите, какие данные необходимо внести в таблицу. Один из возможных вариантов такой:

$h, \text{ см}$	$\omega_+, \text{ с}^{-1}$	$\omega_+, \text{ с}^{-1}$	$\omega_-, \text{ с}^{-1}$	$\omega_-, \text{ с}^{-1}$
	(1)	(2)	(1)	(2)


5. Установите грузы на концы стержней на одинаковой высоте h от точек подвеса таким образом, чтобы отражающие полосы на концах стержней были свободны. Запишите значение h .
6. Приведите маятники в положение равновесия.
7. Отклоните маятники в одну сторону на одинаковый угол и отпустите их без начального толчка. Запустите измерение, нажав кнопку  или клавишу F9. На координатной сетке экрана при этом должны появиться две синусоиды, а в таблице слева – измеренные значения координат. После того, как интенсивность синусоид будет мала, остановите измерения, повторно нажав клавишу F9.
8. Если щёлкнуть мышкой по точке на одном из графиков, компьютер может выделять соответствующее значение в таблице слева.

9. Для выполнения преобразования Фурье поставьте указатель в начало одной из кривых. Нажмите правую кнопку и выберите пункт меню Calculate FFT (Fourier Window). Наведите курсор ещё раз в начало одной из кривых и укажите конечную точку кривой - при этом цвет кривой на выделенном участке изменится на голубой.
10. Выберите вкладку “Fourier”. В ней будет автоматически нарисована зависимость амплитуды от частоты. Если щёлкнуть мышкой по точке на графике, компьютер выделит соответствующее значение в таблице слева. Щёлкая мышкой по максимуму, запишите максимальное значение частоты ω_+ (1).
11. Повторите п.п. 5-7 для другой синусоиды. Определите ω_+ (2). Сравните результаты.
12. Сохраните полученные данные в файл – для этого нажмите кнопку  или клавишу F2. Далее следуйте Памятке сохранения файлов (спросить у инженера).
13. Повторите действия, описанные в п. п. 3-8 для антисимметричного нормального колебания. При этом маятники можно свести в одну точку на равном расстоянии от мест подвеса и отпустить без начального толчка. Определите частоты $\omega_-(1)$ и $\omega_-(2)$.
14. Повторите не менее 10 раз действия, описанные в п.п. 1-10 для других значений h .

Упражнение 2. Исследование колебаний в произвольно возбуждаемой системе связанных маятников.

15. Запустите регистрацию колебаний, но отклоните при этом только один из маятников.
16. Пронаблюдайте перекачку энергии от одного маятника к другому.
17. Остановите измерения после 3-4 таких перекачек.
18. Проведите Фурье-анализ колебаний (пп 9-10) и убедитесь, что наблюдаемое сложное движение маятников с перекачкой энергии от одного к другому представляет собой сумму нормальных гармонических колебаний на частотах определённых в упражнении 1.
19. Измените положения грузов. Запишите расстояния h обоих грузов от точек подвеса.
20. Повторите пп 15-17
21. По данным Фурье-анализа определите частоты новых нормальных колебаний системы.
22. Повторите измерения для 2-3 наборов h .
23. Сохраните полученные данные в файл – для этого нажмите кнопку  или клавишу F2 . Далее следуйте Памятке сохранения файлов (спросить у инженера).

Окончание эксперимента.

24. Скопируйте себе на электронный носитель информации, сохранённые вами файлы, а также установочный файл программы “VideoCom Motions” (спросить у инженера). Установив её на домашнем компьютере, вы сможете использовать её для анализа ваших данных, полученных в ходе выполнения работы. Для того чтобы загрузить ваши данные в программу “VideoCom Motions”, нажмите кнопку  или клавишу F3 и выберите файл с данными.
25. Закончите сеанс работы с Windows и выключите компьютер, а затем отключите все приборы от сети 220 В.

Обработка и представление результатов

26. На одном координатном поле постройте графики зависимости частот симметричной и антисимметричной мод от h . Сравните характер этих зависимостей с предсказаниями теории (см. формулы для нормальных частот в литературе [1,2]).

Литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. I. Механика. - М.: Наука. 1974. - Гл. I.
2. Трубецков Д.И., Рожнёв А.Г. Линейные колебания и волны. - М.: Физматлит. 2001.-Гл. 8.

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.