ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 193. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ ОТ ЕЁ ДЛИНЫ И НАТЯЖЕНИЯ

Введение

В натянутой струне, закрепленной с обоих концов, при возбуждении какого-либо произвольного поперечного возмущения возникнет довольно сложное волновое движение. Однако определенных частотах, когда на длине струны L укладывается целое число полуволн: $L = n \cdot \lambda/2$ (n - целое число), возможно движение в виде стоячей волны. Если длина струны L равна половине длины волны основной моды ($n = 1$) колебаний, то $L = \lambda/2$. Поэтому частота ν_1 основного тона (т.е. звука), издаваемой струной равна

$$\nu_1 = \frac{c}{2L}, \tag{1}$$

где c - фазовая скорость волны, распространяющаяся вдоль струны. Эта скорость определяется свойствами струны:

$$c = \sqrt{\frac{F}{S \cdot \rho}}, \tag{2}$$

где F - сила натяжения струны, S – площадь поперечного сечения, ρ - плотность струны.

Приступая к работе необходимо

<u>Знать определения</u>

волны;

амплитуды, частоты, фазы, начальной фазы, периода волны, длины волны, волнового вектора,

фазовой скорости волны;

стоячей волны.

<u>Знать</u>

вид динамического и кинематического уравнений волны в струне;

условия появления стоячих волн;

выражения для фазовых скоростей упругих волн в струне.

<u>Уметь</u>

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

Исследование акустических колебаний струны.

Решаемые задачи

- ✓ наблюдение зависимостей частот колебаний струны от силы натяжения струны и её длины;
- ✓ измерение частоты колебаний струны в зависимости от силы натяжения струны;
- ✓ измерение частоты колебания струны в зависимости от её длины;
- ✓ определение плотности струны;
- ✓ определение скорости волны в натянутой струне.

Экспериментальная установка

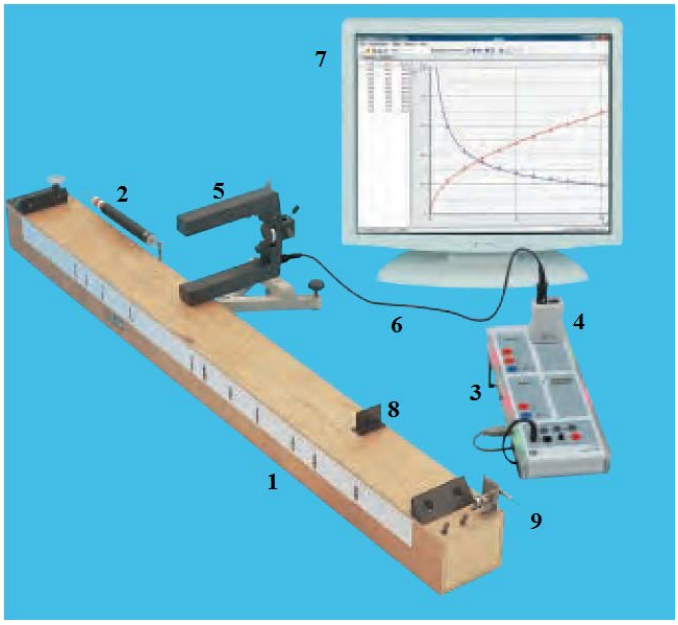

Рис.1. Экспериментальная установка для исследования колебаний струны.

<u>Приборы и принадлежности:</u>

- ✓ Монохорд (1)
- ✓ Прецизионный динамометр, 20 Н (2)
- ✓ Компьютерный интерфейс сенсор - CASSY 2 (3)
- ✓ Адаптер Timer S (4)
- ✓ П-образный прерыватель света (5)
- ✓ Многожильный кабель, 1,5 м (6)
- ✓ Микрометр и линейка 1,2 м.
- ✓ Компьютер с установленной программой CASSY Lab 2 (7)

В эксперименте частота колебаний ν и, соответственно, высота звука струны измеряется как функция длины струны L и силы натяжения F. Для

этого компьютерный интерфейс сенсор - CASSY 2 используется как секундомер с высоким разрешением, для измерения периода колебаний *T*.

Период колебаний *T* измеряется посредством перекрывания света, используя П-образный прерыватель света (5), который устанавливается между деревянной резонансной коробкой монохорда (1) и струной. Прерыватель света (5) связан с входом А сенсора - CASSY (3) через Timer S (4) с помощью многожильного кабеля (6).

Примечания к эксперименту

Для оптимального измерения периода *T* колебаний, положение П-образного прерывателя света всегда должно находиться в средне колеблющейся части струны.

Период колебаний *T* определяется однозначно, если струна в течение периода дважды перекрывает луч света. Для этого случае струна должна быть расположена так, чтобы красный светодиод с внутренней стороны П-образного прерывателя света перекрывался струной, когда струна находится в положении равновесия. Кроме того, при фиксировании показаний периода обращайте внимание на то, что упомянутый красный светодиод оказывается между предельными отклонениями струны. Лучший результат получается, если струна располагается непосредственно над меньшим отверстием. При необходимости поверните П-образный прерыватель света.

При возбуждении струна должна совершать колебания параллельно поверхности резонансной коробки (монохорда).

Сила натяжения струны *F* измеряется с помощью отградуированного динамометра (2), см. рис.1. Натяжение струны на монохорде может изменяться с помощью поворачивающегося ключа (9).

При проведении эксперимента, наилучшие результаты получаются, если сначала сила натяжения струны устанавливается около 100 Н, а сила натяжения уменьшается.

При проведении измерений в зависимости от длины струны *L*, её длина изменяется с помощью смещающегося мостика (8). Когда струна возбуждается, не трогайте другой рукой части струны, которые не участвуют в колебании.

Порядок выполнения работы

Упражнение 1. Измерения частоты колебаний струны от её силы натяжения

1. Подключите интерфейс CASSY 2 и компьютер к электрической сети 220 В, войдите в систему Windows;
2. На Рабочем столе Windows нажмите иконку упражнения.
3. На переднем плане возникнет окно с именем “CASSYs”. Щелкните в нем кнопку “Show measuring parameters” - в правой части основного окна программы появится окно “Settings”. Закройте окно “CASSYs”.

4. Установите величину силы F натяжения струны в диапазоне 90÷100 Н, поворачивая ключ натяжения струны.
5. Поместите одну ветвь П-образного прерывателя света под струной, находящейся в покое. Проверьте, находится ли маленькое отверстие инфракрасного луча (отверстие с внутренней стороны прерывателя) под струной. Красный светодиод сбоку ворот при этом должен не гореть.
6. Создайте, некоторым поперечным усилием, колебания струны. Во время колебания струны светодиод должен светиться. Через 2-3 секунды нажмите клавишу F9. При этом отображаемые на дисплее компьютера будут занесены в таблицу.
7. Повторите измерения (7-9 раз) для меньших значений силы F .
8. Измерьте длину и поперечное сечение струны.
9. Сохраните данные, следуя Памятке сохранения файлов (спросить у инженера).

<u>Упражнение 2. Измерения частоты колебаний струны от её длины</u>

10. Подключите интерфейс CASSY Lab 2 и компьютер к электрической сети 220 В, войдите в систему Windows;
11. На Рабочем столе Windows нажмите иконку упражнения.
12. На переднем плане возникнет окно с именем “CASSYs”. Щелкните в нем кнопку “Show measuring parameters” - в правой части основного окна программы появится окно “Settings”. Закройте окно “CASSYs”.
13. Установите необходимую (например, L/2) длину струны, передвигая мост (8), см. рис.1.
14. Измерьте длину струны и запишите её значение в таблицу компьютера.
15. Поместите одну ветвь П-образного прерывателя света под струной, находящейся в покое. Проверьте, находится ли маленькое отверстие инфракрасного луча (отверстие с внутренней стороны прерывателя) под струной. Красный светодиод сбоку ворот при этом должен не гореть.
16. Создайте, некоторым поперечным усилием, колебания струны. Во время колебания струны светодиод должен светиться. Через 2-3 секунды нажмите клавишу F9. При этом отображаемые на дисплее компьютера будут занесены в таблицу.
17. Повторите измерения (7-9 раз) для других значений длины L струны.
18. Запишите в директорию Рабочего стола, файл выполненной работы под своим именем, например, Lab15упр2Sidorov.

Обработка и представление результатов

19. При изменении силы натяжения струны зависимости $T(F)$ и $\nu(F)$ сразу появляются во время измерения. В окне программы “Evaluation”, отображается квадрат частоты ν как функция силы F натяжения струны.

Линейная зависимость между ν^2 и F устанавливается посредством подгонки первичных измерений (используя правую кнопку мыши). Покажите, что частота колебаний струны не зависит способ удара и воздействия на струну и частота колебаний струны возрастает с увеличением силы натяжения. Из графика зависимости $\nu^2(F)$ по тангенсу угла наклона, используя формулы (1) и (2), определите плотность ρ струны. Сделайте вывод и сравните значение плотности ρ данной струны с известными значениями.

20. При изменении длины струны зависимости $T(L)$ и $\nu(L)$, аналогично, сразу появляются во время измерения. В окне программы “Evaluation”, отображается зависимость частоты ν как функция обратной длины $1/L$. Точная зависимость между ν и $1/L$ устанавливается посредством подгонки первичных измерений (используя правую кнопку мыши). Покажите, что частота колебаний струны возрастает с уменьшением длины струны. Определите, используя формулы (1) и (2), скорость волны c, распространяющаяся вдоль струны. Сделайте вывод о полученных результатах.
21. Данные эксперимента представьте в виде таблиц, аналогичных тем, которые представлены в CASSY Lab 2. (Перенести данные в любой документ Office, можно выделив необходимый участок таблицы с помощью клавиш со стрелками при нажатой клавише “Shift”, и используя затем стандартные Ctrl-C и Ctrl-V).

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 *Лысогорский 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.