

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.4.5

Изучение колебаний струны

Пилюгин Л. С.
Б02-212
11 декабря 2022 г.

1 Аннотация

Цель работы: Исследование зависимости частоты колебаний струны от величины натяжения, а также условий установления стоячей волны, получающейся в результате сложения волн, идущих в противоположных направлениях.

Оборудование: Рейка со струной, звуковой генератор, постоянный магнит, равновесы.

2 Теоритические сведения

При рассмотрении колебаний струны можно пренебречь изгибными напряжениями. У прямой натянутой струны сила натяжения значительно превышает силу тяжести.

Движение элементов струны связано с передачей ей импульса и изменением формы. Натяжение струны стремится вернуть ее в прямолинейное положение.

Скорость распространения поперечной волны в струне

$$u = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

F — сила натяжения, ρ — масса струны на единицу длины.

Длина волны при частоте ν

$$\lambda = \frac{u}{\nu}$$

Частоты собственных колебаний

$$\nu_n = n \frac{u}{2l}$$

l — длина струны, n — число полуволн

3 Оборудование и инструментальные погрешности

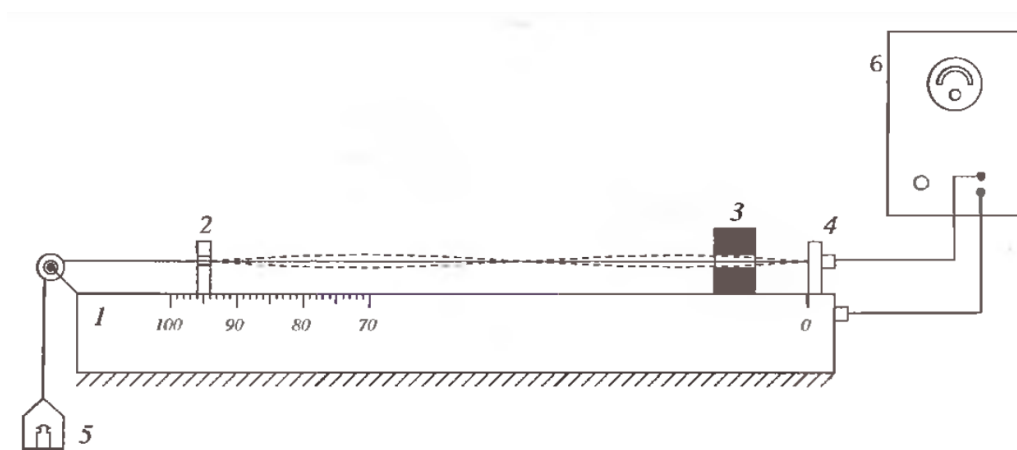


Схема установки изображена на рисунке. На массивной рейке 1 установлены опоры 2 и магнит 3, которые можно перемещать вдоль рейки, а также неподвижная опора 4. Один конец струны закреплён в изоляторе опоры 4. От него струна проходит между полюсами магнита и через опору 2, которая дает возможность струне перемещаться в горизонтальном направлении, неподвижный блок и соединяться с чашкой 5, на которую помещают грузы. Такое устройство необходимо для натяжения струны. К концу струны, закреплённому в изоляторе опоры 4, и к

массивной рейке 1 подводится переменное напряжение от звукового генератора 6. Движение струны вызывается силой Ампера, действующей на проводник с током в магнитном поле. Частота действия силы, раскачивающей струну, равна частоте генератора.

Сила Ампера не только возбуждает колебания, но и поддерживает их. Поток энергии распространяется по всей струне. Однако в чисто стоячей волне распространение энергии невозможно, поэтому узлы размываются. Коэффициент бегучести должен быть много меньше 1:

$$\frac{A_1 - A_2}{A_2} \ll 1$$

A_1 — амплитуда падающей волны, A_2 — амплитуда отражённой волны. Величина $A_1 - A_2$ равна половине величины размытия узлов. Амплитуда в пучности равна $2A_2$.

Если это соотношение выполняется недостаточно хорошо, то надо уменьшить величину подводимой мощности.

Действие силы Ампера должно привести к поляризации колебаний в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. В реальности это не всегда так.

4 Результаты измерений

Длина струны $l = 50 \pm 0,05$ см.

Таблица 1. Частоты основных гармоник, Гц

n	$m = 1037.988$ Г	$m = 1375.988$ Г	$m = 1857.988$ Г	$m = 2319.688$ Г	$m = 2820.588$ Г
1	133.8	154.2	176.4	196.3	217.9
2	217.07	309	355.7	393.3	436.1
3	408	464	533.2	589.9	654.5
4	544.5	619.3	711.7	786.7	872.8
5	683	774.2	890.3	983.6	1091.7
6	820.1	931	1069.3	1181.1	1310.2
7	956.7	1088.7	1248.7	1379.8	1530.1
8	1096.3	1244.8	1429.3	1578.6	1750.2
9	1239.6	1404.3	1610.7	1778.2	1971.5

$$v_1 = 138.0 \pm 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 156.1 \pm 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_3 = 179.1 \pm 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_4 = 197.6 \pm 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_5 = 219.0 \pm 0,4 \text{ м/с}$$

$$\rho = 564 \pm 2 \text{ мг/м}$$

Почти совпадает с значением, указанным на установке (568,4 мг/м)

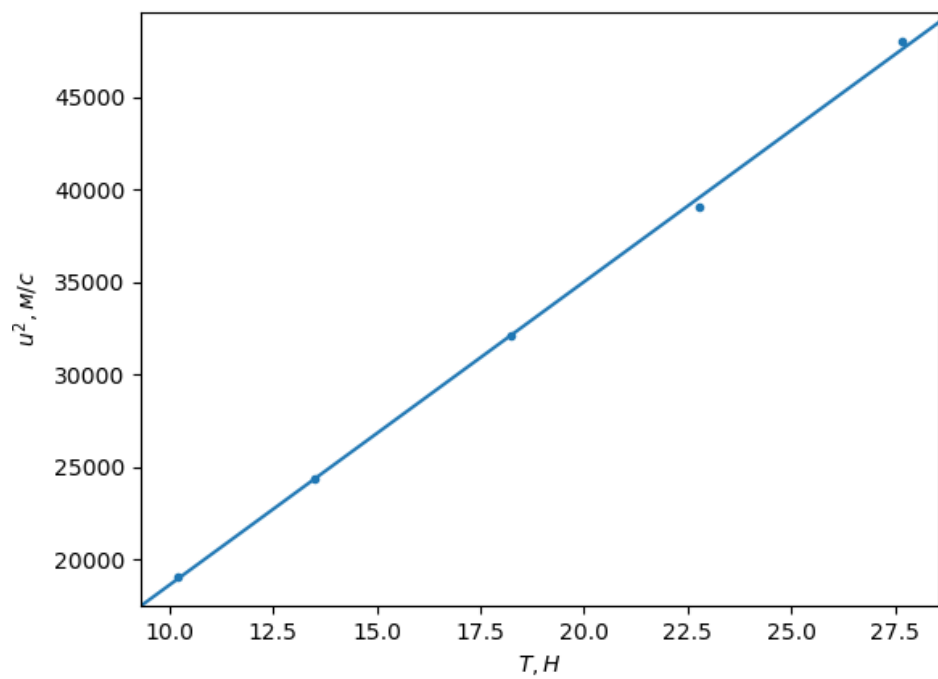
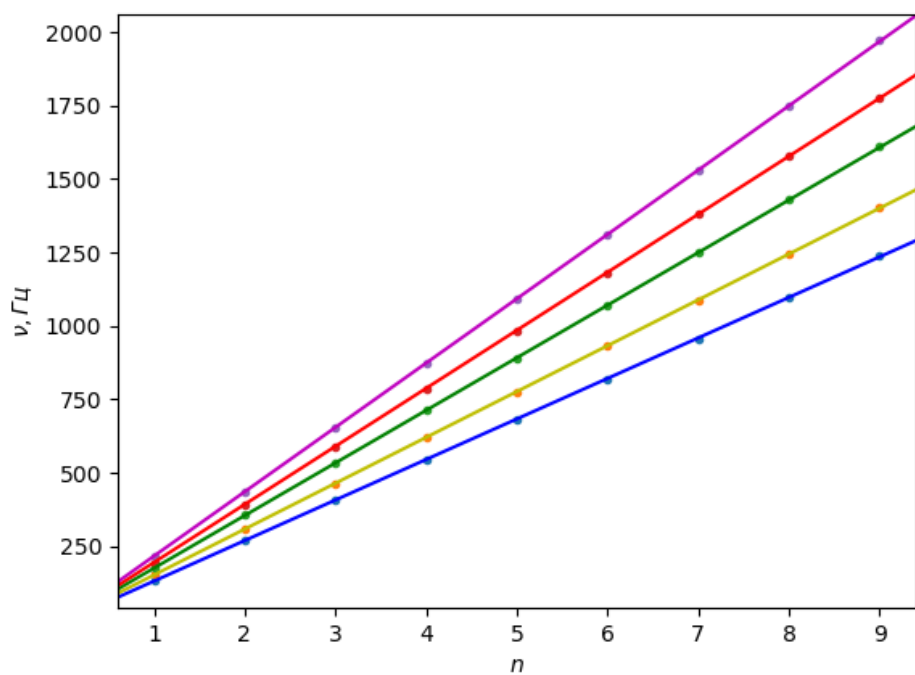


Таблица 2. Частоты основных гармоник, Гц

n	$\nu_1, \text{Гц}$	$\nu_2, \text{Гц}$	$\nu_3, \text{Гц}$
1	217.773	217.703	217.876
2	198.11	198.09	198.24
3	177.026	176.976	177.116

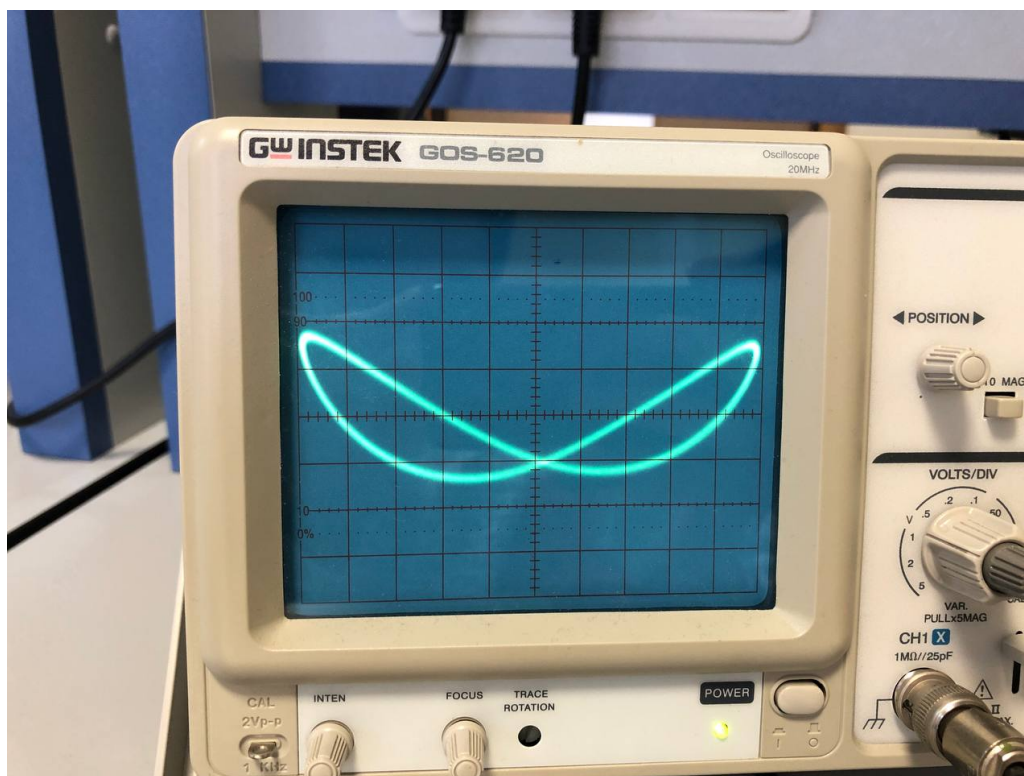
$$Q_1 = 1258$$

$$Q_2 = 1320$$

$$Q_3 = 1264$$

$$Q \approx 1280$$

Благодаря высокой добротности струны, возможно возбуждение колебаний при кратных частотах генератора, меньших частоты первой гармоники. При частоте генератора $\nu = 108.95$ Гц. На экране осциллографа можно увидеть фигуру Лиссажу с одним самопересечением.



5 Вывод

Была исследована зависимость частоты колебаний струны от величины её натяжения и оценена её добротность.