

Отчет о выполнении лабораторной работы 1.4.5

Калашников Михаил, Б03-205

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.

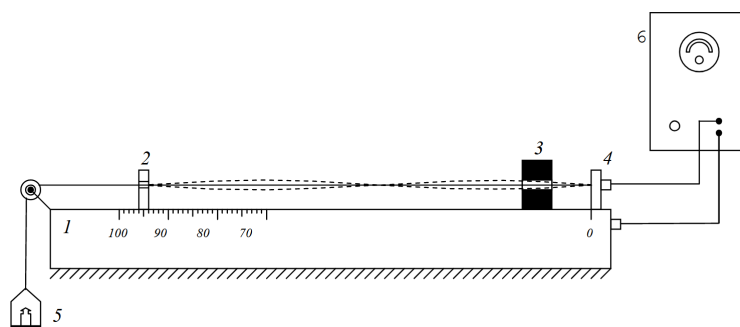


Рис. 1: Схема установки

В лабораторной работе использовалась установка, схема которой представлена на рис. . На массивной металлической рейке 1 установлены опора 2 и магнит 3, которые можно перемещать вдоль рейки, а также неподвижная опора 4. Один конец струны закреплен 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 соединяется с чашкой 5, на которую помещают грузы. Такое устройство необходимо для натяжения струны. К концу струны, закрепленному в изоляторе опоры 4, и к массивной металлической рейке 1 подводится переменное напряжение от звукового генератора 6. Движение струны вызывается силой Ампера, действующей на проводник с током в магнитном поле. Постепенно нагружая чашу, будем находить частоты колебаний струны, при которых образуются стоячие волны. Опыт проведем с пятью разным нагрузками при повышении и понижении частоты сигнала генератора. Зафиксированные значения занесем в таблицу ??.

N	m, g	n	1	2	3	4	5	6
		ν, Hz						
1	949.9	\uparrow	127	255	383	512	640	771
		\downarrow	127	255	383	511	640	771
2	1442.3	\uparrow	157	314	470	629	787	946
		\downarrow	156	314	471	629	787	946
3	1939.7	\uparrow	182	364	546	729	912	1096
		\downarrow	182	364	547	729	913	1096
4	2432.9	\uparrow	204	408	612	816	1021	1227
		\downarrow	203	407	611	816	1020	1225
5	2852.1	\uparrow	223	446	669	893	1117	1341
		\downarrow	222	445	669	892	1116	1340

Таблица 1: Измерения частоты колебаний струны

Частота ν_n связана с числом полувольт n соотношением $\nu_n = n \frac{u}{2l} = nk_1$. Выразим скорость распространения звука в струне u . Коэффициент k_1 найдем с помощью МНК, построив экспериментальную зависимость $\nu_n(n)$.

$$u = 2lk_1, \sigma_u = u \sqrt{\left(\frac{\sigma_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{k_1}}{k_1}\right)^2}.$$

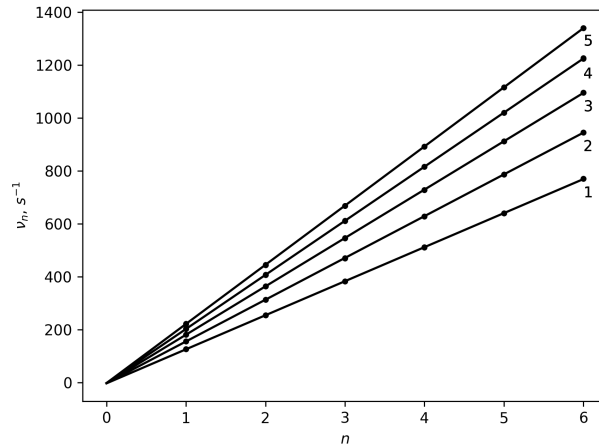


Рис. 2: График зависимости $\nu_n(n)$

N	1	2	3	4	5
m, g	949.9	1442.3	1939.7	2432.9	2852.1
k_1, s^{-1}	128.67 ± 0.08	157.86 ± 0.08	182.8 ± 0.08	204.46 ± 0.08	223.61 ± 0.08
$u, m \cdot s^{-1}$	128.67 ± 0.27	157.86 ± 0.33	182.8 ± 0.38	204.46 ± 0.42	223.61 ± 0.46

Таблица 2: Вычисление скорости звука в струне

Аналогичным образом с помощью МНК может быть получен коэффициент k_2 , связывающий квадрат скорости звука u и массу нагрузки m . Построим график по точкам, которые мы получили ранее и проведем через них прямую. На основе коэффициента k_2 может быть рассчитана погонная плотность струны ρ_l .

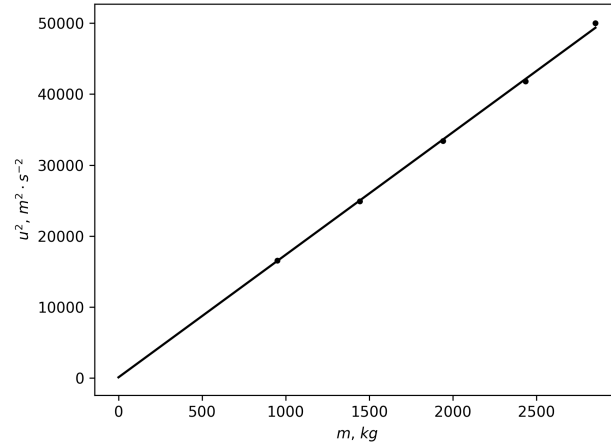


Рис. 3: График зависимости $u^2(m)$

$$u^2 = \frac{F}{\rho_l} = mk_2$$

$$k_2 = 17.28 \pm 0.08 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} \text{g}^{-1}$$

$$\rho_l = \frac{g}{k_2}, \sigma_{\rho_l} = \rho_l \frac{\sigma_{k_2}}{k_2}$$

$$\rho_l = 568.06 \pm 2.73 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Значение погонной плотности указанное на установке составляет

$$\rho_{l0} = 568.4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-1}.$$