

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра физики

ОТЧЕТ
по индивидуальному домашнему заданию №1
по дисциплине «Общая физика»
вариант 21

Студент гр. 2307

Стукен В.А.

Преподаватель

Харитонский П.В.

Санкт-Петербург

2022

1. ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ:

Требуется определить среднюю величину расстояния между двумя пучностями ультразвуковой волны в акустическом резонаторе с помощью линейки с ценой деления 1 мм:

l , см	16,9	17,1	17,2	16,9	17,0
----------	------	------	------	------	------

Ход работы:

1. Устранить из выборки очевидные промахи(описки):

- Для начала располагаем выборку по возрастанию, получаем следующее:

l , см	16,9	16,9	17,0	17,1	17,2
----------	------	------	------	------	------

- Находим размах выборки как разность между максимальным элементом выборки и минимальным:

$$R = l_{max} - l_{min} = 17,2 - 16,9 = 0,3$$

- Из таблицы берём коэффициент $U_{P,N}$ для $P = 95\%$ и $N = 5$

$$U_{P,N} = 0,64$$

- По очереди сравниваем разность между двумя соседними элементами выборки с произведением $U_{P,N} * R = 0,64 * 0,3 = 0,192$

$$l_5 - l_4 = 17,2 - 17,1 = 0,1 > 0,192$$

$$l_4 - l_3 = 17,1 - 17,0 = 0,1 > 0,192$$

$$l_3 - l_2 = 17,0 - 16,9 = 0,1 > 0,192$$

$$l_2 - l_1 = 16,9 - 16,9 = 0,0 > 0,192$$

- На основе полученных данных делаем вывод, что выборка не содержит грубых промахов

- Вычисляем выборочное среднее: $\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N} = 17,02$

- Вычисляем выборочное среднеквадратичное отклонение:

$$s_l = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{N - 1}} = 0,13038$$

- Вычисляем выборочное СКО среднего: $S_{\bar{l}} = \frac{s_l}{\sqrt{N}} = 0,0583$

- Задаемся доверительной вероятностью $P = 95\%$

- Определяем случайную погрешность $\Delta l = t_{P,N} * S_{\bar{l}}$

$$t_{P,N} = 2,8 \text{ для } P = 0,95 \text{ и } N = 5$$

$$\Delta l = t_{P,N} * s_{\bar{l}} = 2,8 * 0,0583 = 0,16324$$

- Определяем приборную погрешность θ_l :

Прибор измерения – линейка с ценой деления 1мм, ее приборная погрешность равна половине цены деления, т.е. 0,5мм = 0,05см

- Рассчитываем полную погрешность измерения:

$$\Delta \bar{l} = \sqrt{\theta_l^2 + (\Delta l)^2} = 0,1707 \text{ см}$$

- Определяем значение относительной погрешности:

$$\delta_l = \frac{\Delta \bar{l}}{\bar{l}} * 100\% = 1,0029\%$$

- Записываем окончательное значение величины x в виде

$$l = 17,02 \pm 0,17 \text{ см}, P = 95\%, \delta_l = 1,0029\%$$

Таблица 1.						
l_i	16,9	17,1	17,2	16,9	17,0	$\theta_l = 0,05\text{см}$
$l_{\uparrow i}$	16,9	16,9	17,0	17,1	17,2	$\bar{l} = 17,02\text{см}$ $R = l_{\uparrow N} - l_{\uparrow 1} = 0,3\text{см}$
$U_i = l_{i+1} - l_i$	0	0,1	0,1	0,1	0,1	$U_i < U_{P,N} * R =$
$\Delta l_i = l_i - \bar{l}$	-0,12	-0,12	-0,02	0,08	0,18	$\sum \Delta l_i = 0$
$(\Delta l_i)^2$	0,0144	0,0144	0,0004	0,0064	0,0324	$\sum (\Delta l_i)^2 = 0,068$

$$s_l = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{N - 1}} = 0,13038$$

$$\Delta l = t_{P,N} * s_{\bar{l}} = 0,16324$$

$$\Delta \bar{l} = \sqrt{\theta_l^2 + (\Delta l)^2} = 0,1707 \text{ см}$$

$$l = 17,02 \pm 0,17\text{см}$$

$$\delta_l = \frac{\Delta \bar{l}}{\bar{l}} * 100\% = 1,0029\%$$

$$P = 95\%$$

$$N = 5$$

2. КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ:

Сила сопротивления F_c движения снаряда диаметром d ,

пропорциональна квадрату его скорости $F_c = C_{\text{л}} \frac{\rho S V^2}{2}$

воздуха, S – площадь поперечного сечения. Определить коэффициент лобового сопротивления $C_{\text{л}}$, зависящий от скорости движения.

$$\rho = 1,2 \text{ кг м}^3$$

d, мм	204	203	204	205	204	$\theta_d = 0,5 \text{ мм}$
V, м/с	382	380	388	386	384	$\theta_v = 1 \text{ м/с}$
F, Н	802	812	808	814	805	$\theta_d = 1 \text{ Н}$

Ход работы:

- По формулам прямых измерений определим значения $\bar{d}, \Delta \bar{d}, \bar{V}, \Delta \bar{V}, \bar{F}, \Delta \bar{F}$

$$\bar{d} = 204 \text{ мм} = 0,204 \text{ м}$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{N - 1}} = 0,707 \text{ мм}$$

$$S_{\bar{d}} = \frac{s_d}{\sqrt{N}} = 0,316 \text{ мм}$$

$$\Delta d = t_{p,N} * s_{\bar{d}} = 2,8 * 0,316 = 0,8848 \text{ мм}$$

$$\Delta \bar{d} = \sqrt{\theta_d^2 + (\Delta d)^2} = 1,016 \text{ мм}$$

$$\bar{V} = 384 \text{ м/с}$$

$$s_V = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \bar{V})^2}{N - 1}} = 4,69 \text{ м/с}$$

$$S_{\bar{V}} = \frac{s_V}{\sqrt{N}} = 2,097 \text{ м/с}$$

$$\Delta V = t_{p,N} * s_{\bar{V}} = 2,8 * 2,097 = 5,8716 \text{ м/с}$$

$$\Delta \bar{V} = \sqrt{\theta_V^2 + (\Delta V)^2} = 5,956 \text{ м/с}$$

$$\bar{F} = 808,2 \text{ Н}$$

$$s_F = \sqrt{\frac{\sum(F_i - \bar{F})^2}{N - 1}} = 4,9193 \text{ Н}$$

$$S_{\bar{F}} = \frac{F}{\sqrt{N}} = 2,2 \text{ Н}$$

$$\Delta F = t_{p,N} * s_{\bar{F}} = 2,8 * 2,2 = 6,16 \text{ Н}$$

$$\Delta \bar{F} = \sqrt{\theta_{\bar{F}}^2 + (\Delta F)^2} = 6,24 \text{ Н}$$

- Рассчитаем значение функции $\bar{C}_L = C_L(\bar{d}, \bar{V}, \bar{F})$:

Для этого сначала выразим коэффициент сопротивления C_L через данные величины:

$$C_L = \frac{2F_c}{\rho S V^2} = \frac{8F_c}{\rho \pi d^2 V^2}$$

В полученную формулу подставим средние значения и получим значение \bar{C}_L :

$$\bar{C}_L = \frac{8\bar{F}}{\rho \pi \bar{d}^2 \bar{V}^2} = 1195,98$$

- Вычислим значения частных производных от функции:

$$\text{А) } a_d = \left. \frac{dC_L}{dd} \right|_{\bar{d}, \bar{V}, \bar{F}} = \frac{-2}{\bar{d}^3} * \left(\frac{8\bar{F}}{\rho \pi \bar{V}^2} \right) = -2,741$$

$$\text{Б) } a_V = \left. \frac{dC_L}{dV} \right|_{\bar{d}, \bar{V}, \bar{F}} = \frac{-2}{\bar{V}^3} * \left(\frac{8\bar{F}}{\rho \pi \bar{d}^2} \right) = -1,45 * 10^{-3}$$

$$\text{В) } a_F = \left. \frac{dC_L}{dF} \right|_{\bar{d}, \bar{V}, \bar{F}} = \frac{8}{\rho \pi \bar{d}^2 \bar{V}^2} = 3,4598 * 10^{-3}$$

- Вычислим полную погрешность Δf функции по формуле

$$\Delta \bar{C}_L = \sqrt{(a_d \Delta \bar{d})^2 + (a_V \Delta \bar{V})^2 + (a_F \Delta \bar{F})^2} = 0,0234$$

- Запишем значение в виде $C_L = \bar{C}_L \pm \Delta \bar{C}_L$:

$$C_L = 1195,98 \pm 0,0234$$

После округления получаем окончательное значение коэффициента лобового сопротивления $C_L = 1195,98 \pm 0,02$

