

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ АДИАБАТЫ ВОЗДУХА РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ

Поляков Даниил, Б07-ФЗ

Цель работы: определение показателя адиабаты воздуха резонансным методом.

Оборудование:

- Функциональный генератор. Цена деления при измерении частоты равна 0.01 Гц. Приборная погрешность принимается за половину цены деления, т.е. 0.005 Гц;
- Стеклоанная трубка с газом, имеющая внутренний диаметр, равный 14.00 ± 0.01 мм, проградуированная от 0 до 80 см³ и имеющая цену деления, равную 0.2 см³;
- Магнитный поршень, имеющий массу 8.80 ± 0.26 г и диаметр, равный 13.97 ± 0.01 мм;
- Соленоид.

Расчётные формулы:

- Резонансная частота:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\gamma p_0 S S_1}{mV}} = \frac{d d_1}{8} \sqrt{\frac{\gamma p_0}{mV}}$$

p_0 – давление газа в трубке
(равно атмосферному давлению);
 $m = (8.80 \pm 0.26)$ г – масса поршня;
 V – объём газа в трубке;
 S – внутренняя площадь сечения
трубки;
 S_1 – площадь поверхности поршня;
 $d = (14.00 \pm 0.01)$ мм – внутренний
диаметр трубки;
 $d_1 = (13.97 \pm 0.01)$ мм – диаметр
поршня;
 γ – показатель адиабаты воздуха.

- Формулы для вычисления погрешностей:
 - Абсолютная погрешность прямых измерений:

$$\Delta x = \sqrt{t^2 \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)} + \Delta x_B^2}$$

n – количество измерений;
 t – коэффициент Стьюдента;
 Δx_B – приборная погрешность.

Метод проведения измерений

1. Откроем кран установки и с помощью магнита переместим поршень к делению 70 см^3 . Закроем кран, переместим соленоид так, чтобы поршень был наполовину перекрыт соленоидом. Запустим генератор и настроим силу тока, чтобы амплитуда колебаний поршня была около 5 мм .
2. Медленно изменяя частоту функционального генератора, добьёмся максимальной амплитуды колебаний поршня. Снимем показания частоты с прибора. Дважды повторим измерения: выключим генератор, сбросим частоту генератора, заново запустим его и снова подберём резонансную частоту при том же положении поршня.
3. Повторим те же измерения для других положений поршня в трубке.

Таблицы и обработка данных

Приборная погрешность счётчика частоты равна половине цены деления: $\Delta f_B = 0.005 \text{ Гц}$.

При каждом нахождении резонансной частоты проводилось 3 измерения. Абсолютная погрешность находилась по формуле для погрешности прямых измерений, указанной в разделе «Расчётные формулы». Во всех случаях коэффициент Стьюдента t при $n=3$, $\alpha=0.68$ равен 1.4.

Коэффициент наклона графика (и его погрешность) прямой зависимости найдём по методу наименьших квадратов.

Показание барометра в комнате: $p_0 = 74.65 \text{ см. рт. ст} \approx 99525 \text{ Па}$.

Теоретическая зависимость $f(V)$ выражается в виде:

$$f = \frac{dd_1}{8} \sqrt{\frac{\gamma p_0}{mV}}$$

Чтобы найти коэффициент γ , изобразим график линеаризованной функции $f^2(V^{-1})$.

$$f^2 = \gamma \frac{p_0 d^2 d_1^2}{64mV} = \gamma \theta \Rightarrow \theta = \frac{p_0 d^2 d_1^2}{64mV}$$

Таблица 1. Результаты исследования зависимости $f(V)$

№	$V, \text{см}^3$	$f, \text{Гц}$	$\bar{f} \pm \Delta f, \text{Гц}$	$f^2, \text{Гц}^2$	$\theta, \text{Гц}^2$
1	70	11.50	11.52±0.02	132.7	96.57
		11.55			
		11.51			
2	65	11.97	11.85±0.16	140.5	104.0
		11.97			
		11.62			
3	60	12.14	12.143±0.007	147.5	112.7
		12.15			
		12.14			
4	55	13.04	13.043±0.007	170.1	122.9
		13.04			
		13.05			
5	50	13.51	13.37±0.11	178.8	135.2
		13.23			
		13.37			
6	45	14.39	14.383±0.011	206.9	150.2
		14.37			
		14.39			
7	40	15.00	15.04±0.03	226.1	169.0
		15.05			
		15.06			
8	35	16.11	15.94±0.12	254.1	193.1
		15.85			
		15.86			
9	30	17.30	17.36±0.05	301.5	225.3
		17.36			
		17.43			
10	25	18.84	18.87±0.05	356.2	270.4
		18.83			
		18.95			
11	20	21.30	21.23±0.09	450.9	338.0
		21.10			
		21.30			
12	15	24.15	24.30±0.14	590.7	450.6
		24.27			
		24.49			
13	10	29.45	29.48±0.06	868.9	676.0
		29.42			
		29.56			

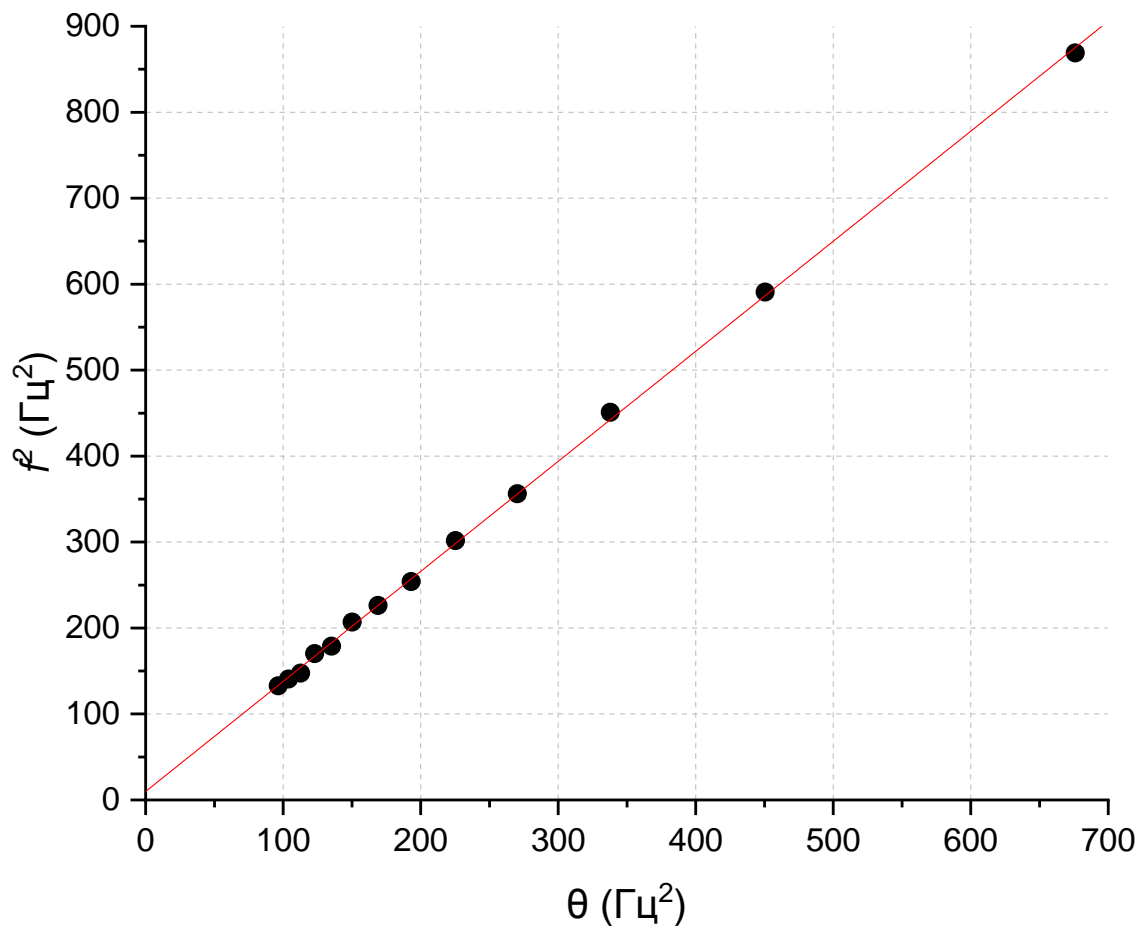


График 1. Зависимость квадрата резонансной частоты f^2 от величины θ , обратной объёму V газа в трубке.

$$\gamma = 1.280 \pm 0.008$$

Число степеней свободы газа:

$$i = \frac{2}{\gamma - 1} = 7.1 \pm 0.2$$

Выводы

В результате эксперимента было получено значение показателя адиабаты воздуха:

$$\gamma = 1.280 \pm 0.008$$

Теоретическое значение показателя адиабаты воздуха при 20°C равно 1.400.

Расхождение значения коэффициента адиабаты с его теоретическим значением может быть связано с наличием трения между поршнем и стенками трубки и сложностью определения положения максимальной амплитуды колебаний поршня.

Так как экспериментальная зависимость, представленная на графике 1, получилась линейной, можно сделать вывод о правильности теоретической формулы, которая её выражает.